



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

VLÁKNINA V POTRAVINÁCH A MOŽNOSTI JEJÍHO STANOVENÍ

DIETARY FIBER IN FOOD AND POSSIBILITIES OF ITS DETERMINATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LENKA PIŠKULOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. DANA VRÁNOVÁ, Ph.D.

BRNO 2015



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	FCH-BAK0892/2014	Akademický rok: 2014/2015
Ústav:	Ústav chemie potravin a biotechnologií	
Student(ka):	Lenka Piškulová	
Studijní program:	Chemie a technologie potravin (B2901)	
Studijní obor:	Biotechnologie (2810R001)	
Vedoucí práce	Mgr. Dana Vránová, Ph.D.	
Konzultanti:		

Název bakalářské práce:

Vláknina v potravinách a možnosti jejího stanovení

Zadání bakalářské práce:

1. Literární rešerše na zadané téma
2. Testování vhodné metody pro stanovení vlákniny v potravinách
3. Zhodnocení získaných výsledků formou diskuse

Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2015

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Lenka Piškulová
Student(ka)

Mgr. Dana Vránová, Ph.D.
Vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 30.1.2015

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
Děkan fakulty

Abstrakt

Práce se zabývá definicí vlákniny, rozdělením a základním popisem stavebních složek vlákniny. V neposlední řadě se věnuje základním metodám a způsobům stanovení vlákniny. Praktická část porovnává získané množství nerozpustné vlákniny v různých druzích bezlepkového a lepkového pečiva. Výsledky byly získány využitím metody podle Henneberga a Stohmanna.

Abstract

The work deals with the definition of dietary fiber, its division and basic description of building dietary fiber components. Finally, it focuses on basic methods and ways of determining of dietary fiber. The practical part compares the obtained amount of insoluble dietary fibre in different kinds of gluten-free and gluten bread. The results were obtained by using the method according to Henneberg and Stohmann.

Klíčová slova

Vláknina, vláknina a zdraví, možnosti stanovení.

Keywords

Dietary fiber, dietary fibre and health, possibilities of determination.

PIŠKULOVÁ, L. *Vláknina v potravinách a možnosti jejího stanovení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2015. 50 s. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Dana Vránová, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem všechny použité literární zdroje správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

V Brně dne 20. 5. 2015

.....

Lenka Piškulová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí své bakalářské práce Mgr. Daně Vránové, Ph.D., panu Ph.Dr. Miroslavu Hrstkovi, Ph.D a také paní Lence Somrové a to především za vedení při práci, za odbornou a také pedagogickou pomoct a také za další cenné rady, které mi během tvorby práce poskytli. Také děkuji svým rodičům, kteří mi umožnili studovat a celou dobu mě podporovali.

OBSAH

ÚVOD.....	7
2 TEORETICKÁ ČÁST	8
2.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA VLÁKNINY A JEJÍ SLOŽENÍ.....	8
2.1.1 Definice pojmu vláknina	8
2.1.2 Klasifikace stavebních složek vlákniny	9
2.1.2.1 Celulosa	10
2.1.2.2 Hemicelulosa	11
2.1.2.3 Pektiny	12
2.1.2.4 Rostlinné gumy a slizy	12
2.1.2.5 Rezistentní oligosacharidy.....	13
2.1.2.6 Škrob	13
2.1.2.7 Lignin.....	14
2.1.2.8 Vosky.....	15
2.1.2.9 Chitin	16
2.1.2.10 Kolagen	17
2.1.2.11 Chondroitinsulfáty.....	17
2.2 VLIV VLÁKNINY NA ZDRAVÍ.....	18
2.2.1 Význam a výskyt vlákniny.....	19
2.2.2 Doporučený příjem vlákniny	20
2.2.3 Vliv rozpustné a nerozpustné vlákniny na lidské zdraví	21
2.2.4 Glykemický index.....	21
2.2.5 Fyziologická role vlákniny v potravě	22
2.2.5.1 Gastrointestinální absorpce a trávicí procesy	22
2.2.5.2 Gastrointestinální pohyblivost a její kontrola	24
2.2.5.3 Imunitní funkce gastrointestinálního traktu, prebiotický vliv vlákniny	24
2.2.6 Onemocnění související s nedostatkem vlákniny ve stravě	25
2.2.6.1 Vliv vlákniny na divertikulární onemocnění a rakovinu střev.....	26
2.2.6.2 Vliv vlákniny na diabetes typu 1 a 2	26
2.2.6.3 Vláknina a obezita	27
2.2.6.4 Vláknina a žilní onemocnění a ischemická choroba srdeční.....	27
2.2.7 Rozdělení druhů chleba	27
2.2.8 Bezlepkové pečivo	29
2.3 MOŽNOSTI A ZPŮSOBY STANOVENÍ VLÁKNINY V POTRAVINÁCH.....	29
2.3.1 Vývoj a přehled metod pro stanovení vlákniny.....	29
2.3.1.1 Neenzymaticko-gravimetrická metoda	31
2.3.1.2 Enzymaticko-gravimetrická metoda	31
2.3.1.3 Enzymaticko-chemická metoda.....	32
2.3.2 Metoda AOAC a její inovace	33
2.3.3 Laboratorní přístroje měřící dietní vlákninu.....	33
3 PRAKTICKÁ ČÁST	35
3.1 CÍL PRÁCE.....	35
3.2 METODIKA.....	35
3.2.1 Použité přístroje a pomůcky	35
3.2.2 Použité chemikálie	35

