

Stanovení vlákniny a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny

Bc. Kamila Blahůšková

Diplomová práce
2015

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kamila Blahůšková**

Osobní číslo: **T140005**

Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie potravin**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Stanovení vlákniny a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizujte vlákninu.
2. Popište metody stanovení vlákniny pomocí přístroje Ankom.
3. Popište metody stanovení pektinu.

II. Praktická část

1. Metodika stanovení vlákniny pomocí přístroje Ankom.
2. Metodika stanovení pektinu.
3. Stanovení HV, NDF, ADF a ADL pomocí přístroje Ankom v komerčních vzorcích vlákniny.
4. Stanovení pektinu v komerčních vzorcích vlákniny.
5. Zjistěte případný vliv obsahu pektinu ve vzorcích vlákniny na stanovení NDF a ADF.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **VELÍŠEK, J.** Chemie potravin I., 2 vyd. OSSIS, Tábor 2002.
2. **MIŠURCOVÁ, L.** Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka, UTB Zlín 2009.
3. <http://www.ankom.com/product/ankom-200-fiber-analyzer,-120v,-international.aspx>
4. **VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A.**, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(10), 3583-97.
5. **GULLÓN, B., GÓMEZ, B., MARTÍNEZ-SABAJANES, M., YÁNEZ, R., PARAJÓ, J.C., ALONSO, J.L.**, Pectic oligosaccharides: Manufacture and functional properties, *Trends in Food Science and Technology*, 2013, 30, 153-161.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ladislava Mišurcová, Ph.D.**

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **20. ledna 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **24. dubna 2015**

Ve Zlíně dne 20. ledna 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

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

.....

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 nevýdělečně 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 vzdělávacího 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). Odporá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z 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

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na charakteristiku vlákniny, její dělení, výskyt a popis jejího vlivu na lidský organizmus. Dále popisuje metody stanovení vlákniny a pektinu.

Praktická část je zaměřena na stanovení jednotlivých složek vlákniny a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny a zjištění případného vlivu obsahu pektinu ve vzorcích vlákniny na stanovení neutrálně-detergentní vlákniny a acido-detergentní vlákniny.

Klíčová slova: vláknina, neutrálně-detergentní vláknina, acido-detergentní vláknina, acido-detergentní lignin, pektin, komerční vzorek vlákniny, Pearsonův koeficient.

ABSTRACT

Theoretical part of this paper is focused on characteristics, division and occurrence of the fibre and description of the influence of fibre on the human organism. Furthermore, it describes methods of determination of fibre and pectin.

Practical part is aimed at determination of individual fibre and pectin components in commercial samples and determination of possible influence of pectin content in the fibre samples on setting of neutral-detergent and acid-detergent fibre.

Keywords: fibre, neutral-detergent fibre, acid-detergent fibre, acid-detergent lignin, pectin, commercial sample of fibre, Pearson's coefficient.

Ráda bych tímto poděkovala své vedoucí diplomové práce paní Ing. Ladislavě Mišurcové, Ph.D. za odborné rady, informace a připomínky a především za ochotu a čas, který mi při zpracování této práce věnovala.

Mé poděkování patří také Ing. Ludmile Machů za pomoc v laboratoři.

Závěrem bych také ráda poděkovala celé své rodině za podporu po celou dobu studia.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 CHARAKTERISTIKA VLÁKNINY	13
1.1 DEFINICE VLÁKNINY	13
1.2 HISTORIE VLÁKNINY	18
1.3 VLASTNOSTI VLÁKNINY.....	19
1.4 ROZDĚLENÍ VLÁKNINY.....	20
1.4.1 Vlákna rozpustná	20
1.4.2 Vlákna nerozpustná	21
1.5 SLOŽKY VLÁKNINY	23
1.5.1 Celulóza.....	23
1.5.2 Hemicelulózy	24
1.5.3 Pektiny.....	25
1.5.4 Chitin	26
1.5.5 Lignin	26
1.5.6 Kutin	27
1.5.7 Inulin	27
1.5.8 Rostlinné gummy	28
1.5.9 Rostlinné slizy.....	29
1.5.10 Rezistentní škroby	29
1.6 ZDROJE VLÁKNINY	30
1.6.1 Luštěniny.....	31
1.6.2 Obiloviny.....	31
1.6.3 Ovoce.....	33
1.6.4 Zelenina	34
1.6.5 Sladkovodní a mořské řasy	36
1.7 PROSPĚŠNÉ ÚČINKY VLÁKNINY NA LIDSKÝ ORGANIZMUS	37
1.7.1 Choroby z nedostatku vlákniny	39
1.8 NEGATIVNÍ ÚČINKY VLÁKNINY NA LIDSKÝ ORGANIZMUS	42
2 METODY STANOVENÍ VLÁKNINY	44
2.1 CHEMICKÉ DEGRADATIVNÍ METODY STANOVENÍ VLÁKNINY	44
2.2 EXTRAKČNÍ – DETERGENTNÍ METODY STANOVENÍ VLÁKNINY	44
2.3 BIOCHEMICKO – DEGRADATIVNÍ A BIOCHEMICKO – EXTRAKČNÍ METODY STANOVENÍ VLÁKNINY	45
3 METODY STANOVENÍ PEKTINU	46
3.1 STANOVENÍ PEKTINU SRÁŽENÍM ALKOHOLEM	46
3.2 STANOVENÍ PEKTINU PODLE MEHLITZE	46
3.3 STANOVENÍ PEKTINU PODLE NORMANA.....	46
3.4 STANOVENÍ SOUČÁSTÍ PEKTINU.....	47
II PRAKTICKÁ ČÁST	48
4 CÍL PRÁCE	49
5 MATERIÁL A METODIKA	50

5.1	POUŽITÝ MATERIÁL	50
5.1.1	Mrkvová vláknina	50
5.1.2	Jablečná vláknina	50
5.1.3	Rýžová vláknina	51
5.1.4	Bramborová vláknina	51
5.1.5	Pšeničná vláknina	52
5.1.6	Ovesná vláknina	53
5.2	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, PŘÍSTROJE A POMŮCKY	53
5.2.1	Seznam použitých chemikálií	53
5.2.2	Seznam použitých přístrojů a pomůcek	55
5.3	METODIKY	57
5.3.1	Metodika stanovení jednotlivých frakcí vlákniny pomocí přístroje ANKOM 220 Fiber Analyzer	57
5.3.1.1	Metodika stanovení hrubé vlákniny	58
5.3.1.2	Metodika stanovení neutrálně-detergentní vlákniny	59
5.3.1.3	Metodika stanovení acido-detergentní vlákniny	61
5.3.1.4	Metodika stanovení acido-detergentní vlákniny s korekcí	62
5.3.1.5	Metodika stanovení acido-detergentního ligninu	63
5.3.2	Metodika stanovení pektinu	65
5.3.2.1	Metodika stanovení pektinu	66
5.3.2.2	Stanovení kalibrační přímky	67
5.4	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	68
5.4.1	Studentův párový <i>t</i> -test	68
5.4.2	Korelační analýza závislosti obsahu vlákniny na koncentraci pektinu	69
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	72
6.1	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY (HV) V KOMERČNÍCH VZORCÍCH VLÁKNINY	72
6.2	STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY (NDF) V KOMERČNÍCH VZORCÍCH VLÁKNINY	73
6.3	STANOVENÍ ACIDO-DETERGENTNÍ VLÁKNINY (ADF) A ACIDO-DETERGENTNÍ VLÁKNINY S KOREKČÍ NA OBSAH PEKTINOVÝCH LÁTEK (ADF K)	75
6.3.1	Acido-detergentní vláknina (ADF) v komerčních vzorcích vlákniny	75
6.3.2	Acido-detergentní vláknina s korekcí na obsah pektinových látek (ADF K) v komerčních vzorcích vlákniny	76
6.4	STANOVENÍ ACIDO-DETERGENTNÍHO LIGNINU (ADL) V KOMERČNÍCH VZORCÍCH	77
6.5	STANOVENÍ PEKTINU V KOMERČNÍCH VZORCÍCH VLÁKNINY	79
6.6	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VLIVU PEKTINU NA OBSAH VLÁKNIN NDF A ADF	81
6.6.1	Statistické vyhodnocení obsahů ADF a ADF K pomocí Studentova <i>t</i> - testu	81
6.6.2	Statistické vyhodnocení obsahů ADF a ADF K pomocí korelační analýzy	81
6.6.3	Korelační analýza vlivu pektinu na obsah ADF a NDF	82
6.6.3.1	Statistické vyhodnocení vlivu pektinu na obsah ADF	82
6.6.3.2	Statistické vyhodnocení vlivu pektinu na obsah NDF	84
	ZÁVĚR	86

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	89
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	93
SEZNAM OBRÁZKŮ	94
SEZNAM TABULEK.....	95

ÚVOD

Vláknina potravy je v současné době stále diskutovaným tématem, stejně tak i její úloha ve stravě.

Pojem „vláknina potravy“ (dietary fibre) byl poprvé použit v roce 1953. Avšak během následujících desetiletí se definice vlákniny měnila souběžně se zdokonalováním analytických metod pro stanovení jejich složek až do současné všeobecně uznávané definice.

Složkami, které tvoří vlákninu, jsou celulóza, hemicelulózy, pektiny, lignin, gumy a slizy. Vláknina se dělí do dvou skupin na vlákninu rozpustnou ve vodě (pektiny, gumy, slizy) a na vlákninu nerozpustnou ve vodě (celulóza, hemicelulózy, lignin). Ke zdrojům bohatých na vlákninu patří zejména ovoce, zelenina, obiloviny a luštěniny.

Objasněním účinků vlákniny na lidský organizmus se zabývalo a stále se zabývá mnoho vědeckých pracovišť. Studiemi byly prokázány pozitivní účinky vlákniny na lidský organizmus. Bylo zjištěno, že konzumací vlákniny se může předcházet řadě civilizačních chorob, jako jsou cukrovka, žlučové kameny, ateroskleróza, kardiovaskulární nemoci, nadváha a obezita. Kromě toho vláknina podporuje dobré trávení, zabraňuje vzniku hnilobných procesů a snižuje tlak v tlustém střevě. I když zůstávají ještě některé otázky ve vztahu vlákniny a lidské zdraví nezodpovězeny, shodují se odborníci a lékaři v tom, že příjem vlákniny v potravě je nutné zvýšit.

Diplomová práce byla zaměřena na stanovení jednotlivých složek vlákniny a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny a zjištění vlivu obsahu pektinu na hodnoty neutrálně-detergentní vlákniny a acido-detergentní vlákniny. Stanovení složek vlákniny bylo provedeno pomocí přístroje ANKOM 220 Fiber Analyzer a stanovení pektinu bylo provedeno na spektrofotometru Lambda 25 UV/Vis Systems.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA VLÁKNINY

Vláknina je vedle základních živin cukrů, tuků a bílkovin důležitou složkou potravy. Obecně a zjednodušeně je možné říci, že pod pojem vláknina jsou zahrnovány všechny polysacharidy, které nejsou stravitelné nebo využitelné v trávicím traktu člověka. Vlákninu tvoří celulóza, hemicelulózy, pektin, lignin, rostlinné gummy a rostlinné slizy. V důsledku snižování vlákniny ve stravě začalo přibývat civilizačních chorob. Proto se začalo mnoho výzkumů zabývat složením potravy. Z těchto výzkumů jednoznačně vyplývá, že lidské tělo potřebuje energii a základní živiny pro výstavbu buněčných struktur včetně vlákniny, přičemž množství a vyváženost těchto složek je základem správného stravování. [1, 2]

Přesné určení vlákniny bylo ovlivněno studii o účincích vlákniny na lidské zdraví a schopností analytických metod měřit jednotlivé frakce vlákniny. Se zdokonalováním analytických metod pro stanovení složek krmiv se rozšiřovaly i poznatky o fyziologii jejich trávení a s tím se měnila i definice vlákniny. [3]

1.1 Definice vlákniny

Termín „vláknina potravy“ (dietary fibre) byl poprvé použit v roce 1953 Hipsley, který popsal jen její nutriční složení. Původně byl pod pojmem vláknina označen *„soubor látek rostlinného původu, které procházejí gastrointestinálním traktem beze změny a nejsou ani enzymaticky štěpeny ani vstřebány.“* V roce 1976 byla tato definice rozšířena o látky vyskytující se i mimo buněčnou stěnu – některé zásobní polysacharidy a látky jako pryskyřice a slizy. Aman a Graham (1991) definovali vlákninu jako *„složky potravin odolávající rozkladu působením enzymů trávicího traktu savců anebo jako soubor ligninu a neškrobových polysacharidů.“* Následovala řada dalších definic, které vycházely vesměs z postupů analytického stanovení. Vzhledem k různým postupům analýzy a různým analyzovaným složek, které byly takto zkoumány, se uváděné hodnoty lišily se zjišťovaným a doporučeným příjmem v různých zemích, a proto v posledních desetiletích došlo mezi odborníky ke shodě, že pojem vláknina musí být vymezen na fyziologickém základě, nikoliv podle metody stanovení. Nyní je definice vlákniny stanovena podle AACCC (Americká společnost pro cereální chemii) jako: *„Požitelné složky rostlin, které jsou rezistentní k vstřebávání a trávení v tenkém střevě a podléhají zcela nebo částečně fermentaci enzymy tlustého střeva. Vlákninu potravy tvoří polysacharidy, oligosacharidy, lignin a další rostlinné složky jako gummy, slizy, kutin apod. Potravní vláknina vykazuje prospěšné účinky na*

lidský organismus, mezi něž patří projímavé účinky a/nebo snižování hladiny cholesterolu v krvi a/nebo snižování hladiny glukózy v krvi“. [2, 4, 5]

Podle Association of Official Analytical Chemists (AOAC – Asociace analytických společností) se za vlákninu považuje ta část materiálu, která zůstává po částečné chemické digesti a označuje se jako „hrubá vláknina“ (CF – crude fiber) obsahující především celulózu a lignin. Tento termín však nestačí pro kvantitativní a kvalitativní popis vlákniny v potravinách a proto se přechází na jiná vymezení pojmu, která se více či méně přibližují skutečné podstatě vlákniny. Proto vznikla celá řada termínů a definic, která se často obsahově překrývají (Tab. 1). V roce 1985 navrhl TROWELL chemickou definici pro vlákninu potravy: *Vláknina potravy je směs neškrobových polysacharidů a ligninu, které nejsou degradovány endogenními sekrety lidského gastrointestinálního traktu, ale mohou být částečně degradovány bakteriemi tračniku“.* [6]

Tab. 1 Rozdělení vlákniny podle L. Benešové a kolektivu [6]

anglický název	angl. 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, gumy a lignin)
Complantix	CCX	Complantix (plantix doplněný o případné nestravitelné složky buněčných stěn, mezi které patří i některé nerostné látky)
Partially digestible plant polymer	PDPP	Částečně stravitelné rostlinné polymery
Partially digestible biopolymer	PDB	Částečně stravitelné biopolymery

Podle chemického složení k vláknině patří:

- Neškrobové polysacharidy – celulóza, hemicelulózy, pektiny, β -glukany, chitin, gummy a slizy.
- Nestravitelné oligosacharidy (prebiotika) např. inulin.
- Složky příbuzné sacharidům – rezistentní škroby, modifikované celulózy, syntetické deriváty polysacharidů (karboxymethylcelulóza, methylcelulóza, dextriny).
- Lignin a doprovodné látky (kutin. třísloviny). [2]

Kodexový výbor „Codex Alimentarius“ pro výživu a zvláštní výživové účely po zdouhacích a technických diskusích, kterých se účastnilo 262 delegátů zastupujících 69 členských zemí a 27 mezinárodních nevládních organizací, schválil v roce 2009 v Düsseldorfu analytické metody použitelné pro stanovení různých druhů vlákniny. [8]

Analytické metody byly uspořádány do čtyř kategorií:

- obecné metody, které nestanovují nízkomolekulární frakce (tj. počet monomerních jednotek menších než 9)
- všeobecné metody, které stanovují vysokomolekulární frakce (monomerní jednotky > 9) i nízkomolekulární frakce (monomerní jednotky menší než 9)
- specifické metody pro určité typy vlákniny (např. specifické pro beta-glukany nebo pro rezistentní škroby apod.)
- ostatní metody

Tento seznam analytických metod byl připojen ke CODEX STAN 234 a nová definice vlákniny byla začleněna do pokynů o nutričním označování (Guidelines on Nutrition Labelling) Codex Alimentarius pod číslem CAC/GL 2-1985. [8, 10]

Tato nová definice vlákniny byla doplněna v souladu s definicí podle Codex Alimentarius do směrnice 2008/100/ES o nutričním označování potravin a je nutná k provádění řady předpisů, např. nařízení 1924/2006 ze dne 20. prosince 2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin jsou stanoveny podmínky pro výživová tvrzení jako „zdroj vlákniny“ nebo „s vysokým obsahem vlákniny“. Z důvodů srozumitelnosti a soudržnosti s dalšími právními předpisy Evropského společenství, které se odkazují na tento pojem, bylo nezbytné stanovit definici vlákniny. Vlákna je tradičně konzumována ve formě rostlinného materiálu a má jeden nebo více prospěšných fyziologických účinků, které musí vykazovat. Mezi tyto účinky patří např.: zkrácení doby průchodu střevy, zvýšení objemu

stolice, zkvasitelnost mikroflórou tlustého střeva, snižování celkového krevního cholesterolu, snižování krevní hladiny LDL cholesterolu, snižování postprandiální krevní glukózy nebo snižování hladiny krevního inzulínu. Nejnovější vědecké důkazy dokládají, že takových fyziologických účinků lze dosáhnout i prostřednictvím dalších uhlovodíkových polymerů, které nejsou stravitelné a přirozeně se v rostlinné stravě nevyskytují. Z tohoto důvodu je vhodné, aby definice vlákniny zahrnovala uhlovodíkové polymery s jedním nebo více prospěšnými fyziologickými účinky. Tyto uhlovodíkové polymery rostlinného původu, které vyhovují definici vlákniny, mohou být v rostlinách úzce svázány s ligninem nebo dalšími složkami, které nejsou na bázi uhlovodíků (např. s fenolovými sloučeninami, vosky, saponiny, fytázami, kutinem, fytosteroly). Tyto látky, pokud jsou úzce svázány s uhlovodíkovými polymery a při analýze vlákniny jsou s nimi společně extrahovány, lze považovat za vlákninu. Jsou-li však tyto látky od uhlovodíkových polymerů odděleny a přidány do potravy, za vlákninu se nepovažují. Nová definice materiálu představujícího vlákninu a analytické metody podle čl. 1 odst. 4 písm. j), (Příloha II) směrnice komise 2008/100/ES:

„Pro účely směrnice 90/496/EHS se „vlákninou“ rozumí uhlovodíkové polymery s třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevu 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 se dále zohledňuje aktuální vývoj poznatků tím, že se upravují převodní faktory pro výpočet energetické hodnoty. Podle zprávy Food and Agriculture Organization (FAO – Organizace pro výživu a zemědělství) ze semináře o energetické hodnotě potravin (metody analýzy a konverzní faktory) vyplynulo, že 70 % vlákniny v tradičních potravinách je považováno za kvasitelnou vlákninu. Z tohoto důvodu byl stanoven převodní faktor průměrné energetické hodnoty pro vlákninu – 8 kJ/g vlákniny (2 kcal/g). [8, 9, 10]

Pod pojmem vláknina potravy se nachází celá řada biochemicky a biofyzikálně rozdílných látek s odlišnými účinky na fyziologické vlastnosti, proto není snadné vyjmenovat prospěšné účinky všech přirozených potravin, které obsahují velké množství vlákniny jen ve spojitosti se samotným obsahem vlákniny. Obohacování stravy vlákninou by se mělo považovat za opatření, které zvyšuje přidanou hodnotu pro lidské zdraví, a proto je nezbytné zvážit, jaký mají dopad fyzikálně-chemické vlastnosti rozličných zdrojů potravní vlákniny na zažívací ústrojí. [11]

Doporučené denní dávky potravní vlákniny pro správnou funkci trávicího ústrojí pro dospělé osobu jsou 30 g vlákniny, z čehož 6 g má tvořit rozpustná vláknina a minimálně 15 g by mělo být přijímáno jako celozrnné výrobky. Zbývajících 15 g by pak měla tvořit čerstvá zelenina a ovoce. Důležitým hlediskem, které může posoudit množství vlákniny v potravě je celkové množství stolice a doba, po kterou prochází trávenina trávicím traktem. V případě, že by člověk přijímal z velké části oddělené a vysoce zahuštěné látky se strukturou vláken, což je velmi běžné při konzumaci otrub, může dojít k neúmyslnému bránění v příjmu minerálních látek především vápníku, hořčíku a zinku. Z tohoto důvodu je vhodnější přijímat vlákninu jako soubor látek. Optimální příjem vlákniny by měl být 40 g až 50 g denně. Denní konzumace vlákniny menší než 30 g je považována za rizikový faktor, který může být příčinou vzniku rakoviny tlustého střeva. Bohužel statistiky ukazují, že běžný denní příjem člověka v evropských zemích je menší než 20 g a méně. Zavedením průmyslově zpracovávané mouky došlo k výraznému poklesu vlákniny v potravě tím, že se množství vlákniny v mouce snížilo až na 10 %. [1, 13]

Velkým počtem výzkumů se potvrdily prospěšné účinky vlákniny na lidský organizmus. Bylo prokázáno, že její konzumace je účinnou prevencí proti mnohým civilizačním nemocem. Pozitivně působí proti zácpě, hemeroidům, žlučovým kamenům, nádorům tlustého střeva, tlaku v tlustém střevě, polypům tlustého střeva, obezitě, nadváze, cukrovce, vysokému krevnímu tlaku a krevnímu cholesterolu. Dalším příznivým účinkem vlákniny je podpora trávení, kdy díky ní dochází k rychlejšímu průchodu tráveniny střevem a tím ve stěně tlustého střeva omezuje působení karcinogenních látek a také vzniku hnilob, které zde vznikají především konzumací velkého množství masa a dalších látek obsahujících bílkoviny. [1]

1.2 Historie vlákniny

Prospěšnost vlákniny znali už ve starověku. Ve 30. a 40. letech minulého století, se díky zavedení průmyslově zpracovávané mouce, začalo ve velkém množství vyrábět světlé pečivo. Takto zpracovaná mouka obsahovala až o 10 % nižší množství vlákniny než mouka vyráběná klasickým způsobem na mlýnských stolicích. Tím došlo k významnému snížení vlákniny v potravě a téměř se na ni zapomnělo. V první polovině minulého století se výzkumníci začali zabývat analýzou vlákniny a tak došlo k rozvoji metod pro její stanovení. Jedním z nich byl i Dr. Alexander R. P. Walker (biochemik z USA), který se na konci 30. let začal zabývat výzkumem, kde porovnával složení potravy původních afrických obyvatel a obyvatel západních zemí žijících konzumním stylem života. V 50. letech pak začal zveřejňovat výsledky epidemiologických výzkumů, jejichž závěrem bylo zjištění velmi nízkého počtu onemocnění trávicího ústrojí, především rakoviny tlustého střeva, zánětu slepého střeva, polypů stěn tlustého střeva a také kardiovaskulárních nemocí u původních afrických obyvatel. I když už bylo publikováno velké množství studií zabývajících se tímto tématem, jen málokteré vypovídaly o druzích vlákniny a jejích fyzikálně-chemických vlastnostech. [35]

Skutečná vlna zájmu o nestravitelnou vlákninu se zdvihla až začátkem 70. let 20. století, kdy D. P. Burkitt, N. S. Painter, T. J. Cleave a H. Trowell z Velké Británie přišli s tvrzením, že mnohé závažné choroby jsou způsobeny či vyvolány nedostatkem vlákniny ve stravě a že jde přímo o příčinný vztah. Dr. Burkitt se stejně jako Dr. Walker začal zabývat výzkumem původních afrických obyvatel, jejichž strava obsahovala větší množství potravní vlákniny v porovnání se západoevropskou populací. U původních afrických obyvatel se nevyskytovala žádná střevní onemocnění na rozdíl od západoevropských obyvatel, u kterých se zvýšil počet těchto chorob. Dr. Burkitt zjistil, že zásadní rozdíl u těchto dvou druhů stravy je v obsahu vlákniny. Zkoumaná vláknina pocházela především z obilovin. Po zveřejnění závěrů tohoto výzkumu, se lidé začali více zajímat o příjem vlákniny ve stravě. Postupem času se podařilo dalším badatelům prokázat, že množství vlákniny ve stravě obyvatel průmyslově vyspělých zemí je podstatně nižší než ve stravě obyvatel rozvojových zemí. To vedlo v 80. letech minulého století ke zvýšení zájmu o vlákninu a vláknina se začala vyskytovat v různých formách doplňků stravy nebo jako obohacující složka potravin. Od přelomu 21. století došlo celosvětově k velkému návratu vlákniny v potravě. [7]

1.3 Vlastnosti vlákniny

- **Mikrobiální degradace** – vláknina se v tenkém střevě savců nemůže enzymově degradovat, ale v různých stupních je zkvasitelná přirozeně se vyskytující mikroflórou tlustého střeva. Stupeň degradace se značně mění podle chemického složení. Tato degradace se vztahuje ke schopnosti vázat vodu a ke struktuře polysacharidů vlákniny. Pektiny, rostlinné slizy a gummy jsou zřejmě zcela degradovány, zatímco celulóza je odbourávána pouze částečně. [6]
- **Schopnost vázat vodu** – pektinové látky, rostlinné slizy a omezený okruh hemiceulóz mají vysokou schopnost vázat vodu. Hydratace vlákniny způsobí tvorbu gelové matrice, která může zvyšovat viskozitu gastrointestinálních obsahů, což způsobuje pomalé vyprazdňování žaludku, difúzi a absorpci nutričních látek. Předpokládá se, že difúze nutričních látek před absorpcí je zpomalena účastí nutričních látek rozpustných ve vodě na gelové matici a zvýšením viskozity obsahů střev. I když by se schopnost vázat vodu měla vztahovat ke zvýšenému objemu fekálií, není tento vztah zřetelný vzhledem k mikrobiální degradaci vlákniny v tračníku. Typicky vyšší schopnost vázat vodu se spojuje s větší schopností fermentace zdroje vlákniny. Schopnost vázat vodu je rovněž ovlivněná velikostí částic. [6]
- **Adsorpce organických molekul** – rozsáhlé studie *in vitro* ukázaly, že je lignin účinným absorbentem žlučových kyselin. I další látky jako pektin a ostatní kyselé polysacharidy také vážou žlučové kyseliny. Celulóza má tuto schopnost malou. Adsorpce žlučových kyselin se měří *in vivo* jako schopnost zvýšit exkreci žlučových kyselin a steroidů ve stolici. Větší vliv na funkci střevního traktu mají větší a hrubší částice vlákniny, které zvyšují objem stolice, zatímco menší částice jsou hustější a mají sníženou schopnost vázat vodu a žlučové kyseliny. I když schopnost určitých druhů vláknin vázat toxické sloučeniny nebyla zcela prostudována, uvádí se jako ochranný mechanismus vlákniny proti rakovině zažívacího traktu. [6]
- **Velikost částic** – stupeň, ke kterému je matrice buněčné stěny bohaté na složky vlákniny rozrušena na menší částice, ovlivňuje fyziologickou odezvu vlákninových zdrojů. Je-li buněčná stěna zcela neporušena, trávicí enzymy mohou pronikat a uvolňovat nutriční látky z potravin pomaleji, než v případě, kdy je buněčná stěna rozrušena. [6]

1.4 Rozdělení vlákniny

Složky vlákniny se rozdělují podle rozpustnosti ve vodném prostředí na rozpustné a nerozpustné. Složky rozpustné vlákniny jsou prevencí obezity, rakoviny tlustého střeva a kardiovaskulárních nemocí. Složky nerozpustné vlákniny, především celulóza, působí projímačně a zrychlují průchod tráveniny trávicím traktem. Nerozpustná vláknina odolává působení enzymů v tenkém střevě a je spolu s rozpustnou vlákninou více nebo méně metabolizována pouze mikroorganismy tlustého střeva, konečnými produkty jsou plyny a to zejména oxid uhličitý a vodík, často i metan a využitelné nižší mastné kyseliny – kyselina octová, kyselina propionová a kyselina máselná. [4, 14, 18]

V průmyslovém měřítku se ze zdrojů nerozpustné vlákniny využívají pouze celulóza a její deriváty a hemicelulózy, lignin není obecně ve velkém měřítku dostupný. Ke zdrojům rozpustné vlákniny vedle pektinu patří hlavně gummy (hydrokoloidy), které se užívají v nízkých koncentracích od 0,05 % až do 5 %. V Tab 2 jsou uvedeny obsahy rozpustné a nerozpustné vlákniny ve vybraných potravinách. [6]

1.4.1 Vláknina rozpustná

Rozpustnou vlákninu tvoří pektinové látky, některé hemicelulózy, kyselina guarová, glukany, inulin a další látky. Dobře pohlcuje vodu, bobtná a působí jako prebiotikum. Příznivě ovlivňuje vstřebávání sacharidů a metabolismus tuků. Negativními účinky rozpustné vlákniny je vstřebávání vitaminů a minerálních látek. Rozpustná vláknina váže žlučové kyseliny a cholesterol, čímž snižuje jeho hladinu v krvi. V žaludku způsobuje rozpustná vláknina jeho pomalejší vyprazdňování, vyvolává pocit jeho plnosti a sytosti. Tím že, změkčuje obsah tráveniny ve střevě a zvyšuje její objem dochází ke snadnějšímu vyprazdňování. Zvlhčuje sliznice trávicího ústrojí a tím ji chrání. Mezi hlavní zdroje rozpustné vlákniny patří ovoce, zelenina, obiloviny a luštěniny. Dalšími zdroji rozpustné vlákniny jsou rostlinné gummy a slizy, mořské řasy a β -glukany obilovin. [16,17, 35]

Ve velké míře se rozpustná vláknina skládá z hydrokoloidů (gum) a má významný vliv na texturu potravinářských výrobků v hodnotách pod 2 % a podle zdroje vlákniny se rozděluje do těchto skupin:

- Celulózové deriváty – metylcelulóza, sodná sůl karboxymethylcelulózy, hydroxypropylcelulóza.
- Látky izolované z mořských řas – karagenan/furcellaran, algináty.

- Rostlinné exsudáty – zahrnují gumy arabskou, karaya a tragant.
- Exsudáty rostlinných semen – guarová guma, guma ze svatojánského chleba.
- Mikrobiálně produkovaná xantanová guma. [6]

1.4.2 Vlákna nerozpustná

Vlákna nerozpustná je tvořena především celulózu, některými hemicelulózami, chiti-
nem, ligninem, vosky a chitosanem. V zažívacím ústrojí zvětšuje obsah tráveniny, čímž
ovlivňuje i jeho peristaltiku. Nerozpustná vlákna je zdrojem energie pro bakterie tlustého
střeva a prevencí zácpy a rakoviny tlustého střeva. Zdrojem nerozpustné vlákniny jsou
především obiloviny, zelenina, celozrnné výrobky a u ovoce zejména slupky. [3, 16, 17]

Nerozpustná vlákna, která se používá v potravinářském průmyslu, se dělí podle rostlin-
ného zdroje do dvou skupin:

- Prášková celulóza – čištěná, mechanicky dezintegrována celulóza připravená zpra-
cováním vybělené celulózy získané jako dřev z vlákninových materiálů např. dřeva
nebo bavlny.
- Mikrokrytalická celulóza – je čištěná, částečně depolymerizovaná celulóza přípra-
vená úpravou alfa-celulózy, získané jako dřev z vlákninových rostlinných materiálů
minerálními kyselinami. [6]

Tab. 2 Obsahy rozpustné a nerozpustné vlákniny ve vybraných potravinách [18]

potravina	vlákna (% sušiny)	
	rozpustná	nerozpustná

cereální výrobky		
pšeničná mouka bílá	2,0	1,2
pšeničná mouka celozrnná	2,6	7,7
chléb pšeničný	1,6 – 2,7	1,1 – 2,9
chléb žitný	6,7	6,6
kukuřičné lupínky	0,2 – 0,4	0,5

ovoce		
jablka	5,6 – 5,8	7,2 – 7,5
broskve	4,1 – 7,1	3,4 – 6,4
jahody	5,1 – 7,7	6,8 – 10,6
pomeranče	6,5 – 9,8	3,9 – 5,2

zelenina		
mrkev	4,4 – 14,9	10,4 – 11,1
zelí	13,5 – 16,6	4,2 – 20,8
rajčata	0,8 – 3,5	3,2 – 12,8
zelený hrášek	5,9	15,0

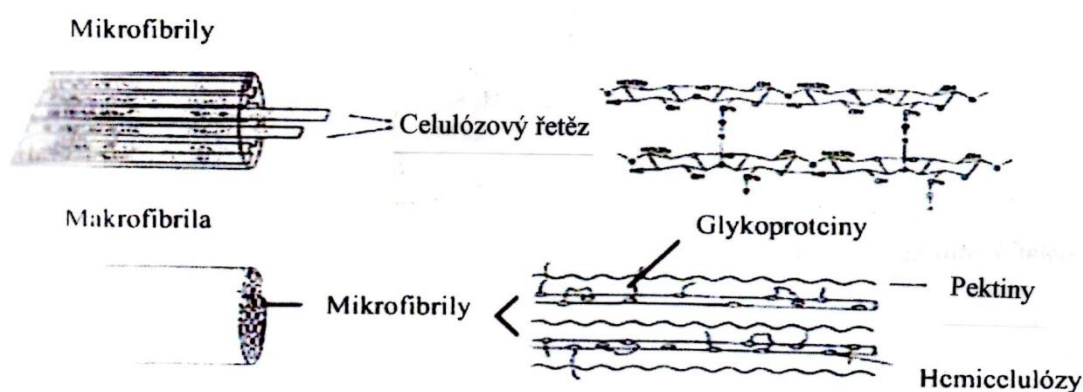
luštěniny		
fazole	7,2 – 12,4	9,1 – 9,6

brambory		
syrové	2,8 – 3,5	2,4 – 3,2
vařené	4,8	2,5

1.5 Složky vlákniny

1.5.1 Celulóza

Celulózu tvoří monomery glukózy, které jsou spojeny β -(1,4)-glykozidickými vazbami. Jednotlivá makromolekula celulózy tvoří ve stěnách rostlinných buněk trojrozměrné struktury takzvaná celulózová vlákna (mikrofibrily) prostřednictvím H – vazeb. Vlastnosti celulózy závisí na stupni polymerizace nebo na délce řetězce. Celulóza není rozpustná v organických rozpouštědlech a ve vodě, nezapáchá a nemá žádnou chuť. Při vysoké teplotě je rozpustná v koncentrované kyselině sírové, nerozpustná je ve zředěných roztocích kyselin a alkálií a je biologicky rozložitelná. Působením kyselé hydrolyzy se z celulózy vytvářejí krátké řetězce – celodextriny, které se dobře rozpouští v organických rozpouštědlech a ve vodě. Celulóza bobtná více v roztocích hydroxidů než ve vodě. Váže vodu a tím nabývá na objemu. Působením kyselin a vyšších teplot dochází k hydrolyze a popřípadě k oxidaci. Pro přechod do amorfnní formy je nutné použít vyšší teploty (32 °C) a tlaku (25 MPa). V buněčných stěnách rostlin tvoří celulóza pevnou matici spojením s dalšími biomolekulami (Obr. 1). [3,18]

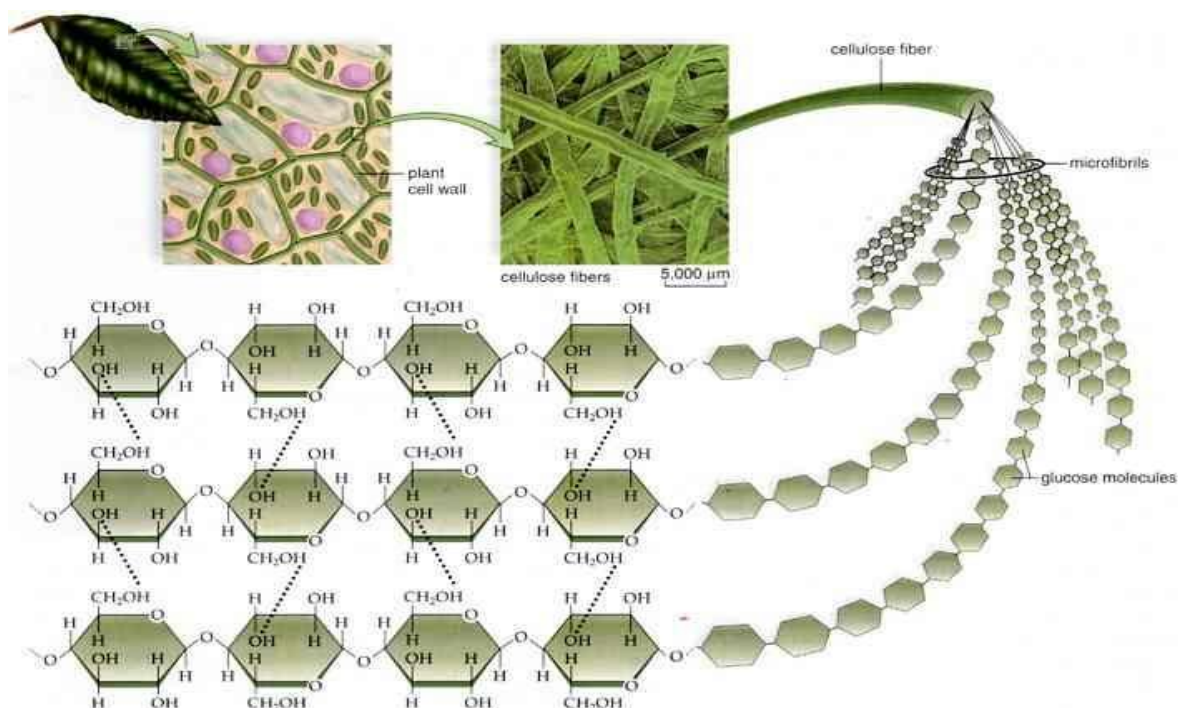


Obr. 1 Struktura celulózových fibril [3]

Je zpevňující složkou rostlinných pletiv a její obsah kolísá podle stáří rostliny, druhu, vegetačních podmínek, ale i podle anatomické části těla. Celulóza tvoří přibližně 40 – 50 % rostlinné hmoty a v přírodě je nejrozšířenější organickou sloučeninou. Vyskytuje se také v houbách a v mořských a sladkovodních řasách. [19] Struktura celulózy nacházející se ve stěnách rostlinných buněk je znázorněna na (Obr. 2).

Celulóza představuje u potravin velkou část neškrobových polysacharidů označovaných jako nerozpustná vláknina. Obsah celulózy představuje u luštěnin a obilnin 2 – 4 %, u

otrub je její výskyt podstatně vyšší 30 – 35 %. U zeleniny a ovoce je její přítomnost závislá na rostlinném druhu a množství celulózy se zde pohybuje od 1 – 2 %. Působením celulólytických enzymů – celuláz dochází k rozštěpení celulózy na glukózu, kterou bakterie fermentují na nižší mastné kyseliny, které se dále využívají a absorbují. Zaživací ústrojí býložravců zahrnuje symbiotické mikroorganismy, které tvoří celulázy, a proto mohou tento polysacharid využít na rozdíl od obratlovců, kterým tyto celulólytické enzymy zcela chybí a je pro ně nevyužitelný. Spolu s dalšími polysacharidy je celulóza označována jako vláknina. [11]



Obr. 2 Struktura celulózy nacházející se ve stěnách rostlinných buněk [2]

1.5.2 Hemicelulózy

Hemicelulózy jsou heterogenní skupinou polysacharidů obsahující řadu různě dlouhých, občas i rozvětvených řetězců přírodního polymeru složeného z glukózy a jiných sacharidů, v malé míře i esterů, které se nachází převážně v buněčné stěně rostlin a napomáhají k lepší soudržnosti celulózy a ligninu. Jsou chemicky méně odolné než celulóza či lignin, takže se při procesu výroby buničiny rozpouští a vyplavují. [20]

K hemicelulózám patří dvě základní skupiny polysacharidů – heteroxylyany a heteroglukany. Jsou to heteropolysacharidy různých struktur s rozdílnými počty vedlejších řetězců. Jednotlivé monosacharidické molekuly se vzájemně spojují různými typy glykozidických vazeb a tvoří galaktomanany, arabinoxylany, glukomanany a xyloglukany. Na rozdíl od

celulózy mají molekuly hemicelulóz kratší řetězce tvořící 500 – 3000 monosacharidových jednotek. Hemicelulózy se rozpouští zředěnými kyselinami a zásadami. Společně s pektinovými látkami a celulózou mohou tvořit buněčné stěny rostlin, kde se vyskytují s navázaným ligninem. Jednotlivé složky hemicelulóz se v rostlinných pletivech vyskytují v různém množství i v různých částech rostlin, například arabinoxylany se nacházejí v buněčných stěnách dřeva (50 %), xyloglukany obsahuje řepkové semeno (20 %) a glukomanany a galaktomanany v rostlinných bílkovinách. Velká část hemicelulóz působí antinutričně, což způsobuje jejich fyzikální a chemické složení. Jedná se především o β -glukany – lineární molekuly β -D-glukopyranózových jednotek spojených (1,3) a (1,4) vazbami. Z velké většiny (až 75 %) jsou rozpustné ve vodě, ale mohou se vyskytovat i jako nerozpustné. β -glukany obsahují především zrna obilovin, kde se nacházejí v aleuronové vrstvě a méně i v endospermu. Knudsen (1993) zjistil nejvyšší podíl hemicelulóz ze všech cereálií v ovsu (80 %). V přítomnosti vody hemicelulózy zvyšují viskozitu ovesných produktů. Podle stavebních jednotek se arabinoxylany označují jako pentozany, které tvoří složitější polymery označované jako xylózy a arabinózy. Základem je řetěz, který tvoří molekuly beta-D-xylopyranózy s navázanými molekulami a α -L-arabinózou vazbami (1,2) a (1,3). Nejvíce se vyskytují v aleuronovém pletivu a buněčných stěnách endospermu. Svoji viskozitu zvyšují vázáním velkého množství vody, které dokážou pojmout. U obilovin jako jsou rýže, pšenice a triticales se arabinoxylany považují za hlavní zdroj antinutriční aktivity. Ve výživě monogastrických zvířat se projevují tyto antinutriční vlastnosti tvorbou gelu v trávicím ústrojí, kde zvyšují viskozitu obsahu i jeho objem ve střevě – tuto vlastnost mají polysacharidy rozpustné ve vodě. Například xylany, které se řadí mezi nerozpustné polysacharidy, vážou vodu, ale viskozitu nezvyšují. [3, 21]

1.5.3 Pektiny

Pektiny jsou pektinové látky složené primárně z rhamnogalakturonanů a mohou obsahovat další podíly sacharidů jako vedlejší řetězce. Tyto složité látky jsou uloženy v buněčných stěnách a v mezibuněčných výplních rostlinných tkání. Mají důležitou úlohu při změnách konzistence ovoce a vzhledem k tomu, že jde o sloučeniny celulózy, označují se jako pektocelulózy. Pektinové látky vznikají a ukládají se především v raných stádiích růstu, kdy dochází ke zvětšení plochy buněčných stěn. Pektiny mají velký vliv na texturu zeleniny a ovoce především v průběhu růstu, zrání, skladování a zpracování. Pektiny jsou skupinou látek obsahujících většinou poměrně velké množství uronových kyselin a jejich derivátů, především kyselinu galakturonovou. Základem pektinových látek je

kyselina pektinová odvozená od D-galakturonových kyselin, které jsou více nebo méně esterifikované metanolem. Jsou-li esterifikovány všechny karboxylové skupiny, mluví se o neutrálním pektinu. Pokud je esterifikována pouze jejich část, mluví se o pektinech více nebo méně kyselých a jejich soli jsou označovány jako pektinany. V případě, že neproběhne žádná esterifikace, jedná se o pektinové kyseliny, jejichž soli se označují jako pektany. [18, 22]

Pektiny jsou uloženy v buněčných stěnách rostlin a mezibuněčných výplních rostlinných pletiv, kde vytváří matici, která obaluje mikrofibrily celulózy, především ve starších rostlinných pletivech a způsobují jejich tvrdost. Pektiny jsou často spojené s arabany a galaktany. Monosacharidy xylóza nebo ramnóza mohou být navázány na molekuly pektinů. Rozpustný podíl pektinových látek se zvyšuje společně s vývojem rostlinného materiálu. Ve vodě jsou nerozpustné a nemají žádnou energetickou hodnotu. Pektiny jsou velmi důležité pro lidský organizmus, především díky jejich prospěšným účinkům, kterými jsou potlačení hnilobných procesů ve střevě a urychlení jeho pohybu a schopnost vázat bakterie a škodlivé látky a odvádět je ven z těla. Pektin vykazuje pozitivní působení při onemocnění aterosklerózou a zejména v kombinaci s vitamínem C napomáhá ke snížení koncentrace cholesterolu v krvi. Nejbohatším zdrojem pektinu je ovoce – jablka, citrony, pomeranče atd. [3, 23]

1.5.4 Chitin

Chitin patří do polysacharidů živočichů, je hlavním stavebním materiálem exoskeletu koryšů a hmyzu, ale nachází se také v řasách, houbách a kvasinkách. Stavební jednotkou chitinu je chitosamin. Hlavními zdroji jsou vyšší houby, žampiony, pekařské kvasnice. Chitin je dobře rozpustný ve vodě, málo kyselém prostředí, tvoří komplexy s kovy (měď), je nestrávitelný, ale částečně hydrolyzovatelný v žaludečních šťávách a slinách. [22]

1.5.5 Lignin

Lignin je vysoce komplexní nepolysacharidový polymer obsahující jednotlivé jednotky fenylypropanu získané z fenolových sloučenin jako jsou p-kumaryl, sinapyl, koniferyl a cinnamyl alkoholy. Je hlavní složkou ve dřevě na rozhraní buněk, kde působí jako pojídlo, které drží celulózová vlákna pohromadě a dodává dřevu pevnost. Lignin se nachází i v buněčné stěně. Je důležitou složkou rostlinných materiálů a hned po celulóze je druhou nejběžnější organickou sloučeninou vyskytující se na zemském povrchu. Lignin je vedlej-

ším metabolitem rostlin a podstatně ovlivňuje jejich stravitelnost a také využití ostatních živin u býložravců. Lignin je nestejnorodá skupina polymerizovaných aromatických alkoholů s esterifikovanými fenolovými karboxylovými kyselinami (vanilinovou, kumarovou), spojenými chemickými vazbami s bílkovinami a polysacharidy. Hlavními složkami ligninu jsou tři aromatické alkoholy kyseliny skořicové – p-kumarylalkohol, sinapylalkohol, koniferylalkohol a jiné více funkční aromatické sloučeniny, vzájemně vytvářející síťový polykondenzát. Chemickou strukturu ligninu není snadné definovat. Lignin má vysoký stupeň proměnlivosti, který záleží na rostlinném druhu, pletivu a na typu buňky. Začíná se tvořit ve střední lamele, avšak neexistuje společný názor, zda se ukládá v hlavních nebo vedlejších buněčných stěnách. Lignin poskytuje pevnost a podporu rostlinným buňkám vyšších rostlin. Na rozdíl od celulózy a hemicelulóz je nerozpustný ve vodě, čímž zajišťuje vodotěsnost xylémových cév. Se stářím rostlin se zvyšuje i obsah ligninu v jejich buněčných stěnách. Například slunečnicové výlisky mohou obsahovat až 13,3 % ligninu, dřevo jehličnatých stromů ho může obsahovat až 50 %, ovesné otruby až 14,8 % a semeno řepky olejky až 13,2 %. [3, 20, 22]

Lignin tvoří asi 25 % biomasy, kde je jednou ze základních složek dřevní hmoty. Nachází se také ve skořápkách ořechů, vláknině ovoce, zeleniny, obilovin, otrub (8 %). I když není lignin polysacharid, je považován za součást vlákninového komplexu. [18, 22]

1.5.6 Kutin

Základem kutinu jsou lineární polymery uhlovodíků s délkou řetězce C16 a C18, na které jsou vázány různé deriváty. Kutin patří k jedné z dalších vrstev kutikuly nerozpustných ve vodě. Vyskytuje se v různých částech rostliny a dle tohoto výskytu má i různou funkci, například ochrannou funkci má u obalových vrstev semene. [3, 18]

1.5.7 Inulin

Inulin je přírodní probiotický rostlinný produkt získaný extrakcí pomocí teplé vody z kořenů čekanky, topinambur atp. Je to nasládlý, celkem rozpustný bílý prášek. Inulin tvoří fruktóza vázaná β (1,2) glykozidickými vazbami, kde je řetězec zakončen glukózou. Je to neškrobový rezervní polysacharid rostlin, který se nachází nejvíce v čekance a topinamburech. Dále jej obsahují slunečnice, jiriny, artyčoky. V zaživacím ústrojí není rozložitelný amylázami (enzymy štěpící škrob), proto je pro organismus nevyužitý a ve střevě působí jako důležitý zdroj energie pro střevní mikrobiální kultury. Inulin je hydrolyzován a štěpen

enzymy v tlustém střevě, které produkují bifidogenní bakterie, jejichž přítomnost přispívá k udržení správné funkce střeva a k jeho ochraně před infekcemi. Mikroflóra trávicího traktu se také podílí na tvorbě vitamínu B₁₂, K₁ a K₂ a protože inulin stimuluje růst žádoucí mikroflóry, má také vliv na množství těchto vitamínů. Běžně se inulin využívá jako výživový doplněk, kterým se může obohatit jogurt, čaj, džus, pudink atd. [23, 36]

V potravinářství se inulin přidává do velkého množství potravinářských výrobků. Uplatňuje se např. při výrobě pečiva, chleba, masných a mléčných výrobků, cukrovinek, ovocných šťáv, nealkoholických nápojů a je velmi oblíbenou složkou dietních koktejlů a zdravé výživy. Nejčastějším důvodem přidání inulinu do receptury je snížení celkové energetické hodnoty výrobku, navýšení rozpustné vlákniny a zlepšení textury výrobku. Díky nízkému obsahu kalorií (pouze 25 % kalorií řepného cukru) a mírné sladivosti je vhodný pro diabetiky. Dále se využívá jako nízkokalorická náhrada cukru a tuku v krémových výrobcích nebo mouky v zákuscích. Inulinu se využívá i u mléčných výrobků. Například v mražených krémech inulin brání vyvstávání krystalů na povrchu, čímž se zlepšuje celková struktura výrobku. Řada vědeckých výzkumů ukázala, že přídavek inulinu do fermentovaných mléčných výrobků zlepšuje využitelnost vápníku v těle, což dokazuje koncentrace karboxylových kyselin s krátkým řetězcem, které vznikají v důsledku štěpení inulinu bakteriemi a které usnadňují vstřebávání minerálních látek v tlustém střevě. Do vybraných potravin se v průměru přidává 5 – 10 % inulinu. Dalšími výhodami inulinu jsou pocit sytosti při požití a příjemná chuť. [36, 37]

1.5.8 Rostlinné gummy

Rostlinné gummy jsou skupinou vysoce hydrofilních polysacharidů dobře rozpustných ve vodě. Jsou velmi neuspořádané, polydisperzní a větvené struktury. Patří k hydrokoloidům, i když se v případě nízkomolekulárních složek jedná o pravé roztoky. Roztoky nebo disperze mají viskózní charakter a v některých případech může docházet až ke vzniku gelu. Při mechanickém poškození anebo při výskytu choroby rostlin se mohou u některých rostlinných duhů tyto gummy vylučovat. K rostlinným gumám se mnohdy také ještě řadí neškrobové zásobní polysacharidy, které obsahují určité druhy hlíz a semen. Patří sem např. guarová, lokusová, konjaková, arabská a modřínová guma a karagenany, které se získávají z řas čeledi *Rhodophyceae*. Používají se jako emulgátory, zahušťovadla a stabilizátory suspenzí a emulzí. [3,18]

1.5.9 Rostlinné slizy

Rostlinné slizy se řadí k neškrobovým polysacharidům, které se dobře rozpouští ve vodě. Působením vody bobtnají a po nabobtnání tvoří slizovitou hmotu – gel. Zpravidla se jedná o různě zesíťované makromolekuly polysacharidů na základě pentózanů – xylózy a arabinózy nebo příslušných glykoproteinů. Rostlinné slizy mají více funkcí, mohou tvořit součást buněčných stěn, buněčného obsahu a mohou se zúčastňovat metabolismu. Dále byl zaznamenán i výskyt pentózanů nerozpustných ve vodě s podobným složením jako slizy, vyskytující se například ve lněných semenech. Lněná semena uvolňují slizy pozvolně a tak zvlhčují stěnu střeva a chrání ji. Slizy také pohlcují toxické látky trávicího ústrojí, vykazují prospěšné účinky při akutním zánětu žaludku a působí projímavě. [3, 6, 19]

1.5.10 Rezistentní škroby

Do rezistentních škrobů se řadí takové škroby, které odolávají procesu trávení v tenkém střevě a dostávají se v nezměněné podobě až do tlustého střeva, kde jsou fermentovány působením mikroorganismů na monokarboxylové kyseliny s krátkým alifatickým řetězcem. Nejdůležitější z těchto kyselin je kyselina máselná, která představuje důležitý zdroj energie pro buňky vystylající vnitřní stěny tlustého střeva a současně má schopnost zabraňovat v přeměně těchto buněk na buňky rakovinné. Dalšími pozitivními účinky těchto kyselin jsou lepší absorpce hořčíku a vápníku a příznivý vliv na rovnováhu bakteriálních druhů především *Bifidobacterium* a *Lactobacillus*, které zamezují rozvoji patogenních bakterií. Dále mohou přispívat ke zlepšení kontroly glykémie a zlepšení metabolismu lipidů u diabetiků. Díky těmto vlastnostem se rezistentní škroby řadí mezi nerozpustnou vlákninu. [24]

Rezistentní škroby jsou rozděleny do čtyř kategorií:

- RS1 je fyzikálně nerozložitelný škrob např. škrob v luštěninách, kde je součástí materiálu buněčných stěn nebo proteinové matrice a není přístupný trávicím enzymům.
- RS2 je nativní škrob obsažený ve škrobových zrnech s typem krystalinity B nebo C např. škrob ze syrových brambor, banánů a vysoce-amylózový kukuřičný škrob.
- RS3 je retrogradovaná amyloza – je to škrob nejprve zmazovatělý a po následném ochlazení dojde k jeho retrogradaci, potraviny s obsahem škrobu tohoto typu jsou

velmi rezistentní k enzymové hydrolyze, např. v rýži, pohance, ve vychladlých vařených bramborách a v chlebu.