3.2.3	Testované vzorky	36
3.2.4	Stanovení obsahu vlákniny	36
4	VÝSLEDKY A DISKUZE	37
4.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ MNOŽSTVÍ NEROZPUSTNÉ VLÁKNINY	37
4.2	DISKUZE K ZÍSKANÝM VÝSLEDKŮM	39
5	ZÁVĚR	42
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	43
7	SEZNAM PŘÍLOH	47

ÚVOD

Vláknina je velmi důležitou součástí stravy. Je vhodné ji přijímat v optimálních dávkách. Nadměrné či nedostatečné množství může způsobit spíše zdravotní komplikace.

Samotná definice vlákniny prošla dlouhým vývojem. Z počátku její význam nebyl až tak patrný, s postupem času a také s vývojem vědy však začala být stále více ceněna. Vláknina se může svým složením a vlastnostmi podílet na předcházení různých druhů onemocnění. Mezi nejznámější nemoci, na které má vláknina pozitivní vliv, patří např. ischemická srdeční choroba, aterosklerosa, diabetes typu 2 nebo divertikulární onemocnění. U těchto onemocnění byl kladný vliv potvrzen, avšak u některých onemocnění byly studie nejednoznačné. Mezi tyto onemocnění patří např. rakovina střev. Určité látky, z kterých je vláknina tvořena mohou působit jako prebiotika, což dokazuje to, že je vláknina jako součást potravin velmi potřebná pro střevní mikroflóru.

Množství přijaté vlákniny závisí na typu a množství konzumovaných potravin. Vláknina je hojně zastoupena v obilovinách (pšenice, kukuřice, ječmen, popř. oves), zelenině a ovoci, v luštěninách (čočka, fazole, hrách), ořechách a semínkách. Je dokonce zastoupena taktéž v řasách. Potřebné denní množství vlákniny však obvykle není pokryto příjmem z potravy. Proto se může využít i různých doplňků, které vlákninu obsahují. Z tohoto důvodu se v současnosti vyrábějí i potraviny nebo nápoje obohacené o určité množství vlákniny.

Metody stanovení vlákniny prošly také dlouhým vývojem. V současné době se pro stanovení užívají tři základní metody, mezi které patří neenzymaticko-gravimetrická, enzymaticko-gravimetrická a enzymaticko-chemická metoda. Metody se liší tím, jaký typ vlákniny lze pomocí nich stanovit. Některé z metod nezahrnují stanovení vlákniny v potravinách, jiné zase ano. Pro samotné měření je tedy nutno zjistit jaký typ vlákniny stanovujeme, zda je rozpustná či ne, popř. další charakteristické vlastnosti vlákniny a teprve podle toho zvolit vhodnou metodu stanovení.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA VLÁKNINY A JEJÍ SLOŽENÍ

2.1.1 Definice pojmu vláknina

Jako vláknina je obecně označován rostlinný materiál, který je odolný vůči enzymatickému trávení. Zahrnuje cukerné sloučeniny, mezi které patří např. celulóza, hemicelulóza a také polymerní necukerné sloučeniny, které obvykle zpevňují buněčné stěny, což je například lignin. [12] Bohatým zdrojem vlákniny v potravinách jsou cereálie, ořechy, různé ovoce a zelenina. Konzumace těchto potravin má pozitivní vliv na lidské zdraví a snižuje proto také výskyt některých onemocnění. [1] Stavební složky vlákniny jsou obsaženy v buněčných stěnách rostlin. Vyskytují se tedy v listech, stoncích, kořenech či semenech rostlin. [2] Fyzikálně-chemické vlastnosti vlákniny a její funkčnost závisí na způsobu zpracování potravin. [1]

Poprvé byla vláknina definována roku 1953 a to jako nestravitelné sloučeniny vytvářející buněčnou stěnu rostlin. Tato definice poté prošla několika úpravami. [1, 10]

Mnoho definic, které vlákninu popisují z fyziologického pohledu, vychází z pozorování a studie na počátku 70. let, která sledovala stravu afrických obyvatel a její vliv na zdraví. Hledaly se možnosti, jak by se pomocí vhodné stravy mohlo předejít chorobám, které tehdy západní země sužovaly. Definice zahrnují složky, mezi které patří např. neškrobové polysacharidy, rezistentní oligosacharidy, lignin, látky asociované s neškrobovými polysacharidy, rezistentní škrob, dextriny a synteticky připravené sloučeniny, jako např. polydextrosy. [10]

Důležitou otázkou bylo, jak definovat dietní vlákninu a jak definovat její stavební složky. Mnohé definice, které se v současnosti používají pro značení potravin, jsou založeny na analytickém stanovení, které zahrnuje specifické metody. Za nejvíce preferovanou definici dietní vlákniny je považována ta, která obsahuje informace o jejím fyziologickém a metabolickém významu. Jedná se např. o definici navrhovanou Společností amerických cereálních chemiků (American Association of Cereal Chemists, AACC) z roku 2000. Definice popisuje jednotlivé stavební složky vlákniny. Vlákninu definuje jako cukerné rostlinné analogy, které jsou odolné vůči trávení a absorpci v lidském tenkém střevě. Tyto látky jsou však zcela nebo částečně natráveny v tlustém střevě. Dietní vláknina zahrnuje polysacharidy, oligosacharidy, lignin a další látky obsažené v rostlinách. Podobnou definici dietní vlákniny uvedla také organizace ANZFA (Australia New Zealand Food Authority) v roce 2001. [1, 10]

V roce 2002 byla zveřejněna definice Národní akademie věd (National Academy of Science). *Dietní vláknina* se na základě této definice skládá z nestravitelných cukerných složek a ligninu, který se nachází neporušený uvnitř rostlin (pšeničné a ovesné otruby). *Funkční vláknina* je složena z izolovaných nestravitelných cukerných sloučenin (rezistentní škroby), které mají pro lidské zdraví prospěšný fyziologický vliv a *celková vláknina* poté udává součet vlákniny dietní a funkční. Tato definice se řadí mezi nejvíce uznávané. [1, 5, 10]

V roce 2008 rozdělila komise CCNFSDU (Codex Commission on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses) vlákninu nacházející se v potravinách do tří skupin:

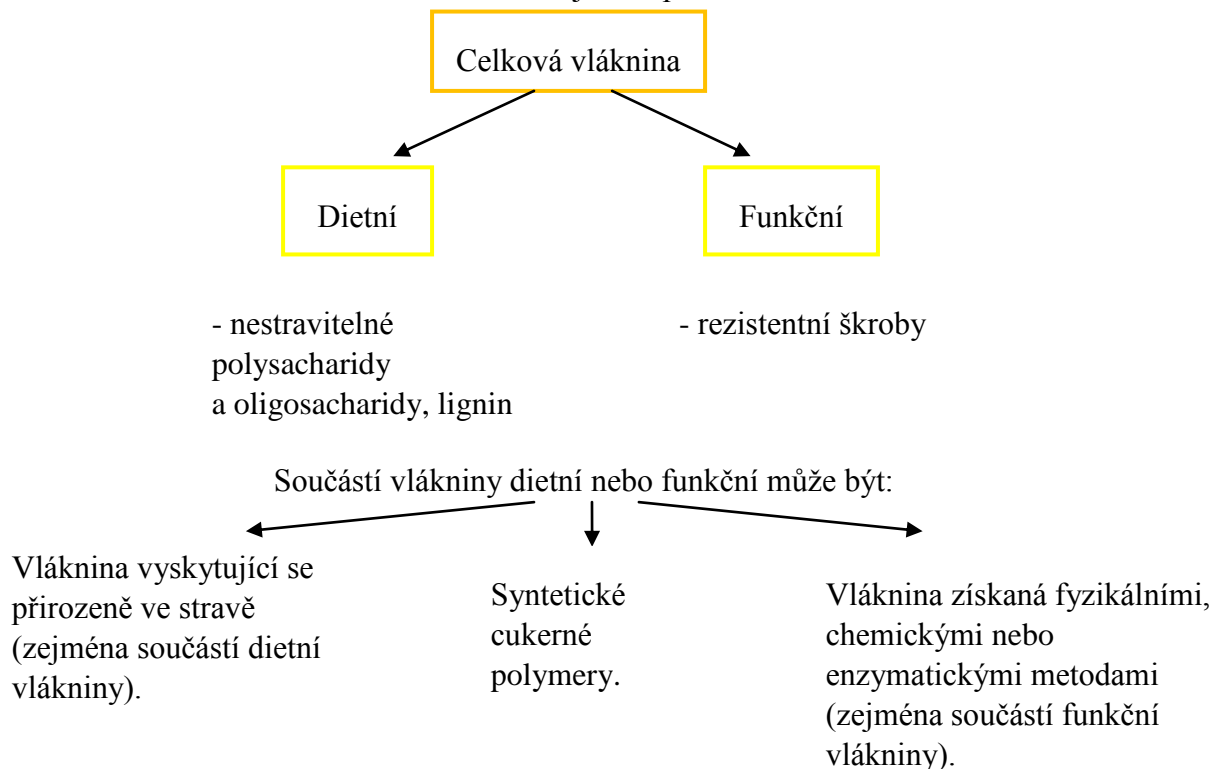
- 1) Jedlé cukerné polymery, které jsou přirozeně přítomné v konzumované stravě.
- 2) Cukerné polymery, které byly získány ze surových potravin a to pomocí fyzikálních, enzymatických nebo chemických metod.
- 3) Syntetické cukerné polymery. [5]

Žádná z těchto tří skupin však specificky nedefinuje partikulární, viskózní, rozpustnou a nerozpustnou vlákninu. Toto bližší rozdělení je ovšem důležité, neboť právě viskózní vláknině je přisuzován prospěšný vliv na lidské zdraví a tudíž je důležitou charakteristiku vlákniny vyskytující se v potravinách. [5]

V roce 2009 byl uznán Kodex definice dietní vlákniny (Codex definition of dietary fibre), který definuje dietní vlákninu jako cukerné polymery s deseti a více monomerními jednotkami, které nejsou hydrolyzovány endogenními enzymy lidského tenkého střeva. [9]

I když je vláknina lidmi konzumována již od nepaměti, neexistuje dodnes žádná její celosvětově uznávaná definice. Definice vlákniny ale i tak prošla dlouhým vývojem. V dnešní době v sobě vláknina zahrnuje i látky, které do ní v minulosti nepatřily. Úplná definice vlákniny by byla zejména využitelná pro přesnější označování obsahu vlákniny v jednotlivých výrobcích. [9]

Celková vláknina se rozděluje na rozpustnou a nerozpustnou, což je v souvislosti s jejím gravimetrickým způsobem stanovení znázorněno na Obr. 11. Na základě výše uvedených definic lze celkovou vlákninu rozdělit následujícím způsobem:



Obr. 1: Rozdělení celkové vlákniny dle jejich definic

2.1.2 Klasifikace stavebních složek vlákniny

Většina stavebních složek vlákniny patří mezi polysacharidy. Rozdělují se podle svého původu. Velký význam mají přirozené polysacharidy rostlin. Jedná se např. o polysacharidy

rostlin (guarová guma), mořských řas (agar) nebo mikroorganismů (xanthanová guma). Tyto látky jsou součástí lidské výživy a vyskytují se buď v přirozené (vyskytující se v daných surovinách) nebo modifikované podobě (modifikované škroby). Polysacharidy živočichů mají oproti rostlinným polysacharidům malý význam. U živočichů je polysacharid se zásobní funkcí glykogen. Stavební funkci zajišťuje chitin. Zásobními polysacharidy rostlin, vyskytující se v semenech, hlízách, oddencích nebo kořenech, jsou např. škroby a neškrobové polysacharidy (galaktomannany, glukomannany, xyloglukany). Mezi látky, které mají v rostlinách stavební funkci, patří celulóza, necelulosoové polysacharidy (hemicelulosa, pektiny). K strukturním složkám buněčných stěn rostlin se řadí např. lignin. Poslední skupinou látek jsou polysacharidy, které mají funkce specifické, např. zajišťují hospodaření s vodou a poskytují ochranu poškozeným rostlinným pletivům. Patří zde rostlinné exudáty, tedy např. rostlinné slizy a gummy. [12]

Z pohledu rozpustnosti se složky vlákniny dělí do dvou skupin a to na ve vodě nerozpustné (resp. méně zkvasitelné) části vlákniny: celulóza, některé hemicelulosa, lignin a na ve vodě rozpustné (resp. dobře zkvasitelné) části: pektiny, gummy a sloučeniny, které mají klišovitý charakter. [1]

Základní rozdělení stavebních složek vlákniny:

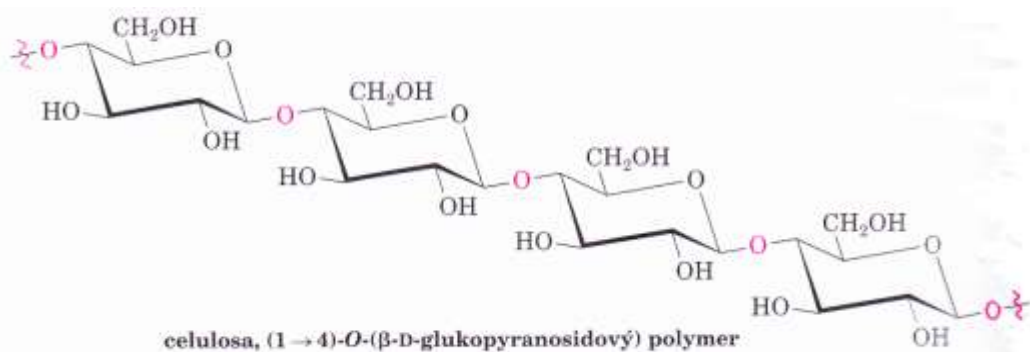
- neškrobové polysacharidy (celulóza, hemicelulóza, pektiny, rostlinné gummy a slizy)
- rezistentní oligosacharidy
- rezistentní škrob, maltodextriny
- lignin
- sloučeniny, které jsou asociovány s neškrobovými polysacharidy (vosky, kutin)
- vlákna, která mají živočišný původ (chitin, chitosan, kolagen, chondroitin) [10]