- RS4 je chemicky modifikovaný škrob.

Vysoký obsah rezistentního škrobu mají zejména luštěniny, rýže, brambory, ale i mouky a cereální výrobky. [24]

1.6 Zdroje vlákniny

Mezi zdroje vlákniny patří potraviny označované jako komplexní sacharidy, které se vyznačují jak obsahem energetických polysacharidů – škrobu, tak i neškrobových polysacharidů – vlákniny. Ke zdrojům rozpustné vlákniny patří hlavně ovoce, luštěniny, obiloviny a rostlinné gummy a základními zdroji nerozpustné vlákniny jsou celozrnné obiloviny zejména jejich otruby, ovoce a zelenina. Nejvíce vlákniny obsahují celozrnné obiloviny, proto by měly tvořit 50 % stravy. [14, 16] Obsah vlákniny ve 100 g vybraných potravin je uveden v (Tab. 3).

Tab. 3 Obsah vlákniny ve vybraných potravinách (g/100 g) [13]

potravina	obsah vlákniny (g/100 g)
Celozrnný chléb se slunečnicovými semeny	8,0
Pšeničný chléb celozrnný	8,1
Rýže dlouhozrnná pololoupaná	3,2
Celozrnné pšeničné těstoviny	3,5
Vločky ovesné	5,5
Vločky pšeničné	10,0
Slunečnicová semínka	6,3
Mandle	6,0
Čočka - nevařená	10,6
Fazole - nevařená	17,0
Sója - nevařená	21,0
Mák	20,0
Kokos	7,3
Houby čerstvé	6
Avokádo	6,3
Zelí	3,0
Brambory ve slupce	5,5

1.6.1 Luštěniny

Luštěniny nebo také luskoviny jsou semena jednoletých druhů rostlin čeledi bobovitých *Fabaceae*, která jsou vyluštěná, suchá, vyčištěná a vytríděná. Bobovité luskoviny patří k významnému rostlinnému druhu. Mezi luštěniny se řadí fazole, cizrna, hrách, bob, sója a čočka. Luštěniny jsou významnou surovinou v jídelníčku, především pro svou vysokou nutriční hodnotu. Z biologického hlediska nejsou bílkoviny luštěnin považovány za plnohodnotné bílkoviny z důvodu chybějících sirných aminokyselin a tryptofanu, avšak obsahují dostatek lyzinu, kterého je naopak málo v obilovinách. Luštěniny rovněž obsahují vysoký podíl sacharidů z nichž se zde nejvíce vyskytuje disacharid sacharóza a monosacharidy fruktóza a glukóza. Přítomny jsou i oligosacharidy verbaskóza, rafinóza, jugóza a stachyóza, které jsou deriváty sacharózy. Sacharidy jsou důležitým zdrojem energie pro bakterie tlustého střeva, které je zkvašují za vzniku plynů, což je při konzumaci luštěnin hlavním důvodem nadýmání. Nejvyšší obsah rozpustné vlákniny mají fazole, jejíž množství řídí hladinu krevního cukru postupným uvolňováním energie. Při nadváze a obezitě jsou fazole důležitou potravinou, jejichž konzumací se navodí pocit zasycení. [19, 25, 26]

1.6.2 Obiloviny

Obiloviny jsou jednoleté rostliny šlechtěné, pěstované a využívané zejména pro svá semena – zrna. Tato zrna, zvaná také obilky nebo cereálie, slouží především k lidské výživě buď to celá, nebo rozemletá na mouku. Zrna se také zkrmují a používají jako osivo. Celé rostliny se využívají jako zelená píce, kde se nadzemní část silážuje – především kukuřice setá, nebo se zpracovává jako sláma např. pšenice, ječmen anebo se využívá pro výrobu dalších užitkových předmětů, jako jsou rohože, košíky, kartáče – čirok. Vzhledem k širokému využití mají obiloviny v porovnání s jinými zemědělskými plodinami výhradní postavení a jsou nejdůležitější kulturní plodinou světa. Celosvětový podíl obilovin na lidské výživě je odhadován na 65 – 70 %. Jako potravina pokrývají přibližně 33 % celkového energetického příjmu, obsahují 30 % rostlinných bílkovin dále pak velké množství sacharidů 55 % a tuků 10 %. Mezi další přednosti obilovin patří jednak vysoká sušina (85 %) a nízká cena. Obiloviny nejsou jen zdroji energie a živin. Obsahují velké množství zdravích prospěšných a hodnotných látek jako například vitaminy, minerální látky, vlákninu, jejíž prospěšné účinky za zažívací ústrojí jsou všeobecně známé. Díky těmto vlastnostem se obiloviny řadí do skupin označovaných jako potraviny pro speciální zdravotní účely a nebo jako funkční potraviny. Tyto potraviny mají vyšší obsah fytochemikálií (flavonoidy, glukanáty, karote-

noidy aj.), které mají především ochrannou funkci proti některým chorobám. Vysoký obsah vlákniny obilovin rovněž v organismu snižuje výskyt těžkých kovů tak, že je na sebe váže a odvádí z těla. [19, 25]

Obilné zrna a jeho škroby jsou štěpeny trávicími enzymy zažívacího ústrojí od ptyalinu, který obsahují lidské sliny až po amylázy tenkého střeva. Lidský organismus má pro zpracování obilovin i vhodné pH trávicího traktu, které přispívá ke snadnějšímu rozkladu živin jako jsou bílkoviny, sacharidy a tuky. [14]

Pojem celozrnné obiloviny zahrnuje komplexní zrna obiloviny. Složkami obilného zrna jsou převážně škroby a bílkoviny. Otruby obilného zrna tvoří především celulóza a minerální látky. Obilné zrna má 13 – 15 % vody a zbytek tvoří sušina. Hlavní podíl sušiny představuje škrob 65 – 75 %, vláknina 10 %, tuky 2,5 %, minerální látky 1,9 % a bílkoviny 12 – 14 %. Pšeničné bílkoviny mají schopnost tvořit gelu – lepek, který se skládá z bílkovin gliadinu a gluteninu. Sacharidy obilovin jsou tvořeny pentózany, důležitými stavebními složkami podpůrných pletiv. Z disacharidů je nejdůležitější sacharóza, kterou obsahuje především klíček, ve kterém se kromě sacharózy vyskytují i vitaminy, minerální látky a tuky s nenasycenými mastnými kyselinami. Dalšími složkami obilky jsou dextriny, škrob, dextriny, celulóza, hemicelulózy a slizy. Do skupiny obilovin patří pšenice, ječmen, žito, oves, rýže, kukuřice, proso, pohanka, čirok. [19, 25]

Průmyslovým zpracováním - rozemletím, jsou látky z přírodního pšeničného zrna a klíčku odděleny. Oddělením vlákniny od škrobových zrn, dochází ke snadnější dostupnosti živin u celozrnných potravin, což způsobuje, že většina celozrnných potravin nemá celistvou potravní strukturu. Podle tabulky glykemických indexů různých druhů potravin se zjistilo že mezi celozrnnými zdroji a rafinovanými obilnými zrny je jen velmi malý rozdíl, z čehož vyplývá, že samotný obsah vlákniny nemá přímou souvislost s glykemickým indexem potravin. Významností struktury potravin vůči glykemickému indexu u potravin z obilovin se zabýval Jenkins *et al.* (1988) v řadě studií, kterými byl zjištěn u dospělých osob trpících cukrovkou, pozitivní vliv glykemického indexu při konzumaci chleba s různě zpracovaným zrnem. Se zvyšujícím se obsahem těchto obilovin klesal glykemický index. [11]

Mezi významné zdroje vlákniny patří i pšeničné otruby, které vznikají při zpracování pšenice. Jsou zdrojem prospěšné stravitelné i nestravitelné vlákniny. Otruby ve střevě vykonávají tři základní činnosti: zadržují vodu a zvětšují objem stolice; zrychlují pohyb stolice

ve střevech; zadržují dráždivé a jedovaté látky, cholesterol, žlučové soli a karcinogeny, které se nacházejí ve střevech a zvyšují jejich vylučování stolicí. [31]

1.6.3 Ovoce

Ovocem se rozumějí plody vytrvalých rostlin požitelné v čerstvém nebo upraveném stavu. Podle botanicko-pěstitelských znaků se ovoce dělí do těchto skupin:

- Jádrové ovoce – jsou plody stromů z čeledi růžovitých, jejichž semena (jádra) jsou uzavřena v blanitých pouzdrech v dužnatém oplodí, stromy vytvářejí nepravý plod (malvici), která vzniká zdužnatěním různých částí květu. Patří sem oskeruše, jablka, jeřabiny, hrušky.
- Peckové ovoce – patří do čeledi růžovitých, jejichž plody s pětičetnými květy se nazývají peckovice. Plody mají jediné semeno, které je obaleno tenkou skořápkou – peckou. Patří sem třešně, višně, švestky, mirabelky.
- Bobulové ovoce – plody jsou buď bobule, nebo souplodí. Patří sem maliny, jahody, borůvky, brusinky, moruše a šípky.
- Citrusové a jižní ovoce – jsou plody tropických nebo subtropických rostlin, které v našich klimatických podmínkách nedozrávají a pro zpracování i přímý konzum se dovážejí. Jsou to např. pomeranče, citrony, grepy, ananas.
- Skořápkovité ovoce – se pěstuje pro olejnatá semena a patří sem vlašské ořechy, lískové ořechy, kaštiny, kokos, mandle. [22]

Ovoce je jednou ze základních složek lidské potravy. Obsahuje velké množství vitaminů, minerálních látek a vlákniny. Konzumace ovoce v čerstvém stavu zajišťuje vysoký obsah zdraví prospěšných a nepostradatelných látek v neporušeném stavu. Doporučená denní dávka ovoce je 200 g. Ovoce má také příznivý vliv na krevetvorbu, nervový systém. Svým složením podporuje trávení a přeměnu látek v organismu. Antioxidanty ovoce jsou důležitou složkou v ochraně před rakovinou tlustého střeva. Z chemického složení obsahuje ovoce v čerstvém stavu 70 – 90 % vody, kromě skořápkového ovoce. Další významnou složkou ovoce jsou sacharidy, které jsou zde obsaženy v koncentraci 5 – 15 %, které jsou tvořeny téměř výhradně monosacharidy glukózou, fruktózou a sacharózou. K hlavním polysacharidickým složkám patří škroby, pentózany, celulóza, pektiny a hemicelulózy. Dužninu ovoce, jeho slupek, jadérek a pecek tvoří pentózany, celulóza a hemicelulózy. Nejvíce bohaté na tyto látky je bobulovité ovoce především jejich jádérka. Obsah hemicelulóz

v jablkách tvoří 1 – 3 %. Z pentózanů jsou zde nejvíce zastoupeny xylany a arabany. Ovoce má nízký obsah bílkovin 0,2 – 1,3 % a rovněž má i nízký obsah lipidů – méně než 0,5 %. K dalším složkám ovoce patří organické kyseliny např. kyselina citronová, vinná, jablečná, benzoová, fenolové kyseliny, aromatické látky, minerální látky, vitaminy, pigmenty a bezdusíkatá barviva. Nativní pektin se při zrání ovoce podílí na měknutí plodů. Ovoce obsahuje i podíl volných nebo vázaných kyselin např. jablečnou, citronovou a vinnou. Příčinou neenzymatického hnědnutí čerstvého ovoce může být zvýšený obsah dusíkatých látek až do 2 %. [19, 25]

Jablka jsou nejběžnějšími pěstovanými druhy ovoce v České republice. Jablka jsou zralé plody jabloní. Jablka vykazují řadu příznivých účinků na lidský organizmus především díky obsahu pektinových látek, které brzdí rozvoj škodlivých mikroorganismů ve střevech, podporují vylučování cholesterolu z těla, napomáhají při střevních potížích. Vlákna a organické kyseliny jablek podporují peristaltiku střev. Chemické složení jablek je velmi rozdílné vzhledem ke značné rozmanitosti odrůd i půdně klimatických podmínek, protože je závislé nejen na odrůdě, ale i na době zrání, velikosti plodů, hnojení, podnoží a klimaticko-půdních podmínkách. Největší část dužiny plodu tvoří voda – 78,9 do 90,9 %, jejíž obsah rozhoduje o šťavnatosti plodů. Obsah minerálních látek v popelovinách je poměrně nízký a činí asi 0,24 – 0,54 % váhy plodu. Organický podíl jablek obsahuje kromě hlavního podílu vody sacharidy, dále pektiny, kyseliny, tuky, bílkoviny, třísloviny, vitaminy, enzymy, barviva aj. [23, 27]

1.6.4 Zelenina

Zeleninou se rozumí celé kulturní rostliny nebo jejich části požitelné v čerstvém nebo upraveném stavu. Z hlediska botanicko-pěstitelského se rozdělují do následujících skupin:

- Košťálová zelenina – užitkovou částí jsou nadzemní části zeleniny z čeledi brukvovitých. Dlouholetým šlechtěním byly vypěstovány odrůdy s odlišnými vlastnostmi. Patří sem kapusta hlávková, kapusta růžičková, zelí bílé, zelí červené, brukev, květák.
- Kořenová zelenina – užitkovou částí jsou zdužnatělé kořeny různých rostlin a u některých i zelená nať. Do této skupiny patří celer, mrkev, petržel, pastinák, červená řepa, ředkev, ředkvička, křen.

- Listová zelenina – užitkovou částí jsou celé listy rostliny např. špenát, čínské zelí, hlávkový salát.
- Lusková zelenina – vyzrálá semena luskové zeleniny se používají jako luštěniny ve stádiu mléčné zralosti např. hrášek, fazolové lusky.
- Plodová zelenina – patří sem plody rostlin z čeledi lilkovitých např. rajčata, lilek, paprika a z čeledi tykvovitých kam patří okurky, melouny, dýně.
- Cibulová zelenina – cibule, pór, česnek.
- Ostatní zelenina – kopr, chřest. [18]

Zelenina je důležitou složkou potravy, především díky obsahu nezbytných vitaminů a minerálních látek. Vykazuje nízkou energetickou hodnotou. Chemické složení může kolísat, obsah vody se pohybuje v rozmezí 75 – 95 % a je hlavní složkou zeleniny. Bílkoviny se v zelenině pohybují od 0,4 – 5 %. Mnohem méně jsou v zelenině zastoupeny tuky a to maximálně do 0,5 %. Obsah tuků a sacharidů je až na výjimky určitých druhů zeleniny velmi nízký, a proto není z energetického hlediska významný. Největší energetický význam mají v zelenině polysacharidy (škroby, celulóza, lignin aj.), jejichž průměrný obsah je 3 – 7 % v závislosti na druhu. Monosacharidy (jednoduché cukry), glukóza a fruktóza jsou zastoupeny prakticky u všech druhů zeleniny. Velmi významný podíl sušiny zde tvoří sacharidy, ze kterých je nejvíce zastoupen škrob. Kromě glukózy a fruktózy je zde zastoupena ještě sacharóza a různé polysacharidy, které jsou obsaženy v buněčných stěnách rostlinných pletiv. Z polysacharidů to jsou celulóza, hemicelulózy, pektiny a škrob. Škrob je rezervní polysacharid vyskytující se především u hlíz. Buněčné stěny zeleniny také obsahují nativní protopektin rozpustný ve vodě. Pektiny rozpustné ve vodě se odbourávají vařením zeleniny. K podobnému procesu dochází i při zrání a měknutí zeleniny. Významný je obsah některých vitaminů, především vitaminu C, karotenu a vitaminu K. Z minerálních látek to jsou draslík, hořčík, vápník, fosfor, železo, měď a mangan. [19, 23, 25]

Největší význam má zelenina čerstvá, protože jsou zde cenné látky jako vitaminy a minerální látky v neporušeném stavu. Denní doporučenou dávkou příjmu zeleniny je 400 g. Zelenina obsahuje i další specifické látky, kterými se vyznačují jen určité rostlinné druhy, které dodávají zelenině charakteristickou chuť. Zelenina má pozitivní vliv na funkce nervového systému, krevtvorbu, podporuje trávení a látkovou výměnu organismu, stimuluje vylučování trávicích šťáv působením aromatických látek, barviv, silic a podporuje činnost

trávicího a vylučovacího systému. Zelenina je velkým zdrojem vitaminů a také zásadotvorných prvků, čímž zabezpečuje acidobazickou rovnováhu v lidském těle. Antioxidanty nacházející se v zelenině a ovoci jsou pro člověka účinným prostředkem v prevenci rakoviny. Stejně jako obiloviny, obsahuje zelenina velké množství vlákniny, která na sebe váže těžké kovy a odvádí je z těla ven. Pozitivní je také obsah silic, které jsou schopné ničit mikroorganismy. K lepší peristaltice střev přispívá obsah nestravitelné celulózy a také pektiny, což vede k pocitu nasycenosti. Zelenina podporuje vylučování trávicích šťáv a žluče, snižuje vstřebávání škodlivin, upravuje složení střevní mikroflóry, je vhodná při prevenci obezity, zlepšuje funkci ledvin a snižuje krevní tlak, má ochranný účinek proti ateroskleróze a nádorovým onemocněním. [11, 19, 23, 25]

1.6.5 Sladkovodní a mořské řasy

Dobrym zdrojem vlákniny jsou mořské i sladkovodní řasy, které obsahují velké množství polysacharidů, jejichž typy a množství se mezi jednotlivými druhy řas velmi liší. Hlavní zásobní látkou zelených řas je škrob. U hnědých řas se škrob nikdy netvoří, jejich zásobním polysacharidem je laminaran (β -1,3-glukan) a manitol. U červených řas je zásobním polysacharidem florideový škrob (α -1,4-glukan), který se od škrobu zelených řas rostlin liší absencí amylózy. Strukturní polysacharidy většiny řas jsou hlavními stavebními složkami buněčných stěn a jsou hojně využívány v potravinářském i kosmetickém průmyslu pro výrobu fykokoloidů: algináty z hnědých řas, karagenany a agary z červených řas. Mezi další polysacharidy, které jsou přítomny v buněčných stěnách, avšak v menším množství, jsou fukoidany hnědých řas, xylany červených a některých zelených řas a ulvany zelených řas. Většinou těchto polysacharidů – agary, karagenany, ulvany a fukoidany – je přisuzována funkce vlákniny potravy, protože je lidské střevní bakterie nedokážou strávit. Kromě polysacharidů obsahují řasy také velké množství vitaminů (zejména A, B₁, B₂, B₁₂, C), minerálních látek (sodík, vápník, hořčík, draslík, chlór, síra, fosfor, jód, železo aj.) a bílkovin. [4]

Mezi nejčastěji pěstované sladkovodní řasy patří *Chlorella* a *Spirulina*:

- *Chlorella pyrenoidosa* – je jednobuněčná mikroskopická řasa patřící mezi zástupce sladkovodních zelených řas. Obsahuje škrob, hemicelulózy a celulózu, přičemž zastoupení i množství jednotlivých polysacharidů se mezi jednotlivými druhy tohoto rodu velmi liší. *Chlorella* působí blahodárně na celý lidský organizmus, je nejbohatším přírodním zdrojem chlorofylu, minerálních prvků, vitaminů a dalších výživ-

ných látek, které prospívají našemu zdraví i vitalitě. *Chlorella* je ceněna především pro bohatý komplex živin, které zajišťují detoxikaci organismu, posílení imunitního systému, kompletní výživu a zdravý buněčný růst.

- *Spirulina pacifica* - je zelenomodrá jednobuněčná sladkovodní řasa. Jako fotosyntetizující bakterie, má buněčnou stěnu tvořenou čtyřmi tenkými vrstvami, tři z nich jsou tvořeny peptidoglykany, které jí udělují pevnost a pouze jedna vrstva je tvořena β -(1,2)-glukanem, který je pro člověka nestravitelný, je však ve velmi nízké koncentraci (< 1 %) a z pohledu vlákniny nemá velký význam. *Spirulina* je bohatá na rostlinné bílkoviny, betakaroten, železo, vitamin B₁₂, a esenciální mastné nenasycené kyseliny gama-linolenovou (GLA) a kyselinu linolovou. Základními polysacharidy jsou ramnóza a glykogen, které jsou v organismu snadno vstřebatelné a energii dodávají pozvolna. Nejvýznamnějším barvivem je fykocyjanin, který má značné antioxidační a protizánětlivé účinky. Stovky studií prokazují, že jedinečné fytonutrienty a extrakty *Spiruliny* podporují imunitní systém, jsou prevencí mnohých onemocnění a zlepšují celkový zdravotní stav organismu. [4, 28]

1.7 Prospěšné účinky vlákniny na lidský organismus

Zdravotní přínos vlákniny je stále předmětem mnoha vědeckých studií a stále ještě některé předpokládané účinky nejsou dostatečně vědecky potvrzené. V minulosti se ve výzkumech kladl důraz spíše na účinek vlákniny ve vztahu k množství, než na přítomný typ vlákniny v dané dietě. Později byly prováděny výzkumy kombinující jak laboratorní výzkum, tak i výzkum na zvířatech a lidech. Tyto výzkumy zjišťovaly krátkodobé i dlouhodobé účinky na buněčné úrovni i na úrovni celého těla a ukázaly, že různé zdroje vlákniny mohou mít různé metabolické a fyziologické účinky. Byly zkoumány chemické a fyzikální vlastnosti vlákniny, její změny v průběhu průchodu střevem a také fermentace vlákniny. Tyto studie ukázaly fyziologické účinky vlákniny a její metabolický vliv ve chvíli konzumace. Nyní je již dobře známo působení krátkodobého účinku fyzikálně-chemických vlastností potravinové vlákniny na mechanismus udržení dlouhodobého účinku vlákniny, ale mnohem méně je prozkoumáno působení mastných kyselin s krátkými řetězci, které vznikají v důsledku kvašení vlákniny ve střevech. Vlákna je důležitou součástí stravy a pro tělo je velmi prospěšná. Účinek vlákniny závisí na jejím chemickém složení. [11, 21]

Při dostatečném příjmu vlákniny nedochází ve střevě k rozvoji hnilobné mikroflóry způsobující zácpu, ale naopak. Některé vlákniny působí na zažívací trakt i jako prebiotikum (ne-

stravitelná složka potravin), které podporuje růst nebo aktivitu střevní mikroflóry prospěšné pro lidské trávení a tím zlepšuje zdravotní stav konzumenta. Mezi prebiotické rozpustné vlákniny patří inuliny, pektiny, rozpustné hemicelulózy, guarová guma (galaktomanan) a konjaková guma (glukomanan). Pozitivní vliv vlákniny na střevní mikroflóru spočívá v tom, že je živnou půdou pro řadu mikroorganismů, které obývají tlusté střevo. Přítomnost jakékoliv fermentovatelné vlákniny, má pozitivní vliv na zvýšení hladin mikroflorálních bifidobakterií a laktobacilů ve střevech tím, že tyto bakterie fermentují polysacharidy. Některými studiemi bylo potvrzeno, že vlákniny jako alginát (Terada, Hara, & Mitsuoka, 1995a) a inulin (Grasten *et al.*, 2003) vedou k redukci potenciálně škodlivých bakteriálních metabolitů. Fermentovatelné vlákniny, mají významnou roli v prevenci střevních nemocí a poruch, buď samy o sobě nebo v kombinaci s probiotiky – probiotikum je živý organismus přidávaný do potravin či krmiv, který má příznivě ovlivnit zdraví konzumenta zlepšením rovnováhy jeho střevní mikroflóry. [6, 11]

Konzumace vlákniny je velmi účinná proti značně rozšířené nemoci, jakou je zácpa, která je v naší populaci velmi častá a mnozí ji nakonec za nemoc vůbec nepovažují. Tato nemoc je ale velmi nebezpečná, ba dokonce zákeřná. Zácpa uvádí člověka do stavu permanentní toxemie, tedy subklinické otravy organismu, která může vyústit v řadu degenerativních nemocí. Vlákna na sebe váže škodlivé a karcinogenní látky, které pak z těla odvádí. Působením vlákniny nedochází k jednorázovému přetížení organismu cukrem. Reguluje hladinu této látky v krvi, což má velký význam nejen pro diabetiky. Kromě toho snižuje i hladinu tuků v krvi, proto je dostatečná konzumace vlákniny prevencí proti ateroskleróze a snižuje i riziko rakoviny tlustého střeva. [14]

Je prokázáno, že vlákna pozitivně působí na řadu civilizačních onemocnění. V současnosti se zájem výzkumníků soustřeďuje zvláště na možnost využití vlákniny jako prostředku snižující riziko kardiovaskulárních nemocí, *Diabetes mellitus* II. typu a pozitivnímu působení ve vztahu k obezitě. [11, 21]

Dieta, která obsahuje vlákninu, vykazuje řadu příznivých účinků. Zařazením vlákniny do jídelníčku a její pravidelná konzumace je prevencí řady zdravotních obtíží, jako jsou:

- Obstipace, hemoroidy a kýla – mechanismus spočívá ve zvětšení objemu a utváření měkké stolice, příznivého ovlivnění střevní mikroflóry a urychlení pasáže potravy ve střevě.