2.1.2.1 Celulóza

Celulóza je nejvíce rozšířenou přírodní organickou sloučeninou. Vyplňuje buněčné stěny vyšších rostlin. Nachází se mimo jiné v zelených řasách, houbách a výjimečně i ve stěnách buněk jednoduchých mořských bezobratlých živočichů (pláštěnců rodu *Tunicata*). [11] Má nerozvětvený lineární řetězec skládající se z několika tisíců molekul glukózy, které jsou propojeny β -1,4-glykosidickými vazbami. Je to sloučenina mechanicky stabilní a silná, odolná vůči biologické degradaci. Vyznačuje se nízkou rozpustností ve vodě. [1] Je nerozpustná ve zředěných kyselinách, zásadách a rozpouštědlech. Rozpouštědla však pronikají do tzv. amorfních oblastí - mikrofibril, které jsou přístupnější. Následně dochází k bobtnání. Celulóza je rozpustná v koncentrovaných kyselinách. Při tomto procesu dochází k hydrolytickému štěpení na menší rozpustné fragmenty. Pro člověka je celulóza nevyužitelným polysacharidem, protože nedisponuje celulólytickými enzymy, které jsou potřebné pro její trávení. [11]

Makromolekuly celulósy interagují prostřednictvím vodíkových vazeb a vytvářejí v rostlinných stěnách buněk pravidelné třírozměrné struktury. Tyto struktury se nazývají celulósová vlákna, nebo-li celulósové mikrofibrily. Mikrofibrily obsahují okolo 30-100 makromolekul celulósy. Makromolekuly svým paralelním uspořádáním vytvářejí rovinný útvar, tzv. list. Jednotlivé listy jsou potom na sebe naskládány tak, že jsou střídavě posunuty

o polovinu délky glukosové jednotky. Uspořádání je taktéž stabilizováno intermolekulárními vodíkovými vazbami. Tyto vazby připojují glukosové jednotky v sousedních listech. Metabolicky aktivní stěny buněk všech rostlinných pletiv se vyznačují stejnou strukturou. Vytvářejí náhodně orientované celulosové mikrofibrily, které mají převážně amorfni strukturu. Mikrofibrily tvoří v rostlinných stěnách buněk síť, ve které jsou spojovány prostřednictvím nevazebných interakcí a kovalentních vazeb s jinými strukturálními polysacharidy. Mezi tyto polysacharidy patří např. necelulosové polysacharidy (hemicelulosa, pektin), lignin a polypeptidy, mezi které se řadí např. extensin. Celulosa se nachází převážně v ovoci a zelenině (1-2 %), poté v obilovinách a luštěninách (2-4 %), v pšeničné mouce (0,2-3 %), v otrubách (30-35 %), ale můžeme se s ní setkat např. i v dřevinách (40-50 %), nebo ve lněných (80 %) či bavlněných vláknech (90 %), kde je obsažena ve vysoké koncentraci. [11]



Obr. 2: Struktura celulosy [21]

2.1.2.2 Hemicelulosa

Jedná se o necelulosový strukturální polysacharid rostlinných buněčných stěn. Vyplňuje zde prostory mezi celulosovými vlákny. Mezi hemicelulosy se zařazují dvě hlavní skupiny polysacharidů a to heteroglukany a heteroxylany. [11]

- **Heteroglukany**

Mezi hlavní strukturální heteroglukany patří xyloglukany a β-glukany. Základní strukturální jednotkou molekuly *xyloglukanů* je β-D-(1→4)-glukan. Ten obsahuje v postranních řetězcích jednotky D-xylopyranosy, které jsou na glukosu vázány α-(1→6) glykosidickými vazbami. Xyloglukany převažují jako hemicelulasy buněčných stěn dvouděložných rostlin, kam se řadí např. ovoce, většina zelenin, okopaniny a luštěniny. U jednoděložných rostlin, mezi které patří např. cibulová zelenina, chřest nebo obiloviny, jsou přítomny v menším množství. Větší část xyloglukanů je částí nerozpustné vlákniny. [11]

β-Glukany jsou též nazývány β-(1→3), β-(1→4)-D-glukany. Ve velmi malém množství se vyskytují v buněčných stěnách některých dvouděložných rostlin. Ve větší míře jsou zastoupeny v buněčných stěnách obilovin, zde vytvářejí až 30 % sušiny. β-glukany jsou zčásti rozpustnou, ale částečně také nerozpustnou vlákninou vyskytující se v potravě. Rozpustnost ve vodě závisí především od jejich struktury a ta dále souvisí s původem dané rostliny. Platí, že čím více je v molekule přítomných (1→4) vazeb, tím nižší je rozpustnost polymerů. [11]