- Ateroskleróza a ischemická choroba srdeční – vazbou cholesterolu a žlučových kyselin v lumenu střeva zabraňuje jejich enterohepatálnímu oběhu, a tak stimuluje degradaci endogenního cholesterolu v játrech a snižuje jeho hladinu v krvi (příznivě je ovlivněna i distribuce cholesterolu – klesá LDL – a stoupá HDL-cholesterol).
- Rakovina tlustého střeva – hlavním mechanismem je zřejmě zkrácení doby kontaktu potenciálních karcinogenů se sliznicí střeva (urychlení pasáže) a jejich vazba na vlákninu.
- *Diabetes mellitus* – vláknina zpomaluje vstřebávání glukózy ve střevě a snižuje nároky na sekreci inzulínu.
- Snižování tělesné hmotnosti – navození pocitu sytosti, zpomalené vstřebávání sacharidů a snížené vstřebávání lipidů.
- Příznivě ovlivňuje mikroflóru tlustého střeva – trávení vlákniny mikroflórou ovlivňuje metabolismus střevního epitelu, jater a periferních tkání, jejím působením dochází k odbourávání sacharidů.
- Příznivě ovlivňuje sliznici tlustého střeva – vláknina je substrátem pro tvorbu mastných kyselin s krátkým řetězcem (SCFA, propionát a butyrát) střevní mikroflórou. [11, 17]

Řadou výzkumů bylo zjištěno, že při konzumaci vyššího množství vlákniny se u populace výrazně snižuje riziko onemocnění a úmrtnosti. Zkoušela se řada přístupů k otestování hypotetických způsobů, jak by mohla vláknina přinést pozorované snížení rizika nemocí, včetně mnoha dobře navržených studií, které potvrzují přínos konzumace jídel bohatých na vlákninu jako např. glykemický index. Věřící se, že epitel střeva se kompletně obnoví novými buňkami každých několik dní (2-3 dny). [11]

1.7.1 Choroby z nedostatku vlákniny

Díky vzrůstajícímu počtu civilizačních chorob se začaly zkoumat a zjišťovat příčiny vzniku těchto onemocnění a tak byly zjištěny i choroby, u nichž se předpokládá vztah k nedostatku vlákniny. Jsou to poruchy žilní (křečové žíly dolních končetin, hluboká žilní trombóza, hemeroidy), metabolické choroby (především cukrovka a obezita), choroby sdružené s poruchami metabolismu cholesterolu – cholelitiáza (žlučové kameny), ischemická choroba srdeční, choroby tlustého střeva, nezhoubné (benigní) i zhoubné (maligní) nádory tlustého střeva a divertikulární choroba tlustého střeva. Také existují specifické

stavy onemocnění, které s výživou, respektive jejím typem, mohou úzce souviset, nebo je vyvolávat např. dna. Nedostatek vlákniny v potravě snižuje obsah stolice na polovinu až čtvrtinu, snižuje se frekvence vyprazdňování a vzniká zácpa. Rovněž dochází ke zvýšení tlaku ve střevech, což přispívá ke vzniku divertikulózy tlustého střeva a častějšímu vzniku zánětu slepého střeva. Absencí vlákniny nebo dalších lumenálních zdrojů, se bakterie sídlící ve střevě vrací do hlenu tlustého střeva jako zdroj energie. Bakterie vyžadují nezbytné enzymy k rozštěpení sacharidových vazeb různých polysacharidů, tímto vláknina ovlivňuje dynamiku mikrobiální populace. [1, 11]

Mezi velmi rozšířenou civilizační chorobu posledních desetiletí patří obezita. Toto onemocnění je charakteristické nadměrným množstvím tuku v těle a tedy i zvýšenou tělesnou hmotností a představuje velmi vážný zdravotně-sociální problém. K posouzení stavu výživy a stupně obezity existuje řada metod, z nichž se nejčastěji používá index tělesné hmotnosti BMI (body mass index), jehož hodnota většinou vzájemně souvisí i s množstvím tukové tkáně. Normální obsah tukové tkáně u mužů je 10 až 25 % tělesné hmotnosti a u žen 18 až 30 % tělesné hmotnosti, přičemž za obezitu se obvykle považuje vzestup množství tukové tkáně o více než 20 %. Hlavní příčinou obezity u většiny obézních lidí je dlouhodobý vysoký příjem potravy na rozdíl od spotřebované energie. Vzniklé přebytky energetických substrátů se pak ukládají v těle ve formě tuku a vzniká obezita. U zdravého jedince je řadou regulačních mechanismů perfektně udržována rovnováha mezi příjmem a výdejem energie, proto lze obezitu chápat jako poruchu regulace energetického metabolismu. [17]

K vnějším faktorům vedoucím ke vzniku obezity se řadí především nevhodný životní styl, špatné stravovací návyky, zvýšená konzumace alkoholu a pokles fyzické aktivity. Obézní lidé mohou trpět onemocněním pohybového aparátu, aterosklerózou, některými nádorovými onemocněními a může také vést ke zvýšené hladině cukru v krvi a vzniku závažné choroby *Diabetes mellitus*. Těmto onemocněním lze předejít jednak snížením energetického příjmu, omezením příjmu tuků a jednoduchých sacharidů a zvýšeným zastoupením nestravitelné vlákniny, která se podílí na navození pocitu sytosti a také současné zvýšení fyzické aktivity. Vláknina je jedním z významných faktorů prevence proti obezitě zejména tím, že zpomaluje vyprazdňování žaludku, zvyšuje pocit sytosti díky nutně delší době na rozžvýkání potravy, upravuje konzistenci stolice, zvyšuje její obsah a zrychluje pasáž střevem. Velmi vhodná je při redukčních dietách rozpustná i nerozpustná vláknina, díky níž dochází ke snížení energetické hodnoty potravy, především svojí zvýšenou viskozitou,

kteřá snižuje množství kontaktů s látkami obsažených ve střevech se střevní membránou a zpomaluje rychlost absorpce a snižuje kontakt potravy s trávicími enzymy. [6, 14, 17]

Další vážnou chorobou je ateroskleróza (kornatění tepen), která vzniká v důsledku ukládání tukových látek do stěn tepen, v první řadě cholesterolu, čímž dochází k přeměně cévní stěny. Ukládáním těchto tukových látek dochází k zúžení stěn tepen, snížení její pružnosti, což může omezit tok krve. To vede k nedostatečnému zásobování orgánů kyslíkem a dochází k jejich poškození. Ateroskleróza vede k řadě onemocnění, např. infarkt myokardu nebo cévní mozková příhoda. Je to proces, který je neodvolatelný (vyjadřuje určitou únavu a opotřebení kardiovaskulárního systému), ale je zřetelně ovlivnitelný životním stylem, především dodržováním zásad správné výživy zejména udržováním tělesné hmotnosti v rámci přijatelného BMI, sníženým příjmem čistých sacharidů (řepného cukru), soli, nasycených mastných kyselin (neutrálních tuků), dostatkem vitaminů, včetně adekvátní pohybové a duševní aktivity, může tento proces významně oddálit. Pozitivní vliv konzumace vlákniny na vznik a průběh aterosklerózy a jejich komplikací se vysvětluje ovlivněním metabolismu cholesterolu, působením na hladinu glukózy a inzulinu a snižováním obezity. Proto je působení vlákniny na lidský organizmus komplexní a netýká se jen zaživacího ústrojí. [1, 16]

Diabetes mellitus nebo také „cukrovka“ je komplexní metabolická porucha, která se projevuje zejména v oblasti metabolismu sacharidů, ale velmi významně zasahuje i do metabolismu tuků. Cukrovka je onemocnění podmíněné absolutním nebo relativním nedostatkem inzulinu, jehož důsledkem je hyperglykemie (zvýšené množství cukru v krvi) a glykosurie (přítomnost cukru v moči). Diabetes se dělí podle závislosti na inzulinu na typ I. a typ II. Inzulin je hormon, který aktivně transportuje glukózu do svalových buněk a tím udržuje hladinu krevního cukru v běžných hodnotách. *Diabetes mellitus* I. typu je způsoben nedostatkem inzulinu, jeho nedostatečnou či žádnou produkcí β -buňkami pankreatu a léčí se podáváním inzulinu. Příčinou vzniku *Diabetes mellitus* II. typu je nedostatek receptorů pro inzulin v cílových tkáních, kde je základem léčby diabetická dieta. [12, 17]

Diabetikům se obvykle doporučuje konzumace potravin bohatých na vlákninu, protože vláknina snižuje glykemickou odpověď na jídlo a tím i následně snižuje potřebu inzulinu. Tento účinek vykazují především nerozštěpné potraviny, kde je vláknina obsažená v buněčných stěnách a pokud není porušena přípravou nebo žvýkáním, chrání škrob, který je uvnitř buněk až do chvíle, kdy přijde do styku s fyzickou aktivitou žaludku nebo dokonce až s aktivitou mikroorganismů v tlustém střevě. Potraviny s nejodolnější buněčnou stě-

nou např. luštěniny, hrách, fazole, čočka atd. jsou tedy i potravinami s nejnižším glykemickým indexem. Pozitivní působení na hladinu krevního cukru vykazují i specifické složky vlákniny tzv. β -glukany, které se vyskytují hlavně v ovesných otrubách. β -glukany mohou významně ovlivnit látkovou výměnu především vysokou viskozitou. [15]

Příjem sacharidů při léčbě cukrovky by měl tvořit okolo 60 % celkového příjmu energie. Zejména se doporučují potraviny s obsahem vlákniny a pomalu resorbovatelnými sacharidy s nízkým glykemickým indexem. Glykemický index (GI; index cukru) udává, jak rychle může přecházet cukr do krve, tedy jak rychle se zvýší krevní cukr a posléze i jak silná bude produkce inzulínu. Cukry s glykemickým indexem mezi 30 a 50 přecházejí do krve pomalu, cukry jejichž GI je mezi 50 a 80 jsou absorbovány do krve pomaleji a cukry s vyšším GI než je 80 jsou do krve absorbovány rychle. Doporučený denní příjem vlákniny by se měl zvýšit až na 40 g za den. Rovněž by se měl omezit příjem ovoce, které vykazuje vysoký GI. Velmi účinná prevence *Diabetes mellitus* II. typu je zejména konzumace nerozpustné vlákniny např. v celozrnných produktech, která snižuje hladinu krevní glukózy a zvyšuje senzitivitu inzulínu, snižuje krevní tlak, snižuje LDL cholesterol a celkovou tělesnou hmotnost. [13, 17, 35]

1.8 Negativní účinky vlákniny na lidský organismus

U některých jedinců může vláknina potravy vyvolat také negativní účinky. Negativními účinky může být například nadýmání, zažívací potíže, dehydratace organismu a průjem při vyšších dávkách vlákniny (více než 50 g/den) a redukce příjmu minerálních látek a vitamínů. U vlákniny ovoce může být negativním účinkem vyšší obsah jednoduchých sacharidů, které mohou vyvolat zdravotní potíže především u diabetiků a u lidí trpících obezitou a rovněž bývá upozorňováno na možnosti interakce s některými léky. [17]

Názory řady odborníků se shodují na tom, že lze nepříznivý účinek stravy s vysokým obsahem vlákniny spíše předpokládat u populačních skupin, jejichž příjem minerálních látek je nízký a to zejména u osob v důchodovém věku. Nepřímým rizikem může být vláknina ve stravě skupin s nízkou energetickou potřebou, jako jsou malé děti nebo lidé důchodového věku, kde jejím působením může dojít ke ztrátě důležitých vitamínů a minerálních látek. Těchto negativních účinků se však nemusí obávat zdravé dospělé osoby, které běžně konzumují doporučené množství vlákniny ve stravě, což je 40 g až 50 g za den. Všichni odborníci, kteří se problematikou vlákniny zabývají, se shodli na tom, že případným nepříznivým účinkům vlákniny lze předejít i tím, že přijímaná strava bude obsahovat pestrý

sortiment potravin obsahující vlákninu jako svou přirozenou složku a nikoliv z vlákninových doplňků nebo potravin obohacovaných vlákninou. [29]

Dalším negativním účinkem vlákniny je rychlejší průchod tráveniny zažívacím traktem, čímž se snižuje její využitelnost. Se zvyšujícím se příjmem cereální vlákniny např. vysokou spotřebou otrub nebo ovesných vloček se zvyšují i hladiny kyseliny fytové a fytátů, které vážou do komplexů nevratně některé minerální prvky jako vápník, hořčík, železo a jiné, což vede ke snížení využití vápníku a železa, které může následně vyvolat např. osteoporózu, proto je velmi důležité při vysoké konzumaci vlákniny tyto prvky doplňovat. [21]

Příjem vlákniny je ve vyspělých zemích několikanásobně menší než je fyziologická potřeba organismu, proto je nutné zvýšit množství vlákniny v potravě především konzumací průmyslově nezpracovaných, nekoncentrovaných potravin jako jsou například obiloviny a celozrnné výrobky, zelenina, ovoce a luštěniny a současně také snížení příjmu cukrů, tuků, masných výrobků a bílého pečiva. [3]

2 METODY STANOVENÍ VLÁKNINY

Pro účely označování potravin našli analytici rychlé a spolehlivé metody kvantitativního stanovení frakcí celkové vlákniny v potravinách. Výzkumníci však dávají přednost metodám, které poskytují informace o hodnotách specifických individuálních frakcí a metodám, které dovolují separaci nepolysacharidových frakcí jako je lignin z celkového obsahu vlákniny. Stanovení vlákniny v potravinách je založeno na odstranění lipidů ze vzorku, na hydrolýze a solubilizaci ostatních složek (bílkovin, využitelných sacharidů atd.) a zvažení nerozpustného zbytku za podmínek metody. [6, 39]

2.1 Chemické degradativní metody stanovení vlákniny

Tyto chemické degradativní metody stanovení vlákniny se dělí do dvou skupin:

- **Hydrolytické metody** – používají kyseliny nebo kombinaci kyselin a alkálií za varu. Patří sem Henneberg-Stohmannova a její četné modifikace. Uvádí se, že tato metoda stanoví celulózu v podílu asi 85 – 90 % ze skutečného množství, lignin 40 – 70 % a část nerozpustné hemicelulózy asi 10 – 30 %. Výsledkem této metody je hrubá vláknina.
- **Oxidační metody** – při těchto metodách se používá varu s kyselinami např. dusičnou, trichloroctovou a octovou. Patří sem metody Scharrer-Kirschnerovy a jejich modifikací, při nichž se stanoví převážně jen celulóza. Od této metody bylo již upuštěno, protože u mnoha surovin poskytovala prokazatelně nižší výsledky oproti klasickému stanovení.

Z tohoto důvodu neodpovídají výsledky těchto metod obsahu vlákniny potravy, ale i přesto se ještě v některých případech pro tento účel používají. [6, 46]

2.2 Extrakční – detergentní metody stanovení vlákniny

Extrakční metody spíše známé jako detergentní jsou založeny na separaci a stanovení nerozpustných buněčných stěn a dalších částí po extrakci roztokem detergentu. Dělí se:

- **Extrakční metody s neutrálním roztokem detergentu (NDF – metoda)** – při použití neutrálního detergentu – pufovaného roztoku laurylsulfátu sodného – lze zjistit obsah celulózy, ligninu a nerozpustné hemicelulózy. U materiálů s vysokým obsahem škrobu zůstává část škrobu nerozpuštěna a způsobuje chybu stanovení.

- **Extrakční metody se směsí kyseliny a detergentního činidla (ADF - metoda)** – při extrakci směsí kyselin a detergentu – zředěné H_2SO_4 a cetyltrimetylamonium-bromidu – se stanoví jen celulóza a lignin. V USA je tato metoda oficiální metodou pro stanovení vlákniny v krmivech. U obilovin se dá použít jen pro takové materiály, ve kterých se nevyskytují rozpustné hemicelulózy a pektiny, proto není vhodná pro žitné výrobky. V případě, že materiál obsahuje pektin a popřípadě i tanin, částečně se to při této metodě promítne i ve výsledku. [6]

2.3 Biochemicko – degradativní a biochemicko – extrakční metody stanovení vlákniny

U těchto metod se používá kombinace enzymů a chemické hydrolyzy nebo enzymů a extrakce detergentem. Jsou to jediné metody, které plně odpovídají definici vlákniny potravy. U těchto metod se musí před samotným stanovením jednotlivých frakcí vlákniny potravy nejprve připravit vzorek tak, že na něj působí amylolytické a proteolytické enzymy k odstranění – rozpuštění škrobů a bílkovin v roztoku. Vlastní stanovení jednotlivých frakcí vlákniny potravy se pak provádí různým způsobem. Za jednu z těchto původních metod stanovení se může považovat metoda podle Southgatea, při které se po odstranění škrobu a bílkovin stanovují chemicky jednotlivé frakce vlákniny potravy. V současnosti je známa již celá řada modifikací těchto enzymových metod, které se liší použitím různých enzymů nebo vlastním stanovením zbylých nedegradovatelných složek vlákniny. Tyto metody se mohou dělit na metody stanovující jen nerozpustnou vlákninu, nebo metody stanovující současně rozpustnou i nerozpustnou vlákninu potravy. Doba působení enzymů je rozhodující pro dobu trvání rozboru. V případě použití enzymů se mohou použít různé kombinace stanovení jednotlivých frakcí vlákniny a také moderních analytických metod. [6]

3 METODY STANOVENÍ PEKTINU

U pektinových látek je možné stanovit pouze rozpustný pektin několika metodami. Stanovení se provádí gravimetricky, polarimetricky nebo spektrofotometricky po vyčištění vzorku a oddělení rušivých složek. [38, 47]

3.1 Stanovení pektinu srážením alkoholem

Jednou z metod využívající se pro stanovení pektinu je srážení pektinu s alkoholem. Této metody lze využít pro rychlé, avšak nepřesné stanovení pektinu v roztoku následujícím způsobem: k 25 ml pektinového roztoku se přidá 125 ml 95 % alkoholu, vznikne sraženina, která se vloží na odvážený filtr, důkladně se promyje, vysuší a zváží. Takto získaný pektin obsahuje i minerální látky a jiné příměsi. Pro zjištění minerálních látek se pektin po vysušení zpopelní a váha popela se odečte od váhy pektinu. Nevýhodou této metody je velmi obtížné získávání čistého pektinu a možné ztráty arabanu při čištění pektinu rozpuštěním a novým vysrážením. Rovněž může nastat odštěpení části methoxylových skupin. [38]

3.2 Stanovení pektinu podle Mehlitze

Touto metodou se může stanovit množství pektinu jak z ovoce čerstvého, tak i z ovoce sušeného. Nejprve se připraví průměrný vzorek čerstvého ovoce tak, že se z něho odstraní stopky, jádra, pecky, cizí příměsi a důkladně se rozmělní na kaši. Následně se z něj připraví čistý filtrát, který se použije ke stanovení pektinu. Při rozboru sušeného ovoce se nařeže na tenké plátky o tl. 2 – 3 mm, popřípadě se odstraní jádra, pecky a stopky a postupuje se stejně jako u ovoce čerstvého. Sušeného ovoce, které je bohaté na pektin, se použije méně, tak aby se vždy získal roztok v poměru 1 : 20. Pro rozbor se rozředí pektinové roztoky (extrakty, preparáty) v poměru 1 : 10. Při této metodě může dojít k chybnému výsledku tím, že se nemůže kontrolovat extrakce pektinu při vaření s vodou. Studiemi bylo zjištěno, že při stanovení pektinu v zelenině je množství stanoveného pektinu závislé na době vaření s vodou – čím déle trvá vaření, tím se více rozkládá protopektin. Proto se při stanovení pektinu v zelenině musí pro vzorek odvážit takové množství materiálu, aby se získalo 0,02 – 0,05 g pektanu vápenatého. [38]

3.3 Stanovení pektinu podle Normana

U stanovení pektinu dle Normana se materiál určený k rozboru nejprve vysuší a následně se extrahuje pomocí roztoku kyseliny šťavelové nebo šťavelanu amonného ve vodní lázni.

Vzniklý filtrát se opatrně koncentruje až do objemu 25 ml 95 % alkoholem okyseleným 5 – 6 kapkami koncentrované HCl na konečnou koncentraci minimálně 70 %. Takto získaná sraženina se filtruje okyseleným alkoholem až do úplného odstranění kyseliny šťavelové. Následně se vloží do baňky, kde se rozpustí varem s přidavkem 50 ml vody. V případě použití šťavelanu amonného se sraženina rozpouští zředěným čpavkem, aby se převedla volnou pektinovou kyselinu v amonnou sůl rozpustnou ve vodě. Vzniklý filtrát se smíchá s roztokem NaOH, kyselinou octovou a 11,1 % roztokem chloridu vápenatého. Přefiltrovaná sraženina se vysuší a zváží. Při extrakci roztokem šťavelanu amonného byly zjištěny vyšší výsledky, než při extrakci vodou, kde nedojde k úplnému rozložení protopektinu. Dalšími rozbory bylo zjištěno, že u produktů s vysokým obsahem kyselin, přispívají tyto kyseliny k úplnému rozložení protopektinu a proto zde lze použít extrakci jak vodou, tak i šťavelanem amonným. Při stanovení pektinu v málo kyselých produktech jako je např. zelenina a některé ovoce, v nichž je méně kyselin, k úplné hydrolýze protopektinu s horkou vodou nedochází. Z toho vyplývá, že u těchto produktů je lepší provádět extrakci roztokem šťavelanu amonného. [38]

3.4 Stanovení součástí pektinu

Pro co nejpřesnější složení pektinu a charakteristiku jeho vlastností je nutné kvantitativně stanovit i jeho jednotlivé složky především metylalkohol, araban a kyselinu galakturonovou. Pro stanovení těchto složek je nutné provést rozbory s čistým pektinem, proto je třeba ho nejdříve izolovat vysrážením alkoholem nebo jiným způsobem. [38]

PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo stanovení vlákniny a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny a zjištění případného vlivu obsahu pektinu ve vzorcích vlákniny na stanovení neutrálně-detergentní vlákniny a acido-detergentní vlákniny.

Bylo provedeno stanovení obsahu hrubé vlákniny (HV), neutrálně-detergentní vlákniny (NDF), acido-detergentní vlákniny (ADF), acido-detergentní vlákniny s korekcí (ADF K) a acido-detergentního ligninu (ADL) s použitím přístroje ANKOM 220 Fiber Analyzer a dále byl stanoven obsah pektinových látek pomocí spektrofotometrického přístroje Lambda 25 UV/Vis Systems.

Pro zjištění vlivu obsahu pektinových látek na hodnoty neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) a acido-detergentní vlákniny (ADF) bylo provedeno statistické vyhodnocení obsahu acido-detergentní vlákniny (ADF) a acido-detergentní vlákniny s korekcí (ADF K) jednak pomocí Studentova t-testu a pomocí korelační analýzy.

5 MATERIÁL A METODIKA

5.1 Použitý materiál

Pro stanovení byly použity komerční vzorky vlákniny zakoupené v prodejně se zdravou výživou. Názvy použitých vzorků vlákniny a jejich komerční označení jsou uvedeny v Tab. 4.

Tab. 4 Použité vzorky vlákniny pro stanovení složek vlákniny

vzorek vlákniny	komerční označení
mrkvová vláknina	ID 809 R - 20902
jablečná vláknina	AF12
jablečná vláknina	AF400
rýžová vláknina	100
bramborová vláknina	KF500
pšeničná vláknina – otruby	-
ovesné otruby, mleté	-

5.1.1 Mrkvová vláknina

Mrkvová vláknina absorbuje vodu v desetinásobném množství vzhledem ke své hmotnosti a tak dodává výrobku, v němž byla použita jemnou a hladkou texturu, má vysoký obsah potravní vlákniny – obvykle 90 % z celkové sušiny. U potravin, do nichž se přidává, zvyšuje dobu údržnosti v důsledku snižování aktivity vody. Mrkvová vláknina může být aplikována při výrobě nízkoenergetických druhů chleba s vysokým obsahem vlákniny, běžného pečiva, sušenek, sladkého, slaného i kořeněného trvanlivého pečiva a uplatnění našla i v masném průmyslu. [30]

5.1.2 Jablečná vláknina

Jablečná vláknina se získává ze sušených slupek jablek především vylisků (vedlejší produkt po lisování ovocných šťáv), které se po usušení namelou na hrubou a jemnou struktu-

ru. Tyto výlisky se používají k výrobě jablečného pektinu, dietní vlákniny a vlákninových dietetických preparátů a dalších podobných produktů. Patří mezi tzv. rozpustné vlákniny. Neobsahuje gluten ani kyselinu fytoovou, má relativně velký obsah nativního pektinu a rozpustné dietní vlákniny se zahušťujícími vlastnostmi. Jablečná vláknina obsahuje více než 60 % vlákniny a vzhledem ke svému složení má velmi příznivé účinky na lidský organismus. Její pravidelné užívání podporuje snižování hmotnosti při redukčních dietách, snižuje chuť k jídlu a prodlužuje dobu trávení potravy v žaludku, zvětšuje objem potravy, pomáhá štěpit tuky a podporuje látkovou výměnu. Často je kombinována v přípravcích na úpravu střevní činnosti či na podporu hubnutí s dalšími složkami např. s prebiotiky. Jablečná vláknina má výraznou, příjemně nasládlou chuť. Je možné ji přidat do jogurtů, müsli, obilných kaší, ale používá se i při výrobě pekárenských výrobků. Lze ji přidávat ke všem typům chleba a jemného pečiva. Ve směsích pro výrobu pekárenských výrobků doplňuje dostatečné množství přírodní vlákniny, kde maximální podíl v suché směsi nesmí překročit 10 %. Její jedinou nevýhodou je, že se nesmí kombinovat s některými sacharidy v potravě, což může vyvolat střevní potíže, jako je průjem nebo nadýmání. Svou specifickou barvou působí i jako barvivo. [32]

5.1.3 Rýžová vláknina

Rýžové zrno obsahuje 30 % celkové vlákniny potravy, 17 – 21 % bílkovin, tuky, kde 80 % tvoří nenasycené mastné kyseliny, sacharidy – hlavně škroby, vitaminy E, B1 a B3, hořčík a antioxidanty např. flavonoidy a karotenoidy. Protein obsažený v rýžové vláknině má jeden z nekomplexnějších aminokyselinových profilů v porovnání s ostatními obilovinami. Rýžová vláknina je vhodná jako bezlepková potravina, hypoalergenní a lépe stravitelná. Je vhodná pro celiaky, protože neobsahuje lepek. Používá se jako přídatek při výrobě pšeničného chleba, pečiva, koláčů aj. [33]

5.1.4 Bramborová vláknina

Bramborová vláknina je jednou z nejnovějších funkčních frakcí brambor, která se vyznačuje vysokou vazností vody a tuku. Bramborová vláknina se vyrábí sušením a rafinací surové vlákniny, získávané při výrobě bramborového škrobu. Přesným postupem, který nezahrnuje žádné chemické modifikace, se získá světle zabarvený přírodní produkt nevýrazné chuti, obsahující v sušině 70 – 75 % celkové potravní vlákniny, která je tvořena převážně nerozpustnou vlákninou. Bramborová vláknina je vhodná ke snadnému zvyšování obsahu

vlákniny v potravinářských výrobcích s deklarovaným zvýšeným obsahem vlákniny. Vy-
rábějí se různé druhy bramborové vlákniny, které se odlišují velikostí částic. Bramborová
vláknina je vysoce funkční ingredience, stabilní v širokém spektru výrobních podmínek, se
zlepšujícím účinkem pro řadu potravinářských výrobků. Její pórovitá struktura usnadňuje
zadržování vysokého množství vody, obvykle 9 g chladné vody (20 °C) nebo 14 g teplé
vody (90 °C) na gram vlákniny a vaznost tuku se pohybuje kolem 6 g oleje na gram
vlákniny. Při různých technologických podmínkách je bramborová vláknina stabilní. Na-
příklad v průběhu tepelného opracování jsou ztráty varem zredukovány na minimum.
Vláknina odolává střihovým silám, podmínkám zmrazování a rozmrazování a hodnotě pH
nižší než 4,0. Ve výrobcích jako jsou rajčatové kečupy a omáčky a v jiných tekutých po-
travinářských výrobcích zlepšuje vláknina texturu pulpy a v množství do 1 % může také
rajčatovou hmotu nahrazovat. Masné výrobky jako jsou vegetariánské masové analogy –
burgery nebo párky, mohou obsahovat až 6 % vlákniny, která zvyšuje pevnost masy, snižuje
její lepivost a zlepšuje tvarovatelnost. Díky bramborové vláknině mají finální výrobky
mnohem vyšší šťavnatost, vykazují lepší retenci tuku během výroby, snižují se u nich ztrá-
ty vařením a výrobky získávají vyšší stabilitu při zmrazování a rozmrazování. Dále se
bramborová vláknina využívá k výrobě nejrůznějších trvanlivých sušenek, moučníků a
pekařských výrobků. Bylo zjištěno, že bramborové krokety připravované smažením nebo
v mikrovlnné troubě uvolňují během zahřívání vnitřní vlhkost, která může způsobit po-
praskání výrobku, které znehodnocuje jeho vzhled. Ale po přidání bramborové vlákniny je
uvolňující vlhkost vlákninou okamžitě absorbována, čímž se předejde poškození vzhledu
povrchu. U pekárenských výrobků jako jsou chleba a muffiny, kde je zvýšená retence vlh-
kosti, zvyšuje životnost výrobku a také se přidáním vlákniny může snížit i obsah tuku. Na-
příklad biskvity a sušenky mají méně popraskaný povrch a ovocné náplně získají přidav-
kem bramborové vlákniny vyšší šťavnatost a lepší vzhled. [34]

5.1.5 Pšeničná vláknina

Při zpracování pšenice vznikají pšeničné otruby. Velkou část (43 %) pšeničných otrub tvo-
ří nerozpustná vláknina, která se skládá z celulózy, hemicelulózy a ligninu, látek, kvůli
kterým otruby mají tvrdou dřevnatou konzistenci. Z technologického hlediska je neroz-
pustná pšeničná vláknina důležitá především díky schopnosti tvorby trojrozměrné síťové
struktury, což je žádoucí pro konzistenci finálního výrobku. Různá velikost otrub má vliv
na schopnost vázat vodu – obvykle se pohybuje v rozmezí 5 – 8 g vody/g výrobku a lze je

použit jako přídavek do potravin s laxativním účinkem. Díky neutrální chuti neovlivňuje sensorické vlastnosti finálních výrobků. Pšeničná vláknina se přidává do různých potravin např. do těst pro výrobu chleba a dalšího pečiva, do celé řady masných výrobků a pro výrobu obilných kaší. [31]

5.1.6 Ovesná vláknina

Ovesná vláknina (rafinované ovesné otruby) obsahuje 98 % celkové vlákniny potravy, má světle žlutou barvu a neutrální chuť, proto může být použita pro obohacení potravin bez jejich změny organoleptických vlastností. Je vyráběna z ovesných otrub, které jsou tepelně upravovány pro dosažení hodnotné frakce dietní vlákniny v koncentrované a purifikované formě. Ovesné otruby jsou dobrým zdrojem celkové vlákniny potravy (24 – 32 %) a bílkovin a pomáhají doplňovat vlákninu do stravy, která je složená převážně z rafinovaných potravin. Obsahují směs rozpustné a nerozpustné vlákniny v poměru 1 : 1 cenné minerální látky a vitaminy především skupiny B. Ovesné otruby jsou velice chutné i v suchém stavu a lze je použít i do různých müsli a do pečiva, kterému dodají více vlákniny, čímž bude jejich obsah vlákniny srovnatelný s obsahem vlákniny v celozrnném pečivu. Přídavek vlákniny do jemného těsta pro přípravu koláčů, pájů apod. zlepšuje schopnost udržení čerstvosti pečiva bez jakéhokoliv ovlivnění chuti a zároveň také snižuje jeho kalorickou hodnotu. Dále se používají do cereálních tyčinek, do výrobků pro celiaky atp. [31]

5.2 Použité chemikálie, přístroje a pomůcky

5.2.1 Seznam použitých chemikálií

Stanovení hrubé vlákniny

- H_2SO_4 0,255 N (Penta, Ing. Švec, Chrudim)
- NaOH 0,313 N (Penta, Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- aceton (Penta, Ing. Švec, Chrudim)

Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

- neutrálně-detergentní činidlo (NDC – disodná sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný, hydrogenfosforečnan sodný – ANKOM Technology, New York)
- trietylglykol (ANKOM Technology, New York)
- laurylsulfát sodný – pH 7 (ANKOM Technology, New York)
- Na₂SO₃ (Lachema o. p. Brno)
- α – amyláza (ANKOM Technology, New York)
- aceton (Penta, Ing. Švec, Chrudim)

Stanovení acido-detergentní vlákniny

- H₂SO₄ - 96 % (Penta, Ing. Švec, Chrudim)
- cetyltrimethylamonium bromid (CTAB – ANKOM Technology, New York)
- aceton (Penta, Ing. Švec, Chrudim)

Stanovení acido-detergentní vlákniny s korekcí

- neutrálně-detergentní činidlo (NDC – disodná sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný, hydrogenfosforečnan sodný – ANKOM Technology, New York)
- trietylglykol (ANKOM Technology, New York)
- laurylsulfát sodný – pH 7 (ANKOM Technology, New York)
- Na₂SO₃ (Lachema o. p. Brno)
- α – amyláza (ANKOM Technology, New York)
- H₂SO₄ - 96 % (Penta, Ing. Švec, Chrudim)
- Cetyltrimethylamonium bromid (CTAB – ANKOM Technology, New York)
- aceton (Penta, Ing. Švec, Chrudim)

Stanovení acido-detergentního ligninu

- H₂SO₄ - 96 % (Penta, Ing. Švec, Chrudim)
- H₂SO₄ - 72 % (Penta, Ing. Švec, Chrudim)

- cetyltrimetylamonium bromid (CTAB – ANKOM Technology, New York)
- aceton (Penta, Ing. Švec, Chrudim)

Stanovení pektinu

- HCl - 0,2 M – 37 % (Penta, Ing. Švec, Chrudim)
- tetraboritan sodný – 0,01254 mol.l⁻¹ (Penta, Ing. Švec, Chrudim)
- H₂SO₄ – koncentrovaná (Penta, Ing. Švec, Chrudim)
- NaOH – 0,5 % roztok (Penta, Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- 3-hydroxybifenyl (Penta, Ing. Švec, Chrudim)

5.2.2 Seznam použitých přístrojů a pomůcek

Stanovení složek vlákniny

- Analyzátor ANKOM 220 Fiber Analyzer (ANKOM Technology, New York)
- Filtrační sáčky F 57 o velikosti pórů 50 μm (ANKOM Technology, New York)
- Impulzní svářečka sáčků KF-200H (O.K. SERVIS BioPro, Praha)
- Předvážky KERN KB 600-2610
- Analytické váhy Explorer Pro model EP 214 CM
- Sušárna Venticell 111 Comfort (BMT, Pardubice)
- Digestoř
- Elektrická muflová pec 018 LP (Elektrické pece Svoboda, ČR)
- Chladnička AFG F
- Varná konvice
- Exsikátor
- Porcelánové kelímky
- Kleště

- Filtrační papír
- Kádinky
- Odměrné baňky
- Pipety
- Skleněná tyčinka
- Míchadlo
- Pinzeta
- Popisovač textilií

Stanovení pektinu

- Spektrofotometr Lambda 25 UV/Vis Systems (PerkinElmer)
- Stolní počítač
- Kyvety
- Vodní lázeň s třepacím nástavcem Memmert
- Analytické váhy Explorer Pro model EP 214 CM
- Předvážky KERN KB 600-2610
- Elektrická muflová pec 018 LP
- Digestoř
- Elektrický vařič
- Erlenmayerovy baňky se zábrusem
- Odměrné baňky
- Kádinky
- Büchnerova nálevka
- Skleněná nálevka
- Filtrační papír 390
- Skleněná tyčinka

- Pipeta
- Zkumavky se zábrusem a uzávěrem
- Alobal
- Popisovač

5.3 Metodiky

5.3.1 Metodika stanovení jednotlivých frakcí vlákniny pomocí přístroje ANKOM 220 Fiber Analyzer

Pro analýzy jednotlivých složek vlákniny byl použit analyzátor ANKOM 220 Fiber Analyzer (Obr. 3) a pracovní postupy, které byly součástí manuálu (ANKOM Technology Method 2008) tohoto přístroje. Přístroj ANKOM 220 Fiber Analyzer se využívá ke stanovení hrubé vlákniny (HV), acido-detergentní vlákniny (ADF), neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) a acido-detergentního ligninu (ADL) ve všech rostlinných materiálech. Je snadno ovladatelný, přesný, odpovídá současným normám a přináší významné snížení pracnosti. Filtrační sáčky s přesně odváženým množstvím vzorku se zataví pomocí svářečky a vloží do závěsu po 3 kusech do každého oddílu. Závěs se vzorky se zatíží těžátkem a vloží do analyzátoru. Poté se analyzátor zalije 2 l vody s činidlem, pečlivě se uzavře a nastaví se teplota a doba, po kterou se vzorky rozpouští a filtrují. Když je proces dokončen, vypustí se lázeň vypouštěcím kohoutem a opatrně se analyzátor otevře. Maximální provozní teplota je 100°C. [40, 42]



Obr. 3 Analyzátor ANKOM 220 Fiber Analyzer [40]

5.3.1.1 Metodika stanovení hrubé vlákniny

Filtrační sáčky se vloží do kádinky s acetonem a pomocí pinzety se důkladně properou. Poté se filtrační sáčky nechají v digestoři odvětrat a uschnout. Popsané a suché filtrační sáčky se zváží se na analytických vahách a hmotnost prázdného sáčku se zaznamená (m_1). Do sáčků se naváží vždy po 1 g z každého vzorku a hmotnost navážky vzorku se zaznamená (m_2). Pomocí impulzní svářečky se sáčky svaří a vzorek uvnitř sáčku je rovnoměrně roztrpán. Jeden sáček se ponechá a zataví prázdný pro stanovení korekci. Mezitím se připraví pracovní roztoky: H_2SO_4 (0,255 N) v množství 14,2 g do 2 l destilované vody a roztok NaOH (0,313 N) 25 g také do 2 l destilované vody. Všechny sáčky se vzorky se umístí do zavěšovače po třech do jednoho oddílu. Zavěšovač se vzorky se zatíží závažím, které jej udržuje ponořené a vloží se do analyzátoru. Zkontroluje se, zda je uzavřený vypouštěcí kohout a nalije se roztok 0,255 N H_2SO_4 . Zapne se míchání (Agitation) a topení (Heat) na teplotu 100 °C a analyzátor se uzavře víkem s těsněním. Po 45 minutách se opatrně otevře vypouštěcí kohout a vypustí se horká H_2SO_4 , teprve potom se může otevřít víko analyzátoru. Vzorky v analyzátoru se třikrát po 5 minutách za stálého míchání proplachují horkou vodou. Znovu se uzavře vypouštěcí kohout a do analyzátoru se nalije roztok 0,313 N NaOH , analyzátor se opět důkladně uzavře a znovu se nechá 45 minut vařit. Poté se roztok opatrně vypustí otevřením vypouštěcího ventilu a vzorky se třikrát po 5 minutách za stálého míchání propláchnou horkou vodou. Na závěr se ještě prolijí studenou vodou pro ochlazení vzorků i nádoby. Zavěšovač se vytáhne z analyzátoru, vzorky se rozloží na filtrační papír a jemně se z nich vytlačí zbytek vody. Následně se vzorky přendají pinzetou do kádinky s acetonem, kde se nechají 3 minuty. Poté se sáčky vyjmou a rozloží do digestoře na filtrační papír, kde se nechají odvětrat. Mezitím se označí a zváží keramické kelímky, které se předem vyžihaly v muflové peci a hmotnost vyžihaného kelímku (m_K) se zaznamená. Odvětrané sáčky se vzorky se vloží do sušárny a při konstantní teplotě 105 °C se 2 hodiny suší. Po sušení se sáčky vloží do exsikátoru, nechají se 15-20 min. vychladnout a po vychladnutí se znovu zváží (m_3). Pak se vzorky vloží do vyžihaných keramických kelímků a v muflové peci se spálí při 550 °C po dobu 5 hodin. Následně se nechají zchladnout v exsikátoru a popel s kelímkem se zváží (m_4). Procentuální obsah hrubé vlákniny v sušině se vypočítá podle rovnice (5.1) a výpočet korekce dle rovnice (5.2) a (5.3).

Výpočet obsahu hrubé vlákniny v sušině (% v sušině):

$$V = \frac{(m_3 - m_1c_1) - (m_4 - m_1c_2)}{m_2} * 100 \quad (5.1)$$

Výpočet korekcí:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (5.2)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (5.3)$$

V – je obsah HV (%)

m₁ – hmotnost prázdného sáčku (g)

m₂ – hmotnost navážky vzorku (g)

m₃ – hmotnost vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolyze (g)

m_K – hmotnost vyžihaného kelímku (g)

m₄ – hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolyze (g)

c₁ – korekce hmotnosti sáčku po hydrolyze (g)

c₂ – korekce hmotnosti sáčku po spálení (g)

m_s – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolyze (g)

m_p – hmotnost popela sáčku (g)

5.3.1.2 Metodika stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Filtrační sáčky byly vloženy do kádinky s acetonem a důkladně proprány. Poté se sáčky v digestoři nechají odvětrat a uschnout. Suché a popsané filtrační sáčky se zvážily se na analytických vahách a hmotnost prázdného sáčku se zaznamenala (*m₁*). Do sáčků se navážily vzorky po 0,5 g a hmotnost navážky se zaznamenala (*m₂*). Sáčky se svařily impulzní svářečkou, vzorky se v nich roztřepáním rozvrstvíly po celé ploše. Jeden sáček se ponechal a zatavil prázdný pro stanovení korekcí. Poté se připraví pracovní roztok NDC – 120 g činidla a 20 ml trietylglykolu do 2 l destilované vody. Roztok musí mít pH = 6,9 – 7,1. Dále se připraví pracovní roztok neutrálního-detergentu (ND – laurylsulfát sodný v neut-

rálním prostředí) – do 1,7 l NDC se přidá 17 g Na₂SO₃ a 3,4 ml α – amylázy. Sáčky se vzorky se umístí do zavěšovače po třech do jednoho oddílu, zatíží závažím a vloží do analyzátoru. Přesvědčíme se, zda je uzavřený vypouštěcí kohout a vzorky se zalijí roztokem ND. Zapne se míchání (Agitation) a topení (Heat) na teplotu 100 °C a analyzátor se uzavře víkem s těsněním. Časovač se nastaví na 75 minut. Mezitím se označí a zváží vyžíhané keramické kelímky a hmotnost vyžíhaného kelímku (m_K) se zapíše. Po uplynutí času se opatrně otevře vypouštěcí kohout a vypustí se horký roztok z analyzátoru. Otevře se víko a uzavře vypouštěcí kohout. Připraví se 2 l asi 90 °C horké vody. 1 l horké vody se zalijí vzorky, přidají se 4 ml α – amylázy, dolijí se zbytkem horké vody a zapne se míchání na 3 – 5 minut. Toto se zopakuje ještě jednou a pak se sáčky se vzorky prolíjí studenou vodou. Vzorky se ze zavěšovače rozloží na filtrační papír a jemně se vymáčkájí, aby se odstranil zbytek vody. Pak se vzorky vymáčkájí v kádince s acetonem a rozloží do digestoře na filtrační papír, kde se nechají odvětrat. Odvětrané sáčky se vzorky se vloží do sušárny a při konstantní teplotě 105 °C se nechají 2 hodiny sušit. Po sušení se sáčky vloží do exsikátoru a nechají se 15 – 20 min. vychladnout. Po vychladnutí se znovu zváží (m_3). Pak se vzorky vloží do vyžíhaných keramických kelímků a v muflové peci se spálí při 550 °C po dobu 5 hodin. Nechají se vychladnout v exsikátoru a popel s kelímkem se zváží (m_4). Procentuální obsah neutrálně-detergentní vlákniny se vypočítá podle rovnice (5.4) a výpočet korekcí dle rovnice (5.5) a (5.6).

Výpočet obsahu neutrálně-detergentní vlákniny (%):

$$V = \frac{(m_3 - m_1c_1) - (m_4 - m_1c_2)}{m_2} * 100 \quad (5.4)$$

Výpočet korekcí:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (5.5)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (5.6)$$

V – je obsah NDF (%)

m_1 – hmotnost prázdného sáčku (g)

m_2 – hmotnost navážky vzorku (g)

m_3 – hmotnost vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolyze (g)

m_K – hmotnost vyžíhaného kelímku (g)

m_4 – hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolyze (g)

c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolyze (g)

c_2 – korekce hmotnosti sáčku po spálení (g)

m_s – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolyze (g)

m_P – hmotnost popela sáčku (g)

5.3.1.3 Metodika stanovení acido-detergentní vlákniny

Vyprané filtrační sáčky v acetonu se nechají odvětrat a uschnout v digestoři. Suché a popsané sáčky se zváží na analytických vahách a hmotnost prázdného sáčku se zaznamená (m_1). Naváží se 0,5 g vzorku do filtračního sáčku a hmotnost navážky vzorku se zaznamená (m_2). Poté se sáčky svaří impulzní svářečkou a poklepáním se vzorky v sáčku rozloží na celou plochu. Jeden prázdný sáček je zataven a bude použit pro stanovení korekcí. Připraví se pracovní roztoky. Roztok č. 1: (0,5 mol.l⁻¹) H₂SO₄ – 96 % v množství 55,4 ml do 2 l destilované vody a roztok č. 2: pracovní roztok acido-detergentu AD (FAD 20C) – (CTAB – Cetyltrimethylamonium bromid: 1 l roztoku č. 1 (0,5 mol.l⁻¹ H₂SO₄) a 20 g CTAB rozpust za mírného zahřívání. Všechny sáčky se umístí do zavěšovače po třech do jednoho oddílu, zatíží se závažím a umístí se do analyzátoru. Zkontroluje se, zda je uzavřený vypouštěcí kohout a zavěšovač se zalije roztokem AD v množství 1,7 l. Analyzátor se zavře a zapne se míchání (Agitation) a topení (Heat). Po 60 minutách se opatrně otevře vypouštěcí kohout a vypustí se horký roztok AD, poté se otevře víko analyzátoru. Vzorky se v analyzátoru prolijí horkou vodou o teplotě 90 °C a míchají 5 minut. Toto se opakuje ještě dvakrát. Po konečném propláchnutí se přidá ještě studená voda pro ochlazení. Vzorky se přesunou na filtrační papír a opatrně se z nich vytlačí zbytek vody. Sáčky se vloží do kádinky s acetonem, kde se nechají 3 minuty, pak se rozloží do digestoře na filtrační papír pro odvětrání. Během vaření se připraví, označí a zváží vyžíhané keramické kelímky a hmotnost vyžíhaného kelímku (m_K) se zapíše. Odvětrané sáčky se vloží do sušárny a suší se při konstantní teplotě 105 °C 2 hodiny. Po sušení se nechají v exsikátoru vychladnout a poté se znovu zváží (m_3). Zvážené vzorky se vloží do vyžíhaných keramických kelímků a v muflové peci se při 550 °C po dobu 5 hodin spálí. Po ochlazení v exsikátoru se zváží

(m_4). Procentuální obsah acido-detergentní vlákniny se vypočítá podle rovnice (5.7) a výpočet korekcí dle rovnice (5.8) a (5.9).

Výpočet obsahu acido-detergentní vlákniny (%):

$$V = \frac{(m_3 - m_1 c_1) - (m_4 - m_1 c_2)}{m_2} * 100 \quad (5.7)$$

Výpočet korekcí:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (5.8)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (5.9)$$

V – je obsah ADF (%)

m_1 – hmotnost prázdného sáčku (g)

m_2 – hmotnost navážky vzorku (g)

m_3 – hmotnost vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolyze (g)

m_K – hmotnost vyžihaného kelímku (g)

m_4 – hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolyze (g)

c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolyze (g)

c_2 – korekce hmotnosti sáčku po spálení (g)

m_s – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolyze (g)

m_p – hmotnost popela sáčku (g)

5.3.1.4 Metodika stanovení acido-detergentní vlákniny s korekcí

Filtrační sáčky se důkladně properou v kádince s acetonem. Poté se nechají v digestoři vysušit a odvětrat. Vysušené a popsané filtrační sáčky se zváží na analytických vahách a hmotnost prázdného sáčku se zaznamená (m_1). Do sáčků se naváží vzorky po 0,5 g a hmotnost navážky zapíšeme (m_2). Sáčky se svaří impulzní svářečkou a obsah se protřepe. Pro stanovení korekcí se nechá jeden sáček prázdný. Dále se připraví roztok NDC – 120 g činidla a 20 ml trietylenglykolu do 2 l destilované vody (roztok musí mít pH = 6,9 – 7,1) a

pracovní roztok neutrálního-detergentu ND (laurylsulfát sodný v neutrálním prostředí) – do 1,7 l NDC se přidá 17 g Na_2SO_3 a 3,4 ml α – amylázy. Sáčky se naskládají do zavěšovače a vloží do analyzátoru. Zkontroluje se, zda je uzavřený vypouštěcí kohout a vzorky se zalijí roztokem ND. Zapne se míchání (Agitation) a topení (Heat) na teplotu 75 °C a důkladně se uzavře víko s těsněním. Časovač se nastaví na 60 minut. Během tohoto procesu se označí a zváží vyžíhané keramické kelímky a hmotnosti vyžíhaných kelímků (m_K) se zaznamenají. Po 60 minutách se opatrně otevře vypouštěcí kohout a z analyzátoru se vypustí horký roztok. Otevře se víko a uzavře vypouštěcí kohout. Připraví se 2 l asi 90 °C horké vody. 1 l horké vody se zalijí vzorky, přidá se 4 ml α – amylázy a dolije se zbytkem horké vody. Poté se zapne míchání na 3 – 5 minut a celý postup se opakuje ještě jednou. Pak se připraví pracovní roztoky: Roztok č. 1: (0,5 mol.l⁻¹) H_2SO_4 – 96 % v množství 55,4 ml do 2 l destilované vody a roztok č. 2: pracovní roztok acido-detergentu AD (FAD 20C) – (CTAB – Cetyltrimetylamonium bromid: 1 l roztoku č. 1 (0,5 mol.l⁻¹ H_2SO_4) a 20 g CTAB rozpustit za mírného zahřívání. Z analyzátoru se vypustí horká voda s α – amylázou, uzavře se vypouštěcí kohout a zavěšovač se zalije roztokem AD v množství 1,7 l. Analyzátor se uzavře a zapne se míchání (Agitation) a topení (Heat). Po 60 minutách se opatrně vypustí horký roztok AD a otevře se víko analyzátoru. Zavěšovač se vzorky se třikrát prolíje horkou vodou o teplotě 90 °C a míchá vždy 5 minut. Nakonec se analyzátor propláchně studenou vodou pro ochlazení. Vzorky se přeloží na filtrační papír a vymačká se z nich zbytek vody. Pak se vymáchají v acetonu a rozloží do digestoře na filtrační papír, kde se nechají odvětrat. Poté se dají na 2 hodiny vysušit do sušárny při konstantní teplotě 105 °C. Po vysušení se nechají v exikátoru vychladnout a znovu se zváží (m_3). Vysušené a zvážené sáčky se spálí v muflové peci v keramických kelímcích při 550 °C po dobu 5 hodin. Nechají se vychladnout v exsikátoru a popel s kelímkem se zváží (m_4).