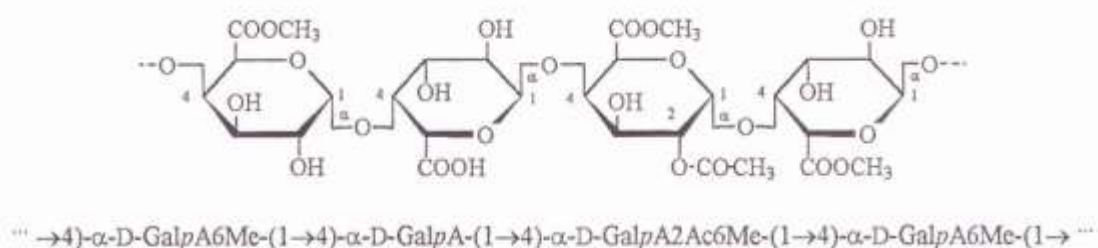
- **Heteroxylyany**

Hlavní řetězec heteroxylyanů je tvořen D-xylanopyranosovými jednotkami, které jsou vzájemně spojeny β -(1→4) vazbami. Jsou to hlavní polysacharidy primárních buněčných stěn jednoděložných rostlin (resp. jejich vegetativních částí). Jsou také zastoupeny v lodyhách rostlin a ve větším množství v kukuřičných klasech (20-35 %) a dřevní hmotě (20-30 % sušiny). Nalézt je však také můžeme ve stěně buněk endospermu většiny obilovin.

Patří k nim arabinoxylany, které mají vysokou schopnost vázat vodu. Rozpustnost je ovlivněna stupněm větvení molekuly. Rozpustnější jsou více větvené molekuly. Význam mají rozpustné arabinoxylany a to zejména jako složky pšeničné a hlavně žitné mouky, kde mají značný vliv právě při absorpci vody moukou. Mimo jiné mají také pozitivní vliv na složení mikroflóry tlustého střeva. [11]

2.1.2.3 Pektiny

Pektinové sloučeniny mají mezi želírujícími látkami významné postavení. Jedná se o komplexy polysacharidů, ve kterých se jako hlavní substituent vyskytuje D-galakturonová kyselina, která je vázána α -(1→4) vazbami. Tyto látky mají funkci strukturní (tvoří strukturu stěn rostlinných buněk) a vyplňovací (vyplňují mezibuněčné prostory). Pektiny jsou velmi dobře rozpustné ve vodě a jsou tedy metabolizovány bakteriemi tlustého střeva. Díky svým želírujícím vlastnostem snižují rychlost vyprazdňování tenkého střeva. [1, 25]



4-145, základní struktura pektinů

Obr. 3: Struktura pektinů [12]

2.1.2.4 Rostlinné gummy a slizy

Jako rostlinné gummy jsou označovány lepivé šťávy, které samovolně vytékají z pletiv a to v důsledku působení různých stresových faktorů, mezi které patří např. napadení mikroorganismy nebo poranění. Po určitém čase na vzduchu tuhnou v pevnou gumovitou hmotu.

Pojmem rostlinné slizy se označují sekundární metabolity mající slizovitou povahu, vyskytující se v různých částech (plodech, semenech aj.) některých rostlin.

Rostlinné gummy a slizy jsou vysoce hydrofilní a jsou tedy ve vodě dobře rozpustné. Vyznačují se větvenou a polydisperzní strukturou. Tyto látky patří mezi hydrokoloidy. V některých případech může docházet k tvorbě gelů. Mezi rostlinné gummy se také často zařazují neškrobové zásobní polysacharidy některých semen a hlíz, např. guarová guma. [11]

2.1.2.5 *Rezistentní oligosacharidy*

Mnohé oligosacharidy jsou nestravitelné, nebo-li rezistentní. Některé oligosacharidy mají účinek *prebiotický*, což znamená, že ovlivňují růst a metabolismus žádoucí mikroflóry tlustého střeva. Spolu s dietní vlákninou kladně ovlivňují a řídí peristaltiku střev.