Výpočet obsahu acido-detergentní vlákniny s korekcí (%) byl proveden podle vzorců (5.7), (5.8), (5.9).

5.3.1.5 Metodika stanovení acido-detergentního ligninu

Filtrační sáčky vyprané v acetonu, vysušené a odvětrané v digestoři se označí a zváží na analytických vahách a hmotnost prázdného sáčku se zaznamená (m_1). Pak se naváží 0,5 g vzorku do filtračního sáčku a hmotnost navážky vzorku se znovu zaznamená (m_2). Zavařené sáčky s rovnoměrně rozloženými vzorky po celé ploše a jeden prázdný sáček pro stano-

vení korekcí se vloží do zavěšovače po třech do jednoho oddílu, zatíží se závažím a umístí se do analyzátoru. Do odměrné baňky se připraví pracovní roztoky. Roztok č. 1: 0,5 mol.l⁻¹ H₂SO₄ - 96 % v množství 55,4 ml do 2 l destilované vody, roztok č. 2: pracovní roztok acido-detergentu AD (FAD 20C) – (CTAB – Cetyltrimetylamonium bromid: 1 l roztoku č. 1 (0,5 mol.l⁻¹ H₂SO₄) a 20 g CTAB se rozpustí za mírného zahřívání a roztok č. 3: 1200 g H₂SO₄ 72 %. Prověří se, zda je uzavřený vypouštěcí kohout a zavěšovač se v analyzátoru zalije roztokem AD v množství 1,7 l a zavře se. Zapne se míchání (Agitation) a topení (Heat). Po uplynutí 60 minut se opatrně otevře vypouštěcí kohout, vypustí se horký roztok AD a otevře se víko analyzátoru. Vzorky se třikrát za sebou prolíjí za neustálého míchání horkou vodou o teplotě 90 °C. Každé míchání trvá 5 minut. Potom se přidá ještě studená voda pro ochlazení. Vzorky se přesunou na filtrační papír, opatrně se z nich vytlačí zbytek vody a hned se vloží do kádinky s acetonem, kde se nechají 3 minuty. Pak se rozloží do digestoře na filtrační papír a nechají se odvětrat. Během vaření se připraví, označí a zváží vyžíhané keramické kelímky a hmotnosti vyžíhaných kelímků (m_K) se poznačí. Odvětrané sáčky se vloží do sušárny a suší se při konstantní teplotě 105 °C 2 hodiny. Vysušené sáčky se dají do kádinky a zalijí H₂SO₄ 72 % tak, aby byly všechny ponořeny. Opatrně se asi 30x míchají po 30 minutových intervalech. Po 3 hodinách se slije H₂SO₄ a sáčky se důkladně propláchnou horkou vodou pro odstranění veškeré kyseliny. Zbývající voda se vymačká pomocí filtračního papíru. Pak se sáčky ponoří na 3 minuty do acetonu, následně se vyjmou a rozprostřou na filtrační papír v digestoři. Vysuší se v sušárně při 105 °C po dobu 2 hodin. Po vysušení se nechají v exsikátoru 15 – 20 min. vychladnout a znovu se zváží (m_3). Pak se vloží do vyžíhaných keramických kelímků a v muflové peci se při 550 °C po dobu 5 hodin spálí. Po ochlazení v exsikátoru se zváží (m_4). Procentuální obsah acido-detergentního ligninu se vypočítá podle rovnice (5.10) a výpočet korekcí dle rovnice (5.11) a (5.12).

Výpočet obsahu acido-detergentního ligninu (%):

$$V = \frac{(m_3 - m_1c_1) - (m_4 - m_1c_2)}{m_2} * 100 \quad (5.10)$$

Výpočet korekcí:

$$c_1 = \frac{m_S}{m_1} \quad (5.11)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (5.12)$$

V – je obsah ADL (%)

m_1 – hmotnost prázdného sáčku (g)

m_2 – hmotnost navážky vzorku (g)

m_3 – hmotnost vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolyze (g)

m_K – hmotnost vyžihaného kelímku (g)

m_4 – hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku s rezidui vzorku po hydrolyze (g)

c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolyze (g)

c_2 – korekce hmotnosti sáčku po spálení (g)

m_s – hmotnost vysušeného sáčku po hydrolyze (g)

m_p – hmotnost popela sáčku (g)

5.3.2 Metodika stanovení pektinu

Množství pektinu bylo stanoveno spektrofotometricky za použití přístroje LAMBDA 25 UV/Vis Systems (Obr. 4). Tento přístroj má rozsah vlnové délky od 190 do 1100 nm s přesností $\pm 0,1$ nm. [45]



Obr. 4 Spektrofotometr LAMBDA 25 UV/Vis Systems [45]

5.3.2.1 Metodika stanovení pektinu

Připraví se roztok 0,2 M HCl (37 %) v množství 33,4 a dolije se do 2 l do Erlenmayerovy baňky po rysku. Naváží se 1 g usušených vzorků s přesností na 0,001 g do malých Erlenmayerových baněk a také 1 g standardu pektinu. Baňky se vzorky se dolijí 100 ml připraveného roztoku 0,2 M HCl. Hrdla baněk se překryjí alobalem a dají se protřepat do vodní lázně s třepacím nástavcem při 80 °C na 60 – 80 minut. Mezitím se připraví do 100 ml odměrné baňky roztok $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ – 0,4783 g / 100 ml v koncentrované H_2SO_4 a nechá se pořádně rozpustit. Poté se připraví do 100 ml baňky roztok 0,5 % NaOH. Naváží se 3-hydroxybifenyl a doplní se po rysku roztokem 0,5 % NaOH. Po ukončení třepání za horka se hydrolyzát usušeného vzorku a také standardu pektinu zvlášť přefiltruje pomocí Büchnerovy nálevky s filtračním papírem 390. Filtr se důkladně promyje a kvantitativně se převede filtrát do 250 ml kádinky. Získaný filtrát v kádince se pak ještě jednou přefiltruje přes filtrační papír 390. Znovu se filtr důkladně promyje a kvantitativně se filtrát převede do další 250 ml kádinky. Pak se získaný filtrát převede do odměrné baňky o obsahu 500 ml a doplní destilovanou vodou po rysku. Získá se tak vzorek standardu pektinu (500 ml) a usušených vzorků (500 ml). Z těchto vzorků se odebere 5 ml, které se napipetují do 50 ml odměrných baněk a doplní se po rysku destilovanou vodou. Tím se získají 0,02 % ředěné roztoky standardu a vzorků. Do 9 zkumavek se zábrusem a uzávěrem se připraví kalibrační řada vzorků ze standardu o koncentraci 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, slepý vzorek a vzorek (Tab. 5). Do každé zkumavky se napipetuje 6 ml připraveného roztoku tetraboritanu sodného ($0,01254 \text{ mol/l}^{-1}$) a po uzavření se důkladně protřepe. Zkumavky s roztoky se vloží do kádinky s vodou a na elektrickém vařiči se 5 minut povaří. Poté se vyjmou a ochladí studenou vodou. Do zkumavek se přidá 3-hydroxybifenyl – 0,1 ml roztoku v prostředí 0,5 % NaOH a důkladně se protřepe. Po 20 minutovém stání se vzorky i standard postupně a opatrně přelije do kyvet, ve kterých se proměří na zařízení Lambda 25 UV/Vis Systems při 520 nm. Na spektrofotometru se nastaví vlnová délka 520 nm, spektrofotometr se vynuluje na blank, všechny vzorky se proměří a výsledky se zapíší. Po změření absorbance vůči slepému vzorku se vypočte koncentrace pektinových látek.

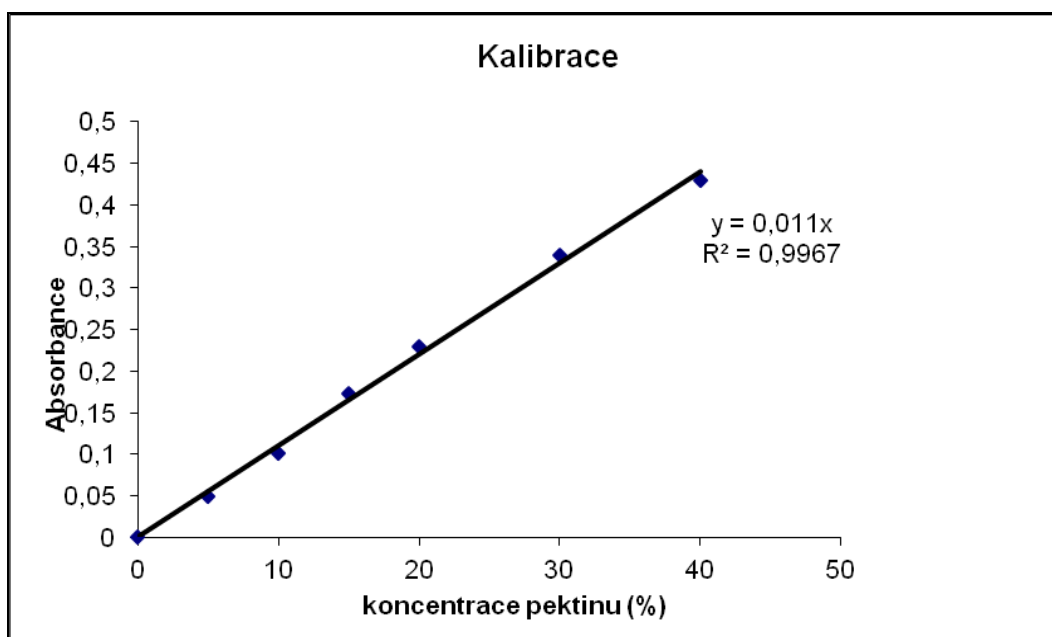
Tab. 5 Kalibrační řada roztoků

koncentrace	standard	destilovaná voda
5%	0,05 ml	0,95 ml
10%	0,10 ml	0,90 ml
15%	0,15 ml	0,85 ml
20%	0,20 ml	0,80 ml
30%	0,30 ml	0,70 ml
40%	0,40 ml	0,60 ml
50%	0,50 ml	0,50 ml
slepý vzorek	0 ml	1 ml
zkumavka se vzorkem	1 ml vzorku	

5.3.2.2 Stanovení kalibrační přímky

Absorpci záření lze měřit na přístrojích, které se nazývají absorpční spektrofotometry. Při spektrofotometrickém stanovení se obvykle pracuje srovnávacím způsobem, protože hodnota molárního absorpčního koeficientu stanovované látky při zvolené vlnové délce nebývá známá. Proto se měří vedle vzorku i standardní roztok. Podstatou kalibrace je schopnost molekul pohlcovat elektromagnetické záření pouze určitých vlnových délek, což je dáno tím, že mohou existovat v určitých kvantových stavech, které se liší obsahem energie. Z naměřené absorbance a vypočtené konstanty k pak lze vypočítat neznámou látkovou koncentraci vzorku. Pro zjištění koncentrace vzorku se použije tzv. metoda kalibrační křivky, při níž se změří absorbance několika kalibračních roztoků o různých koncentracích ve stejné kyvetě a při stejné vlnové délce. Tím se získá kalibrační křivka závislosti absorbance na koncentraci. Výslednou závislostí by měla být kalibrační přímka – přímka procházející počátkem, z níž se vyhodnocují koncentrace vzorků. Připraví se sada roztoků obsahující vedle stále stejného množství měřeného vzorku i různé známé přídavky standardního roztoku stanovované látky. Výchozím měřením je roztok vzorku bez přídavku standardního roztoku – odpovídá naměřené absorbanci. Do grafu se pak vynáší naměřené absorbance proti změnám koncentrace (rozdílům oproti koncentraci vzorku – Obr. 5). Ze směrnice k

získané závislosti a výchozí hodnoty absorbance se vypočítá koncentrace pektinu ve vzorku. [44]



Obr. 5 Graf kalibrační přímky pro stanovení pektinu

5.4 Statistické vyhodnocení výsledků

Získané hodnoty jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr včetně směrodatné odchylky. Pro výpočet aritmetického průměru a směrodatné odchylky se použil program Microsoft Office Excel (Redmond, WA, USA). Stanovení bylo u každého vzorku provedeno třikrát.

5.4.1 Studentův párový *t*-test

Studentův párový *t*-test na hladině významnosti $P < 0,05$ byl použit pro zjištění statisticky významného rozdílu obsahu ADF a ADF K za použití různých extrakčních metod. Statistické vyhodnocení bylo provedeno za použití programu Microsoft Office Excel (Redmond, WA, USA).

Pomocí Studentova párového *t*-testu se porovnávají data, která tvoří tzv. „spárované variační řady“ pocházející ze subjektů, které byly podrobeny dvěma měřeními. Provádí se tedy 2 měření u jednoho výběrového souboru. První měření se provede před aplikací pokusného zásahu a druhé měření se provede po aplikaci pokusného zásahu. Takto získané hodnoty tvoří páry a reprezentují při testování jak kontrolní, tak i pokusnou skupinu porovnávaných dat. V testu se vychází z rozdílů naměřených párových hodnot u srovnávaných variačních

řad. Testuje se hypotéza, že střední hodnota měření před pokusem a po pokuse se rovnají (neboli: rozdíl středních hodnot párových měření je nulový). Nejdříve se vypočtou rozdíly párových hodnot u výběrového souboru (n - počet párů) a ze zjištěných rozdílů se vypočte aritmetický průměr \bar{x} a směrodatná odchylka „ s “ (resp. rozptyl s^2).

$$t = \frac{|\bar{x}|}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}$$

Pak se vypočte testovací kritérium (statistika) t :

Pro vyhledání tabulkové kritické hodnoty se musí stanovit počet stupňů volnosti výběrového souboru: $\nu = n-1$ a zvolí se hladina významnosti α . Vypočtená statistika t se porovná s tabulkovou kritickou hodnotou $t_{1-\alpha/2}(\nu)$, kde $\nu = n-1$ a α se volí 0,05 nebo 0,01 (viz. Tabulky: Kvantily $t_{1-\alpha/2}(\nu)$ Studentova t -rozdělení):

- Je-li $t \leq t_{1-\alpha/2}(\nu) \Rightarrow$ statisticky **nevýznamný** rozdíl μ_1 a μ_2 při zvolené α .

(nulová hypotéza H_0 se nezamítá, to znamená že, střední hodnota měření před pokusem se neliší od střední hodnoty měření po pokusu).

Závěr: pokusný zásah byl neúčinný, protože nebyla ovlivněna střední hodnota měření provedeného po aplikaci zásahu ($p > 0,05$).

- Je-li $t > t_{1-\alpha/2}(\nu) \Rightarrow$ statisticky **významný** rozdíl μ_1 a μ_2 ($\alpha = 0,05$) nebo

statisticky **vysoce významný** rozdíl (při $\alpha = 0,01$)

(nulová hypotéza H_0 se zamítá, to znamená, že střední hodnota měření před pokusem se liší od střední hodnoty měření po pokusu).

Závěr: pokusný zásah byl účinný, protože způsobil změnu střední hodnoty u měření provedeného po aplikaci pokusného zásahu ve srovnání se střední hodnotou zjištěnou před aplikací zásahu ($p < 0,05$ resp. $p < 0,01$). [48]

5.4.2 Korelační analýza závislosti obsahu vlákniny na koncentraci pektinu

Hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu mezi obsahem pektinu a NDF, obsahem pektinu a ADF a obsahem ADF a ADF K byly získány statistickým programem QC Expert 3.3 (TriloByte Statistical Software, Pardubice, ČR) na hladině významnosti 5 %.

Korelace popisuje vliv změny úrovně jednoho znaku na změnu úrovně jiných znaků a platí pro kvantitativní (měřené) znaky. Korelace se dělí na tyto typy:

a) **podle počtu korelovaných znaků:**

- jednoduchá – popisuje vztah dvou znaků,
- mnohonásobná – popisuje vztahy více než dvou znaků,
- parciální – popisuje závislost dvou znaků ve vícerozměrném statistickém souboru při vyloučení vlivu ostatních znaků na tuto závislost.

b) **podle smyslu změny hodnot:**

- kladná – se zvyšováním hodnot jednoho znaku se zvyšují i hodnoty druhého znaku
- záporná – se zvyšováním hodnot jednoho znaku se zmenšují hodnoty druhého znaku

c) **podle tvaru závislosti:**

- přímková (lineární) – grafickým obrazem závislosti je přímka (lineární trend)
- křivková (nelineární) – grafickým obrazem závislosti je křivka (nelineární trend)

Počtem korelací se zabývá korelační a regresní analýza. Korelační analýza zjišťuje existenci závislosti a její druhy, měří těsnost závislosti a ověřuje hypotézy o statistické významnosti závislosti. Regresní analýza se zabývá vytvořením vhodného matematického modelu závislosti, stanoví parametry tohoto modelu a ověřuje hypotézy o vhodnosti a důležitých vlastnostech modelu. Pro jednoduchou korelaci se použije Pearsonův korelační koeficient, který vyjadřuje míru lineární stochastické závislosti mezi náhodnými veličinami X_i a X_j . Pearsonův korelační koeficient má tyto vlastnosti:

- je to bezrozměrná míra lineární korelace
- nabývá hodnoty 0 – 1 pro kladnou korelaci, 0 – (-1) pro zápornou korelaci
- hodnota 0 znamená, že mezi posuzovanými veličinami není žádný lineární vztah (může být nelineární) nebo tento vztah zůstal na základě dat, které jsou k dispozici, neprokázán
- hodnota 1 nebo (-1) indikuje funkční závislost

- hodnota korelačního koeficientu je stejná pro závislost x_1 na x_2 i pro opačnou závislost x_2 na x_1 [41]

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro stanovení jednotlivých frakcí vlákniny v komerčních vzorcích vlákniny bylo použito přístroje ANKOM 220 Fiber analyzer – uvedeno v kapitole 6.1 a pracovních postupů – uvedených v kapitole 5.3.1, které jsou součástí manuálu tohoto přístroje.

6.1 Stanovení hrubé vlákniny (HV) v komerčních vzorcích vlákniny

Hrubá vláknina obsahuje celulózu a lignin, je stanovena jako zbytek rostlinného materiálu získaný po dvoustupňové hydrolyze ve slabě kyselém prostředí kyseliny sírové a slabě zásaditém prostředí hydroxidu za přesně definovaných podmínek. Použité chemikálie pro stanovení HV jsou uvedeny v kapitole 5.2.1 a pracovní postup je uveden v kapitole 5.3.1.1. Zjištěné procentuální hodnoty obsahu hrubé vlákniny v analyzovaných vzorcích vlákniny jsou uvedeny v Tab. 6 a graficky znázorněny jsou na Obr. 6.

Tab. 6 Obsahy hrubé vlákniny (HV) v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$)

vzorek vlákniny	komerční označení	HV (%)
		$\bar{x} \pm S.D.$
mrkvová vláknina	ID 809	25,7 ± 0,1
jablečná vláknina	AF 12	15,7 ± 0,2
jablečná vláknina	AF 400	16,2 ± 0,1
rýžová vláknina	100	13,0 ± 0,1
bramborová vláknina	KF 500	19,6 ± 0,0
pšeničná vláknina – otruby	-	12,7 ± 0,4
ovesné otruby, mleté	-	3,7 ± 0,1

Provedenou analýzou byly zjištěny obsahy hrubé vlákniny v jednotlivých vzorcích vlákniny v rozmezí od 3,7 – 25,7 %. Nejvyšší obsah hrubé vlákniny byl stanoven ve vzorku mrkvové vlákniny a nejnižší obsah hrubé vlákniny byl naměřen u vzorku ovesné otruby, mleté. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou HV ve vzorcích vlákniny byl výrazný a činil 22 %. Hrubá vláknina má obecně nízkou vypovídající schopnost o kvalitě vlákniny,

jejíž příčinou jsou ztráty některých nestravitelných složek. Jedná se především o rozpuštění ligninu v alkáliích.



Obr. 6 Obsahy hrubé vlákniny v komerčních vzorcích vlákniny

6.2 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) v komerčních vzorcích vlákniny

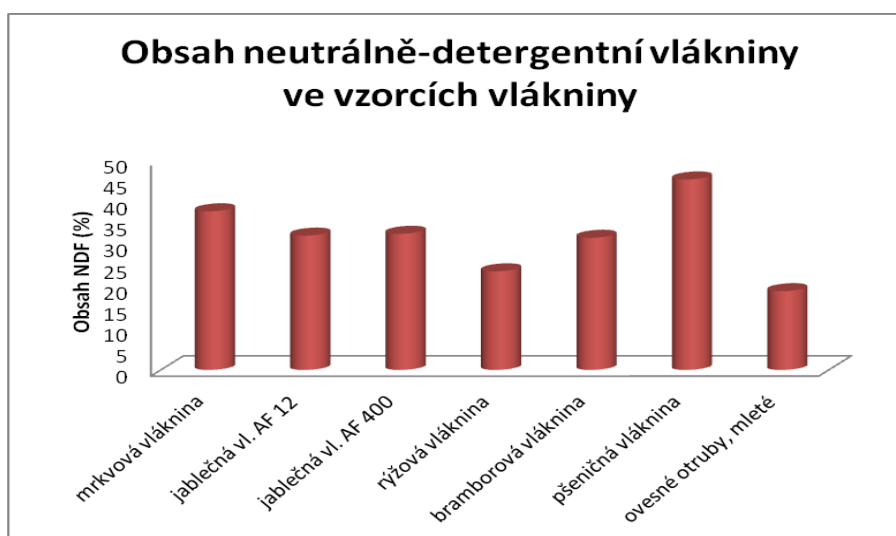
Neutrálně-detergentní vláknina zahrnuje celulózu, lignin a nerozpustné hemicelulózy, které jsou díky nerozpustnosti ve vodě a stabilitou v neutrálním prostředí zachycovány téměř kvantitativně. NDF byla stanovena izolací po hydrolýze v prostředí roztoku pufru při pH 7 a laurylsulfátu sodného za definovaných podmínek. Pro stanovení NDF byly použity chemikálie uvedené v kapitole 5.2.1 a pracovní postup uvedený v kapitole 5.3.1.2. Procentuální obsahy NDF v analyzovaných vzorcích vlákniny jsou uvedeny v Tab. 7 a graficky jsou znázorněny na Obr. 7.

Analýzou byly zjištěny obsahy neutrálně-detergentní vlákniny ve vzorcích v rozmezí od 18,8 – 45,4 %. Nejvyšší obsah NDF vykazoval vzorek otrub pšeničné vlákniny a nejnižší obsah NDF byl zjištěn u vzorku vlákniny – mletých ovesných otrub. Mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou NDF ve vzorcích byl výrazný rozdíl, který činil 26,6 %. Dle zdroje [49] byl vysoký podíl NDF u vzorku pšeničné vlákniny z otrub ovlivněný přítom-

ností otrub (částice obalu zrna), jejichž velkou část (až 53 %) tvoří nerozpustné složky vlákniny (celulóza, hemicelulózy a lignin), které jsou v neutrálním prostředí stabilní. Zjištěné hodnoty NDF ve vzorcích komerční vlákniny byly výrazně vyšší než zjištěné hodnoty u HV. Podle zdroje [50] byly při stanovení HV a NDF u vzorků z totožných materiálů často zjištěny vyšší hodnoty obsahu NDF, zejména u obilovin, které mají vysoký obsah hemicelulózy. Z výsledných hodnot stanovení NDF ve vzorcích vlákniny bylo zjištěno nejvyšší množství ze všech analyzovaných složek vlákniny.

Tab. 7 Obsahy NDF v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$)

vzorek vlákniny	komerční označení	NDF (%)
		$\bar{x} \pm S.D.$
mrkvová vláknina	ID 809	37,8 ± 1,5
jablečná vláknina	AF 12	32,0 ± 0,1
jablečná vláknina	AF 400	32,4 ± 0,4
rýžová vláknina	100	23,5 ± 0,3
bramborová vláknina	KF 500	31,5 ± 0,3
pšeničná vláknina – otruby	-	45,4 ± 0,0
ovesné otruby, mleté	-	18,8 ± 0,1



Obr. 7 Obsahy NDF v komerčních vzorcích vlákniny

6.3 Stanovení acido-detergentní vlákniny (ADF) a acido-detergentní vlákniny s korekcí na obsah pektinových látek (ADF K)

6.3.1 Acido-detergentní vláknina (ADF) v komerčních vzorcích vlákniny

Acido-detergentní vlákninu tvoří celulóza a lignin. ADF byla stanovena izolací po kyselé hydrolyze reagenční směsí cetyltrimetylamonium bromidu v roztoku kyseliny sírové za definovaných podmínek. Ke stanovení ADF se použily chemikálie uvedené v kapitole 5.2.1 a pracovní postup uvedený v kapitole 5.3.1.3. Naměřené procentuální hodnoty obsahu ADF ve zkoumaných vzorcích vlákniny jsou uvedeny v Tab. 8 a graficky znázorněny na Obr. 8.

Stanovením bylo zjištěno množství acido-detergentní vlákniny ve vzorcích, které se pohybovalo v rozmezí od 9,5 – 33,7 %. Nejvyšší hodnotu obsahu ADF vykazoval vzorek mrkvové vlákniny a nejnižší obsah ADF byl zaznamenán u vzorku mletých ovesných otrub. Mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou ADF ve vzorcích byl zjištěn výrazný rozdíl činící 24,2 %. U všech analyzovaných vzorků vlákniny byly zjištěny nižší hodnoty obsahu ADF ve srovnání s hodnotami NDF.

Tab. 8 Obsahy ADF v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$)

vzorek vlákniny	komerční označení	ADF (%)
		$\bar{x} \pm S.D.$
mrkvová vláknina	ID 809	33,7 ± 0,0
jablečná vláknina	AF 12	26,9 ± 0,0
jablečná vláknina	AF 400	28,1 ± 0,1
rýžová vláknina	100	19,1 ± 1,6
bramborová vláknina	KF 500	28,5 ± 0,3
pšeničná vláknina – otruby	-	14,5 ± 0,1
ovesné otruby, mleté	-	9,5 ± 0,7

6.3.2 Acido-detergentní vláknina s korekcí na obsah pektinových látek (ADF K) v komerčních vzorcích vlákniny

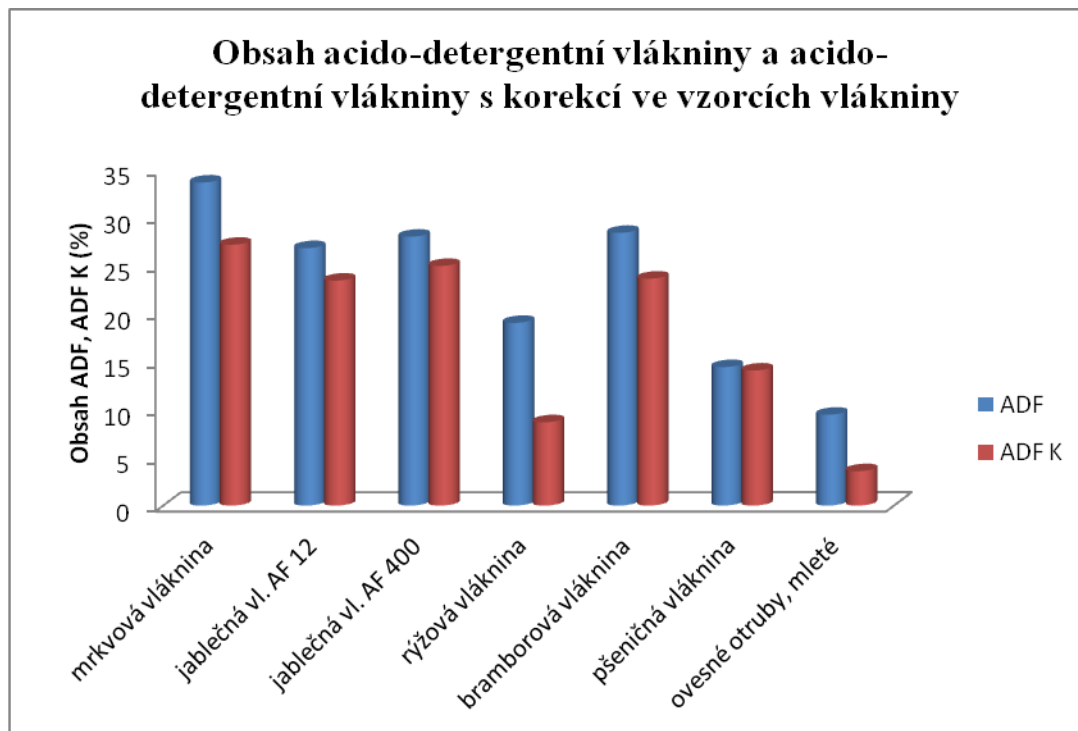
Acido-detergentní vláknina s korekcí byla stanovena pomocí hydrolýzy vzorků neutrálním detergentem laurylsulfátem sodným a následnou hydrolýzou kyselým detergentem cetyltrimetylamonium bromidu v roztoku kyseliny sírové za definovaných podmínek. U stanovení ADF K byly použity chemikálie uvedené v kapitole 5.2.1 a pracovní postup uvedený v kapitole 5.3.1.4. V Tab. 9 jsou uvedeny procentuální hodnoty obsahu ADF K v analyzovaných vzorcích vlákniny a na Obr. 8 jsou graficky znázorněny.

Tab. 9 Obsahy ADF K v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$)

vzorek vlákniny	komerční označení	ADF K (%)
		$\bar{x} \pm S.D.$
mrkvová vláknina	ID 809	27,2 ± 0,6
jablečná vláknina	AF 12	23,5 ± 0,2
jablečná vláknina	AF 400	25,0 ± 0,2
rýžová vláknina	100	8,7 ± 0,3
bramborová vláknina	KF 500	23,7 ± 0,1
pšeničná vláknina – otruby	-	14,1 ± 0,1
ovesné otruby, mleté	-	3,6 ± 0,3

Ve vzorcích podrobených analýze byly zjištěny obsahy ADF K v rozmezí od 3,6 – 27,2 %. Nejvyšší obsah ADF K byl zjištěn u vzorku mrkvové vlákniny a nejnižší obsah ADF K byl naměřen u vzorku mletých ovesných otrub. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou ADF K činil 23,6 %. Provedenou analýzou byly zjištěny vyšší hodnoty u ADF. Podle zdroje [50] byl rozdíl hodnot způsoben použitou metodou, při které došlo u ADF K k rozpuštění pektinových látek vlivem působení neutrálního detergentu, vyšší hodnoty u ADF byly způsobeny přítomností pektinových látek, které jsou v kyselém detergentu stálé. Nejvyšší rozdíl 10,4 % byl naměřen u vzorku rýžové vlákniny, která vykazovala nejnižší podíl pektinových látek. Tento rozdíl však mohl být způsoben složením hemicelulóz. Literární zdroj [51] uvádí, že hemicelulózy z rýžových obalových vrstev jsou složeny ze sacha-

ridů arabinózy (až 24 %), xylózy (až 32 %) a pektinových látek (10 %), které jsou rozpustné v alkalickém prostředí a tudíž v případě ADF K mohly být ze vzorku odstraněny hydrolyzou laurylsulfátem sodným. Nejnižší rozdíl 0,4 % byl zjištěn u otrub pšeničné vlákniny.



Obr. 8 Srovnání obsahů ADF a ADF K v komerčních vzorcích vlákniny

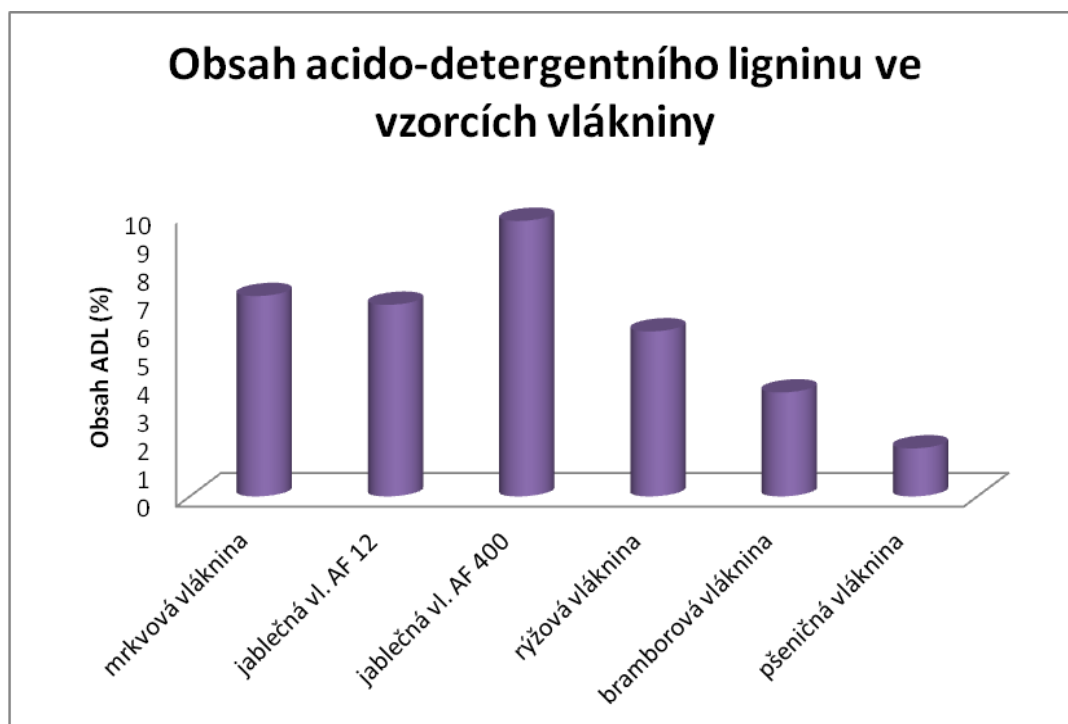
6.4 Stanovení acido-detergentního ligninu (ADL) v komerčních vzorcích

Acido-detergentní lignin zahrnuje pouze jednu složku nerozpustné vlákniny, kterou je lignin. Množství ligninu se zjistí po hydrolyze ADF, tak že nám zde zůstane jako nerozpustný zbytek. Pro stanovení ADL byly použity chemikálie uvedené v kapitole 5.2.1 a pracovní postup uvedený v kapitole 5.3.1.5. Zjištěné procentuální hodnoty obsahu ADL ve vzorcích vlákniny jsou uvedeny v Tab. 10 a graficky znázorněny na Obr. 9.

Analýzou byly ve vzorcích zjištěny obsahy acido-detergentního ligninu v rozmezí od 1,7 – 9,8 %. Nejvyšší obsah ADL vykazoval vzorek jablečné vlákniny s komerčním označením AF 400 a nejnižší obsah ADL byl zjištěn u vzorku otrub pšeničné vlákniny. Mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou hodnotou ADL ve vzorcích vlákniny byl výrazný rozdíl, který činil 8,1 %. Vzorek vlákniny mletých ovesných otrub nevykazoval žádný obsah ligninu. Touto analýzou byly ve vzorcích zjištěny nejnižší obsahy ze všech stanovených složek vlákniny.

Tab. 10 Obsahy ADL v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$)

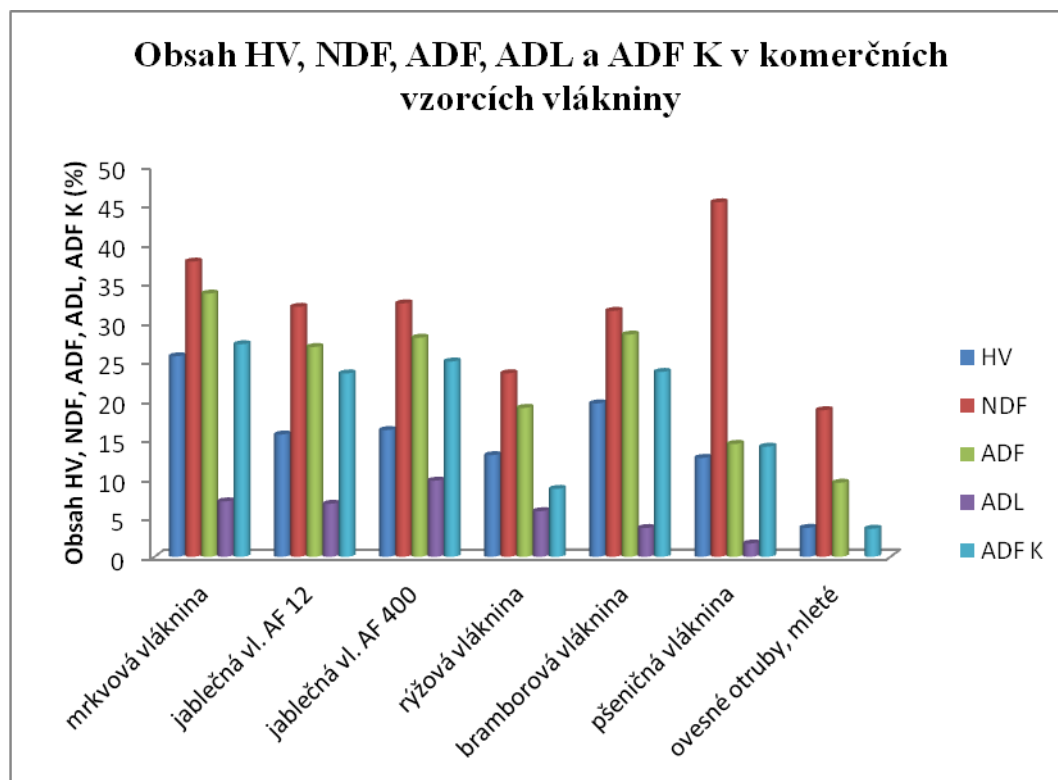
vzorek vlákniny	komerční označení	ADL (%)
		$\bar{x} \pm S.D.$
mrkvová vláknina	ID 809	7,1 ± 2,3
jablečná vláknina	AF 12	6,8 ± 3,1
jablečná vláknina	AF 400	9,8 ± 0,5
rýžová vláknina	100	5,8 ± 0,5
bramborová vláknina	KF 500	3,7 ± 0,6
pšeničná vláknina – otruby	-	1,7 ± 0,5
ovesné otruby, mleté	-	-



Obr. 9 Obsahy ADL v komerčních vzorcích vlákniny

Naměřené procentuální hodnoty obsahu HV, NDF, ADF, ADF K a ADL ve vzorcích komerční vlákniny jsou graficky znázorněny na Obr. 10. Z grafu vyplývá, že jednotlivé složky vlákniny byly ve vzorcích vlákniny zastoupeny v různém množství. Z výsledných hod-

not stanovení vlákniny, byl zjištěn nejvyšší obsah u NDF a ADF ze všech analyzovaných složek vlákniny. U ADF K se ve změřeném obsahu projevilo odstranění pektinových látek, případně dalších látek rozpustných v neutrálním detergentu. Nejnižší množství ze všech stanovených složek ve vzorcích vlákniny vykazoval ADL.



Obr. 10 Srovnání obsahů HV, NDF, ADF, ADL a ADF K v komerčních vzorcích vlákniny

6.5 Stanovení pektinu v komerčních vzorcích vlákniny

Stanovení obsahu pektinu v komerčních vzorcích vlákniny bylo provedeno podle metody uvedené v kapitole 5.3.2 za použití chemikálií uvedených v kapitole 5.2.1 a následného proměření absorbance spektrofotometrem Lambda 25 UV/Vis při 520 nm – uvedeno v kapitole 5.3.2. Výsledky byly vyhodnoceny pomocí kalibrační přímky – uvedeno v kapitole 5.3.2.2. Procentuální obsah pektinu v jednotlivých analyzovaných vzorcích vlákniny je uveden v Tab. 11 a graficky je znázorněn na Obr. 11.

V jednotlivých vzorcích vlákniny bylo zjištěno množství pektinu, které se pohybovalo v rozmezí od 3,8 – 22,6 %. Nejvyššího procentuálního obsahu pektinu bylo dosaženo u vzorku mrkvové vlákniny a nejnižší procentuální obsah pektinu byl zjištěn u vzorku otrub

pšeničné vlákniny. Mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou obsahu pektinu ve vzorcích vlákniny byl zjištěn výrazný rozdíl, který činil 18,8 %.

Tab. 11 Obsahy pektinu v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$)

vzorek vlákniny	komerční označení	Pektin (%)
		$\bar{x} \pm S.D.$
mrkvová vláknina	ID 809	22,6 ± 0,7
jablečná vláknina	AF 12	15,3 ± 0,7
jablečná vláknina	AF 400	18,4 ± 1,5
bramborová vláknina	KF 500	11,6 ± 0,4
pšeničná vláknina – otruby	-	3,8 ± 0,3
ovesné otruby, mleté	-	5,4 ± 0,4



Obr. 11 Obsahy pektinu v komerčních vzorcích vlákniny

6.6 Statistické vyhodnocení vlivu pektinu na obsah vláknin NDF a ADF

6.6.1 Statistické vyhodnocení obsahů ADF a ADF K pomocí Studentova t-testu

Statistické vyhodnocení obsahů ADF a ADF K bylo provedeno pomocí párového Studentova t-testu - uvedené v kapitole 5.4.1 a pomocí korelační analýzy – uvedené v kapitole 5.4.2.

Tab. 12 Obsahy ADF a ADF K v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$)

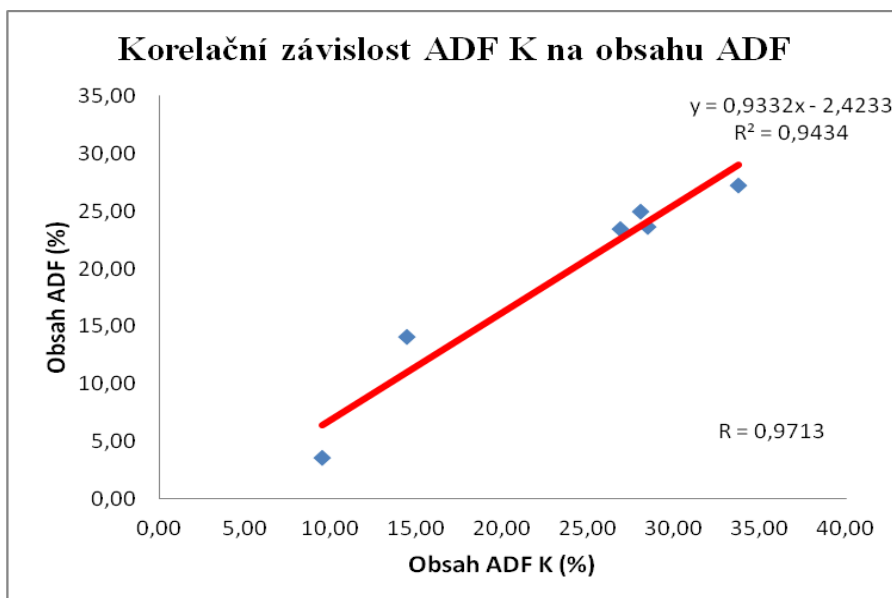
vzorek vlákniny	komerční označení	ADF (%)	ADF K (%)
		$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
mrkvová vláknina	ID 809	33,7 ^a ± 0,0	27,2 ^b ± 0,6
jablečná vláknina	AF 12	26,9 ^a ± 0,0	23,5 ^b ± 0,2
jablečná vláknina	AF 400	28,1 ^a ± 0,1	25,0 ^b ± 0,2
rýžová vláknina	100	19,1 ^a ± 1,6	8,7 ^b ± 0,3
bramborová vláknina	KF 500	28,5 ^a ± 0,3	23,7 ^b ± 0,1
pšeničná vláknina – otruby	-	14,5 ^a ± 0,1	14,1 ^a ± 0,1
ovesné otruby, mleté	-	9,5 ^a ± 0,7	3,6 ^b ± 0,3

Rozdílné indexy *a*, *b* značí statisticky významný rozdíl, stejné indexy *a*, *a* vyjadřují statisticky nevýznamný rozdíl.

Zjištěné procentuální hodnoty na hladině 95 % byly po odstranění pektinových látek statisticky významné – označeno rozdílnými indexy *a*, *b* s výjimkou otrub pšeničné vlákniny, kde statistickou nevýznamnost značí stejné indexy *a*, *a* (Tab. 12).

6.6.2 Statistické vyhodnocení obsahů ADF a ADF K pomocí korelační analýzy

Pro jednoduchou korelaci byl použit Pearsonův korelační koeficient – nabývá hodnoty 0 – 1 pro kladnou korelaci, 0 – (-1) pro zápornou korelaci. Zjištěná hodnota Pearsonova korelačního koeficientu $R = 0,9713$ svědčí o pozitivní korelaci obsahu ADF a ADF K zjištěné modifikovanou metodou po odstranění pektinových látek. Na Obr. 12 je uvedena korelační závislost.



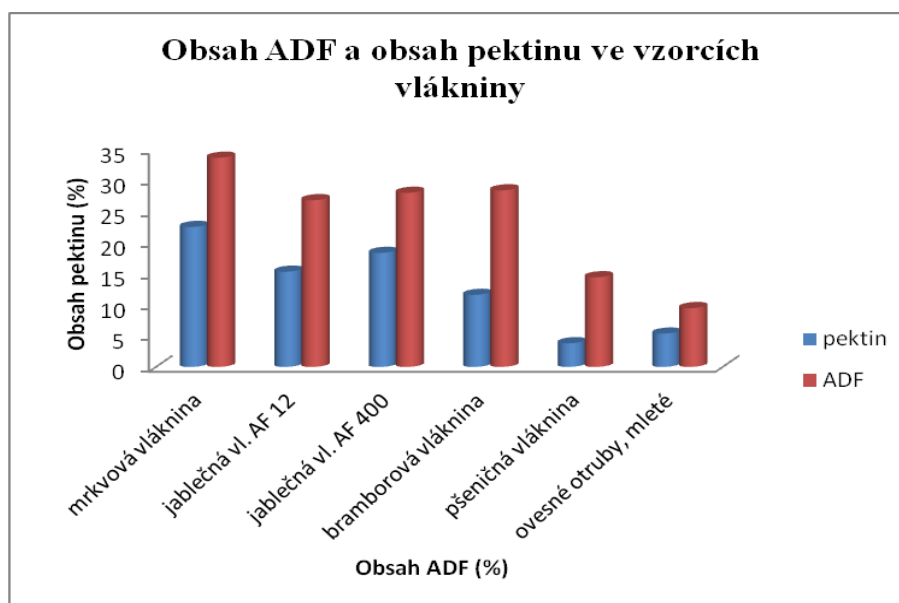
Obr. 12 Korelační závislost obsahu ADF K a ADF na obsahu pektinových látek

6.6.3 Korelační analýza vlivu pektinu na obsah ADF a NDF

Statistické vyhodnocení korelační závislosti ADF na obsahu pektinu a korelační závislosti NDF na obsahu pektinu bylo provedeno pomocí korelační analýzy dle metodiky uvedené v kapitole 5.4.2.

6.6.3.1 Statistické vyhodnocení vlivu pektinu na obsah ADF

Na Obr. 13 jsou uvedeny obsahy ADF a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny.

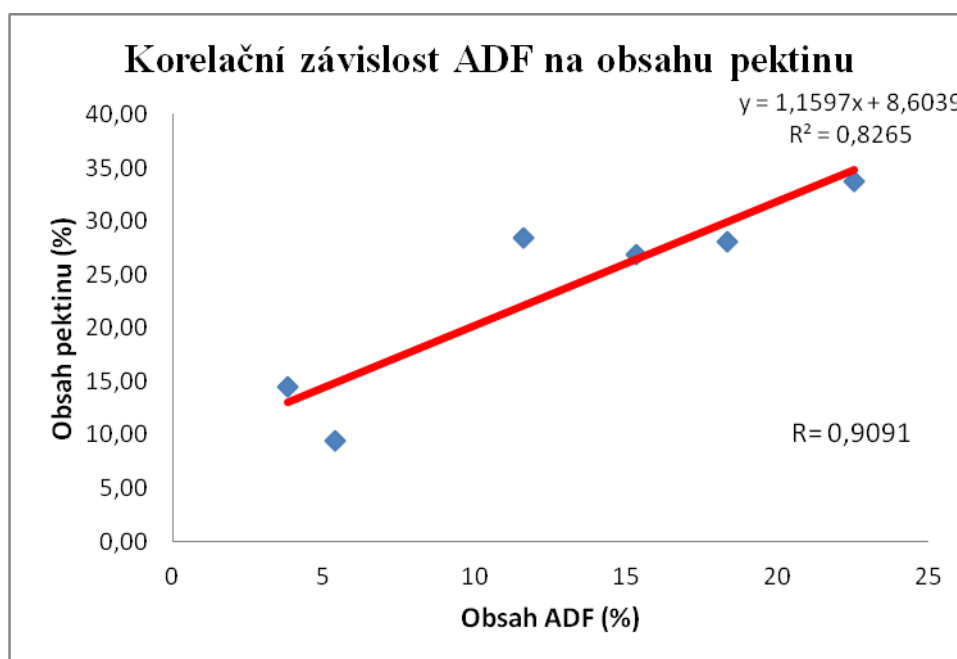


Obr. 13 Obsahy ADF a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny

Statisticky byl zjištěn vliv obsahu pektinu na hodnoty ADF (Tab. 13) pomocí korelační analýzy (Obr. 14). Podíl pektinových látek může způsobit zvýšení zjištěných hodnot ADF.

Tab. 13 Obsahy pektinu a ADF v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$)

vzorek vlákniny	komerční označení	Pektin (%)	ADF (%)
		$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
mrkvová vláknina	ID 809	22,6 ± 0,7	33,7 ± 0,0
jablečná vláknina	AF 12	15,3 ± 0,7	26,9 ± 0,0
jablečná vláknina	AF 400	18,4 ± 1,5	28,1 ± 0,1
bramborová vláknina	KF 500	11,6 ± 0,4	28,5 ± 0,3
pšeničná vláknina – otruby	-	3,8 ± 0,3	14,5 ± 0,1
ovesné otruby, mleté	-	5,4 ± 0,4	9,5 ± 0,7



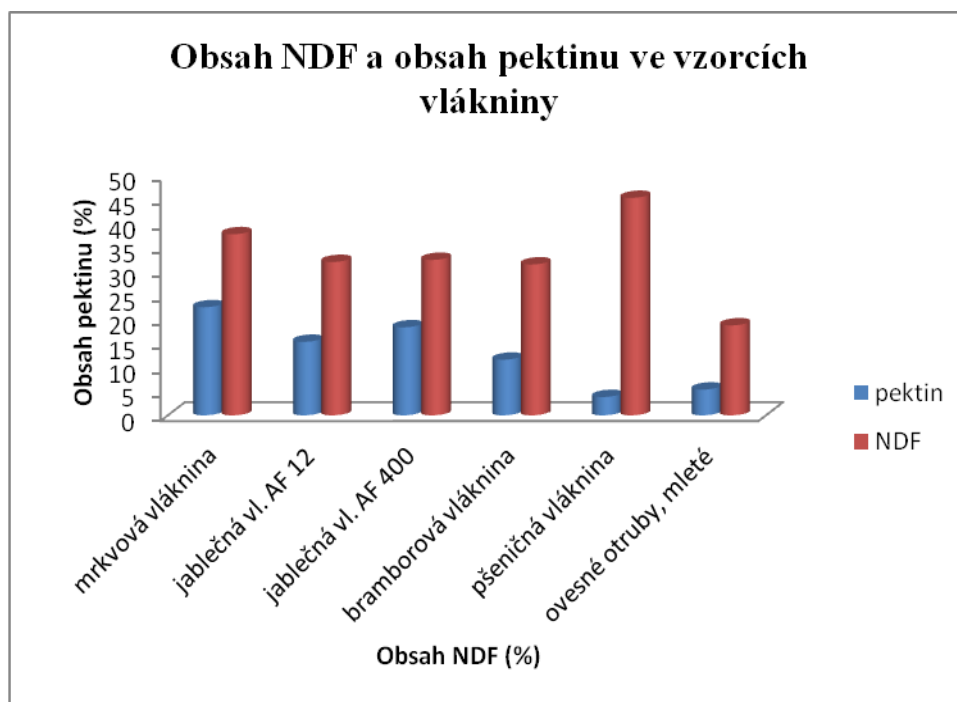
Obr. 14 Korelační závislost hodnot ADF na obsahu pektinu

Pro jednoduchou korelaci byl použit Pearsonův korelační koeficient – nabývá hodnoty 0 – 1 pro kladnou korelaci, 0 – (-1) pro zápornou korelaci. Hodnota Pearsonova korelačního koeficientu $R = 0,9091$ svědčí o pozitivní korelaci obsahu pektinu na ADF. Se zvyšujícím

se obsahem pektinu se zvyšuje i obsah ADF. Korelační závislost ADF na obsahu pektinu je graficky znázorněna na Obr. 14.

6.6.3.2 Statistické vyhodnocení vlivu pektinu na obsah NDF

Na Obr. 15 jsou uvedeny obsahy NDF a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny.



Obr. 15 Obsahy NDF a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny

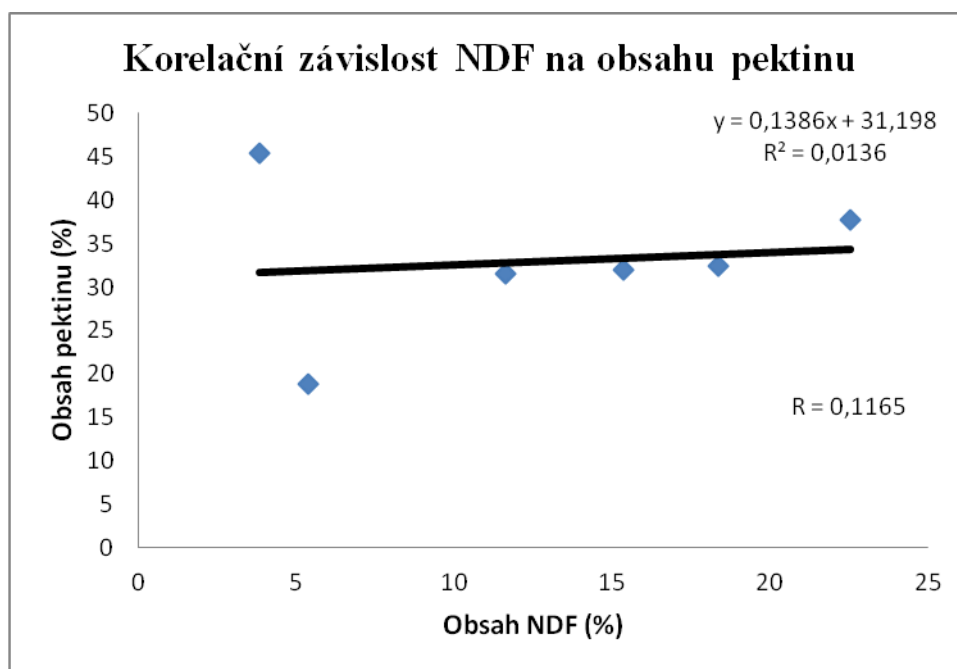
Statistické vyhodnocení vlivu pektinu na obsah NDF bylo provedeno pomocí korelační analýzy dle metodiky uvedené v kapitole 5.4.2.

Zjištěné hodnoty mezi obsahem pektinu a NDF nebyly statisticky významné (Tab. 14).

Pro jednoduchou korelaci byl použit Pearsonův korelační koeficient – nabývá hodnoty 0 – 1 pro kladnou korelaci, 0 – (-1) pro zápornou korelaci. Hodnota Pearsonova korelačního koeficientu $R = 0,1165$ mezi obsahem pektinu a NDF není statisticky významná. Korelační závislost NDF na obsahu pektinu je graficky znázorněna na (Obr. 16).

Tab. 14 Obsahy pektinu a NDF v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$)

vzorek vlákniny	komerční označení	Pektin (%)	NDF (%)
		$\bar{x} \pm S.D.$	$\bar{x} \pm S.D.$
mrkvová vláknina	ID 809	22,6 \pm 0,7	37,8 \pm 1,5
jablečná vláknina	AF 12	15,3 \pm 0,7	32,0 \pm 0,1
jablečná vláknina	AF 400	18,4 \pm 1,5	32,4 \pm 0,4
bramborová vláknina	KF 500	11,6 \pm 0,4	31,5 \pm 0,3
pšeničná vláknina – otruby	-	3,8 \pm 0,3	45,4 \pm 0,0
ovesné otruby, mleté	-	5,4 \pm 0,4	18,8 \pm 0,1



Obr. 16 Korelační závislost hodnot NDF na obsahu pektinu

Touto statistickou analýzou bylo zjištěno, že hodnota Pearsonova koeficientu není statisticky významná mezi obsahem pektinu a NDF, z čehož vyplývá, že stanovení NDF není obsahem pektinových látek ovlivněno.

ZÁVĚR

Vláknina je důležitou součástí potravy. Především díky svým prospěšným fyziologickým účinkům má pro lidský organizmus velký význam, což bylo prokázáno řadou výzkumů. K těmto prospěšným účinkům vlákniny patří například – snižování celkového krevního cholesterolu, snižování krevní hladiny LDL cholesterolu, snižování krevní glukózy nebo hladiny krevního inzulínu, zkracování doby průchodu potravy střevy, zvyšování objemu stolice, vázání škodlivých a karcinogenních látek, pozitivní působení na řadu civilizačních onemocnění a mnoho dalších. Proto je nutné vlákninu zařadit do každodenních jídelníčků.

Vláknina byla stanovena ve vzorcích komerční vlákniny, které jsou určeny buď pro přímý konzum, nebo jako doplněk v průmyslově zpracovávaných potravinách. Jednotlivé složky vlákniny se stanovily pomocí přístroje ANKOM 220 Fiber Analyzer za přesně definovaných podmínek. Hrubou vlákninu (HV) tvoří celulóza a lignin a je stanovena jako zbytek materiálu rostlinného původu získaný po dvoustupňové hydrolýze ve slabě kyselém prostředí kyseliny sírové a slabě zásaditém prostředí hydroxidu. Neutrálně-detergentní vláknina (NDF) obsahuje celulózu, lignin a nerozpustné hemicelulózy a stanoví se jako zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv izolovaných po hydrolýze v prostředí roztoku pufru při pH 7 a laurylsulfátu sodného. Acido-detergentní vláknina (ADF) zahrnuje celulózu a lignin, stanoví se izolací po kyselé hydrolýze reagenční směsí cetyltrimetylamonium bromidu v roztoku kyseliny sírové. Acido-detergentní vláknina s korekcí (ADF K) byla stanovena pomocí hydrolýzy vzorků neutrálním detergentem laurylsulfátem sodným a následnou hydrolýzou kyselým detergentem cetyltrimetylamonium bromidem v roztoku kyseliny sírové. Acido-detergentní lignin (ADL) zahrnuje jen jednu složku nerozpustné vlákniny – lignin, který se stanoví po hydrolýze acido-detergentní vlákniny roztokem kyseliny sírové.

Z výsledných hodnot stanovení bylo v komerčních vzorcích vlákniny zjištěno nejvyšší množství složky NDF ze všech analyzovaných složek vlákniny. Stanovené hodnoty NDF v komerčních vzorcích vlákniny byly výrazně vyšší než zjištěné hodnoty u HV. Hrubá vláknina má obecně nízkou vypovídající schopnost o kvalitě vlákniny, jejíž příčinou jsou ztráty některých nestravitelných složek. Jedná se především o rozpuštění ligninu v alkáliích. U všech analyzovaných komerčních vzorků vlákniny byly zjištěny nižší hodnoty obsahu ADF ve srovnání s hodnotami NDF. U stanovení ADF K byly provedenou analýzou zjištěny vyšší hodnoty u ADF. Vyšší hodnoty u ADF byly způsobeny přítomností pektinových látek, které jsou v kyselém detergentu stálé. Nejvyšší rozdíl 10,4 % byl namě-

řen u vzorku rýžové vlákniny, která vykazovala nejnižší podíl pektinových látek. Tento rozdíl však mohl být způsoben složením hemicelulóz rýžových obalových vrstev složených ze sacharidů (arabinózy, xylózy), které mohou být stále v alkalickém prostředí a tudíž v případě ADF K mohly být ze vzorku odstraněny hydrolyzou laurylsulfátem sodným. U stanovení složky ADL byly v komerčních vzorcích vlákniny zjištěny nejnižší obsahy ze všech stanovených složek vlákniny. Použitou analýzou bylo zjištěno nejvyšší množství HV ve vzorku mrkvové vlákniny (25,7 %), nejvíce NDF obsahoval vzorek vlákniny mletých ovesných otrub (45,4 %), což bylo způsobeno množstvím otrub (částic obalu zrna) ve vzorku vlákniny, které tvoří celulóza, hemicelulózy a lignin. Nejvyšší množství ADF bylo naměřeno ve vzorku mrkvové vlákniny (33,7 %), u stanovení ADF K byl nejvyšší obsah zjištěn rovněž u vzorku mrkvové vlákniny (27,2 %) a u stanovení ADL vykazoval nejvyšší množství ligninu vzorek jablečné vlákniny (9,8 %) s komerčním označením AF 400.

Stanovení obsahu pektinu v komerčních vzorcích vlákniny bylo provedeno za přesně definovaných podmínek. Koncentrace pektinových látek byly proměřeny pomocí spektrofotometru Lambda 25 při 520 nm a výsledky byly vyhodnoceny pomocí kalibrační křivky. Provedenou analýzou bylo zjištěno nejvyššího obsahu pektinových látek ve vzorku mrkvové vlákniny (22,6 %).

Vyhodnocení obsahů ADF a ADF K v komerčních vzorcích vlákniny bylo provedeno statisticky pomocí párového Studentova t -testu a pomocí korelační analýzy. Pomocí Studentova t -testu se zjišťovala statistická významnost na hladině 95 % rozdílu obsahu ADF a ADF K v komerčních vzorcích vlákniny za použití různých extrakčních metod. Touto metodou bylo zjištěno, že naměřené hodnoty byly po odstranění pektinových látek statisticky významné s výjimkou otrub pšeničné vlákniny, kde zjištěné hodnoty vykazovaly statistickou nevýznamnost. U statistického vyhodnocení obsahů ADF a ADF K pomocí korelační analýzy byla zjištěna kladná hodnota Pearsonova korelačního koeficientu $R = 0,9713$ svědčící o pozitivní korelaci obsahu ADF a ADF K po odstranění pektinových látek. Podobně byla u ADF zjištěna kladná hodnota Pearsonova korelačního koeficientu $R = 0,9091$ svědčící o pozitivní korelaci obsahu pektinu na ADF. Z toho vyplývá, že se zvyšujícím se obsahem pektinových látek se zvyšuje i obsah ADF. U NDF byla zjištěna hodnota Pearsonova korelačního koeficientu $R = 0,1165$ což znamená, že nebyla zjištěna statisticky významná korelace mezi obsahem pektinu a NDF.

Závěrem lze konstatovat, že stanovení jednotlivých složek vlákniny pomocí analyzátoru ANKOM 220 Fiber Analyzer je vhodné, díky jednoduchému použití a rychlému provede-

ní. U metody pro stanovení ADF je nutná korekce z důvodu pozitivní korelace jejího obsahu vlivem přítomnosti pektinu, který je rozpustný v neutrálním detergentu, kdežto v kyselém prostředí je stálý.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] STRATIL, P. *Výživou za zdravím*. Brno: Vzorná TJ VŠZ v Brně, 1987, č.j. 370044586
- [2] *Definice vláknina a její vliv pro naše zdraví* [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z www: <http://www.chempoint.cz/definice-vlkniny-a-jeji-vyznam-pro-nase-zdravi>
- [3] ŠIMKO, M., Z. ČEREŠŇÁKOVÁ, D. BÍRO, M. CHRENKOVÁ, J. KOPČEKOVÁ, M. JURÁČEK, B. GÁLIK. *Sacharidy vo výžive prežívavcov*. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2010, ISBN 978-80-552-0337-9
- [4] MIŠURCOVÁ, L. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*. UTB Zlín, 2009, ISBN 978-7318-874-0, s. 44
- [5] KOVÁČIKOVÁ, E., A. VOJTAŠŠÁKOVÁ, J. MOSNÁČKOVÁ, J. PASTOROVÁ, K. HOLÍČKOVÁ, E. SIMONOVÁ, M. KOŠICKÁ. *Vláknina v potravinách*. 1. vyd. Bratislava: Výzkumný ústav potravinářský, 2003, ISBN 80-9088-27-9
- [6] BENEŠOVÁ, L. a kolektiv. *Potravinářství 91*. Praha: Středisko potravinářských informací Výzkumného ústavu potravinářského, 1991, ISBN 80-85120-26-7
- [7] *Historie vlákniny ve 20. století* [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z www: <http://www.zdravastreva.cz/page/68151.historie-vlkniny-ve-20-stoleti/>
- [8] *Report of the U.S. Delegate, 31st Session, Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses* [online]. [cit. 2015-02-28]. Dostupné z www: http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/international-affairs/us-codex-alimentarius/recent-delegation-reports/delegate-report-31st-session-ccnfsdu/CT_Index
- [9] *Úřední věstník Evropské unie: SMĚRNICE KOMISE 2008/100/ES, L 285/9* [online]. [cit. 2015-02-28]. Dostupné z www: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:285:0009:0012:CS:PDF>
- [10] *Informační centrum bezpečnosti potravin Ministerstva zemědělství České republiky* [online]. [cit. 2015-02-28]. Dostupné z www: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/nova-definice-vlkniny-ve-smernici-es.aspx>

- [11] BROWNLEE, I. A. *The physiological roles of dietary fibre*. Food Hydrocolloids, 2011, 25, 238-250
- [12] MOUREK, J. *Fyziologie*. Praha: Grada, 2005, ISBN 80-247-1190-7
- [13] KONOPKA, P. *Sportovní výživa*. České Budějovice: Kopp, 2004, ISBN 80-7232-228-1. s. 125
- [14] STRNADELOVÁ, V., J. ZERZÁN. *Radost z jídla 6. Vydání*. Olomouc: Anag, 2011, ISBN 978-80-7263-704-1
- [15] GUILLON, F., M. CHAMP. *Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology*. Food Research International, 2000, 33, 233-245
- [16] BEŇO, I. *Náuka o výživě*. Martin: Osveta, 2001, 145s. ISBN 978-80-8063-294-6
- [17] HOLEČEK, M. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada, 2006, ISBN 80-247-1562-7
- [18] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I. 2.vyd.* Tábor: Osis, 2002, ISBN 80-86659-00-3
- [19] HRABĚ, J., F. BUŇKA., I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu pro kombinované studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, ISBN 978-80-7318-520-6
- [20] LEHOCKÝ, M., V. PAVLÍNEK. *Sylabus přednášek – Výroba a vlastnosti obalů – Papír a papírové obaly*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2015
- [21] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004, ISBN 80-7157-811-8
- [22] VALÁŠEK, P., *Chemie potravin Distanční text*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007
- [23] KULICOVÁ, D. a kolektiv. *Nauka o poživatinách I. Vydání*. Martin: Osveta, 2001, ISBN 80-8063-165-4
- [24] ŠÁRKA, E., P. SMRČKOVÁ., L. SEILEROVÁ. *Rezistentní a pomalu stravitelný škrob*. VŠCHT v Praze, *Chemické listy*, 2013, 107, 929-935
- [25] PEŠEK, M. *Potravinářské zbožíznalství*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2000, ISBN 80-7040-399-3
- [26] MATTHEWS, K., S. G. PRATT. *Superpotraviny I. vydání*. Praha: Ikar, 2005, ISBN 80-249-0473-X

- [27] *Sadarství – chemické složení jablek* [online]. [cit. 2015-02-28]. Dostupné z [www: http://www.sadarstvi.cz/chemicke-slozeni-jablek/](http://www.sadarstvi.cz/chemicke-slozeni-jablek/)
- [28] *HEALTH LINK – doplňky stravy* [online]. [cit. 2015-03-18]. Dostupné z [www: http://www.healthlink.cz/pro-dukty/doplanky-stravy/](http://www.healthlink.cz/pro-dukty/doplanky-stravy/)
- [29] HEJDA, S. *Vláknina pro zdravé i nemocné*. Praha: Ikar, 1994, ISBN
- [30] *Kodexový seznam metod pro stanovení vlákniny* [online]. [cit. 2015-03-24]. Dostupné z [www: http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=0&ch=13&typ=1&val=2486](http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=0&ch=13&typ=1&val=2486)
- [31] *Pšeničné otruby* [online]. [cit. 2015-03-24]. Dostupné z [www: http://www.countrylife.cz/otruby-psenicne-200-g-country-life](http://www.countrylife.cz/otruby-psenicne-200-g-country-life)
- [32] *Jablečná vláknina* [online]. [cit. 2015-03-24]. Dostupné z [www: http://www.celostnimedicina.cz/jablecna-vlaknina-oblibeny-pomocnik-priboji-snadvahou.htm#ixzz3UrWqlatZ](http://www.celostnimedicina.cz/jablecna-vlaknina-oblibeny-pomocnik-priboji-snadvahou.htm#ixzz3UrWqlatZ)
- [33] *Rýžová vláknina* [online]. [cit. 2015-03-24]. Dostupné z [www: http://biocare.sk/eshop/produkt/ryzova-vlaknina](http://biocare.sk/eshop/produkt/ryzova-vlaknina)
- [34] *Bramborová vláknina* [online]. [cit. 2015-03-24]. Dostupné z [www: http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=0&ch=13&typ=1&val=18645](http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=0&ch=13&typ=1&val=18645)
- [35] *Potravinářská vláknina* [online]. [cit. 2015-02-15]. Dostupné z [www: http://www.vupp.cz/czvupp/publik/06poster/06mbVlakninaPresentace.pdf](http://www.vupp.cz/czvupp/publik/06poster/06mbVlakninaPresentace.pdf)
- [36] *Inulin – přírodní rozpustná vláknina* [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z [www:http://www.jimehlavou.cz/cz/vlaknina/Emag/DetailClanku/ic-274/inulin-prirodni-rozpustna-vlaknina.html](http://www.jimehlavou.cz/cz/vlaknina/Emag/DetailClanku/ic-274/inulin-prirodni-rozpustna-vlaknina.html)
- [37] *Green Medical - Inulin* [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z [www: http://www.namaximum.cz/kategorie/sacharidy/inulin/](http://www.namaximum.cz/kategorie/sacharidy/inulin/)
- [38] CEREVITINOV, F. V. *Chemické složení a fyzikální vlastnosti ovoce a zeleniny*. Praha: Průmyslové vydavatelství, 1952
- [39] *Základy analýzy potravin* [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z [www: http://web.vscht.cz/~koplikr/%C4%8C%C3%A1stB3_3.pdf](http://web.vscht.cz/~koplikr/%C4%8C%C3%A1stB3_3.pdf)
- [40] *Ankom technology – ANKOM 220 Fiber Analyzer* [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <https://ankom.com/product/ankom-200-fiber-analyzer,-120v,-international.aspx>

- [41] DRÁPELA, K. *Prezentace – Korelace a regrese*. Brno: Lesnická a dřevařská fakulta Mendelovy Univerzity v Brně
- [42] TEPER, I. *ANKOM 220 – nový přístup ke stanovení vlákniny*. *Krmivářství* 4, 2003, s. 20 – 21
- [43] MIŠURCOVÁ, L., S. KRÁČMAR., B. KLEJDUS., J. VACEK. *Nitrogen Content, Dietary Fiber, and Digestibility in Algal Food Products*. *Czech J. Food Sci.*, 2010, 28, 27 – 35
- [44] *Spektrofotometrie ve viditelné oblasti spektra* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z www: http://old.vscht.cz/anl/lach1/5_Foto.pdf
- [45] *PERKINELMER, Lambda 25 and 35 UV/Vis Systems Available For Purchase Online* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.perkinelmer.com/catalog/category/id/lambda%2025%2035%2045%20uv%20vis%20systems%20available%20for%20purchase%20online>
- [46] JAVORSKÝ, P. *Chemické rozborý v zemědělských laboratořích*. České Budějovice: MZV ČSR, 1987
- [47] KUBÁŇ, V., P. KUBÁŇ. *Analýza potravin 1. Vydání*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007, ISBN 978-80-7375-036-7
- [48] *Teorie Studentova t-testu* [online]. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z www: http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2013_01_08_StatSoft_Test.pdf
- [49] ŠRAMKOVÁ, Zuzana, Edita GREGOVÁ, Ernest ŠTURDÍK. Chemical composition and nutritional quality of beat grain. *Acta Chimica Slovaca*. 2009, 2, No. 1, p. 115 – 138
- [50] RICHTER, Michal, Jiří TRĚNÁCTÝ, Jiří HARAZIM. Vývoj hodnocení obsahu vlákniny. *Krmivářství*. 2000, 3, s. 28 – 30
- [51] MOD, R. Robert, Edith J. CONKERTON, Robert L. ORY a Floyd L. NORMAND. Hemicellulose Composition of Dietary Fiber of Milled Rice and Rice Bran. Nutrients and Flavor Quality of Plant Foods. *J. Agric. Food Chem.* 1978, 26, No. 5, p. 1032

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AACC	American Association of Cereal Chemists
AOAC	Association of Analytical Communities
GIT	Gastrointestinální trakt
FAO	Food and Agriculture Organization
HV	Hrubá vláknina
NDF	Neutro-detergentní vláknina
ADF	Acido-detergentní vláknina
ADF K	Acido-detergentní vláknina s korekcí
ADL	Acido-detergentní lignin
LDL-cholesterol	Nízkodenzitní lipoprotein
HDL-cholesterol	Vysokodenzitní lipoprotein
BMI	Body mass index
GI	Glikemický index
SCFA	Mastné kyseliny s krátkým řetězcem

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Struktura celulóзовých fibril.....	23
Obr. 2 Struktura celulózy nacházející se ve stěnách rostlinných buněk.....	24
Obr. 3 Analyzátor ANKOM 220 Fiber Analyzer.....	57
Obr. 4 Spektrofotometr LAMBDA 25 UV/Vis Systems.....	65
Obr. 5 Graf kalibrační přímky pro stanovení pektinu.....	68
Obr. 6 Obsahy hrubé vlákniny v komerčních vzorcích vlákniny.....	73
Obr. 7 Obsahy NDF v komerčních vzorcích vlákniny.....	74
Obr. 8 Srovnání obsahů ADF a ADF K v komerčních vzorcích vlákniny.....	77
Obr. 9 Obsahy ADL v komerčních vzorcích vlákniny.....	78
Obr. 10 Srovnání obsahů HV, NDF, ADF, ADL a ADF K ve vzorcích vlákniny.....	79
Obr. 11 Obsahy pektinu v komerčních vzorcích vlákniny.....	80
Obr. 12 Korelační závislost obsahu ADF K a ADF na obsahu pektinových látek	82
Obr. 13 Obsahy ADF a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny	82
Obr. 14 Korelační závislost hodnot ADF na obsahu pektinu.....	83
Obr. 15 Obsahy NDF a pektinu v komerčních vzorcích vlákniny	84
Obr. 16 Korelační závislost hodnot NDF na obsah pektinu.....	85

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Rozdělení vlákniny podle L. Benešové a kolektivu.....	14
Tab. 2 Obsahy rozpustné a nerozpustné vlákniny v potravinách	22
Tab. 3 Obsah vlákniny ve vybraných potravinách.....	30
Tab. 4 Použité vzorky vlákniny pro stanovení složek vlákniny.....	50
Tab. 5 Kalibrační řada roztoků.....	67
Tab. 6 Obsahy HV v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$).....	72
Tab. 7 Obsahy NDF v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$).....	74
Tab. 8 Obsahy ADF v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$).....	75
Tab. 9 Obsahy ADF K v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$).....	76
Tab. 10 Obsahy ADL v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$).....	78
Tab. 11 Obsahy pektinu v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$).....	80
Tab. 12 Obsahy ADF a ADF K v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$).....	81
Tab. 13 Obsahy pektinu a ADF v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$).....	83
Tab. 14 Obsahy pektinu a NDF v komerčních vzorcích vlákniny v % ($\bar{x} \pm S.D.$).....	85