Do skupiny rezistentních oligosacharidů patří *fruktooligosacharidy*. Získávají se ze sacharosy prostřednictvím působení mikrobiální a rostlinné fruktosyltransferasy nebo působením β -D-fruktofuranosidasy (invertasy). Jsou to polymerní sloučeniny, jejichž stupeň polymerace je 2-4.

Fruktooligosacharidy jsou sladké látky, které jsou dobře rozpustné ve vodě. Jsou klasifikovány jako rozpustná vláknina, neboť nepodléhají hydrolýze sacharidasami. Jsou označovány za střevní potravu - prebiotikum. V tlustém střevu jsou fermentovány anaerobními bakteriemi, za tvorby nižších mastných kyselin, L-mléčné kyseliny a některých plynů (oxid uhličitý, methan, popř. vodík). Mimo jiné pozitivně ovlivňují rychlost růstu bifidobakterií (*Bifidobacterium bifidum*). Bifidobakterie produkují kyseliny, mezi které patří zejména kyselina octová a mléčná. Dochází ke snížení pH a produkci látek s antibiotickými účinky. Tyto látky posléze potlačují růst nežádoucích mikroorganismů, mezi které patří např. *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis* nebo *Salmonella typhosa*. Tyto škodlivé mikroorganismy produkují svoji fermentací toxické látky, mezi které patří amoniak, aminy, fenoly a jiné sloučeniny. Bifidobakterie produkují např. thiamin, riboflavin, pyridoxin nebo vitamin B₁₂.

Mezi další skupinu sloučenin mající prospěšný vliv na trávicí trakt člověka patří *galaktooligosacharidy*. V mateřském mléce a ve stopách kravského mléka jsou kromě laktosy přítomné i další oligosacharidy. Kromě D-glukosy a D-galaktosy obsahují např. N-acetyl-D-glukosamin, N-acetyl-D-galaktosamin, L-fukosu a N-acetylneuraminovou kyselinu. Tyto složky mléka stimulují růst bakterie *Bifidobacterium bifidum* a taktéž působí proti adhezi patogenních bakterií na buněčnou stěnu. Jsou proto důležité pro imunitu kojenců.

Jako látky aditivní, vykazující stejné fyziologické účinky jako nevyužitelné oligosacharidy, patří *mannooligosacharidy*. Připravují se enzymovou syntézou z mannosy. Mannooligosacharidy obsahují ve své struktuře 2-8 molekul mannosy, které jsou spojeny α -(1 \rightarrow 6) glykosidovou vazbou. [12]

2.1.2.6 *Škrob*

Jedná se o hlavní zásobní živinu rostlin. Slouží jako okamžitá zásoba glukosy. Nachází se v plastidech, v malém množství v chloroplastech, ve větším poté v amyloplastech a ve speciálních buňkách kořenů, hlíz a semen. Vyskytuje se v nerozpustných micelách, tzv. škrobových zrnech. Stavebními složkami škrobu jsou amylosa a amylopektin. Jedná se o homopolysacharidy, tvořené molekulami α -D-glukopyranosy. Hlavními zdroji škrobu jsou zejména brambory a obiloviny (pšenice, žito, ječmen, oves, kukuřice a rýže). Dalším důležitým zdrojem této látky jsou zralá semena luštěnin, např. hrachu, fazolí a čočky. Obilná zrna obsahují 40-90 % škrobu v sušině, luštěniny 30-70 % a hlízy rostlin 65-85 %. [12]

Škroby jsou významnou složkou potravinářského průmyslu, ve kterém se využívají zejména jako zahušťovadla, plnidla, želírující látky, poutače vody, náhrady tuků, nosiče vonných látek, stabilizátory pěn a emulzí. Škroby jsou také důležitou surovinou pro výrobu modifikovaných škrobů, některých cukrů a cukerných derivátů. [12]

Škrob patří ve většině případů mezi využitelné polysacharidy, které jsou za běžných podmínek zcela stravitelné v tenkém střevě. Většina škrobů patří mezi rychle, v některých případech i pomalu stravitelné. Některé škroby jsou však částečně rezistentní nebo nepřijatelné pro hostitelské amylolytické enzymy a řadí se tak mezi polysacharidy nevyužitelné. Tyto škroby patří mezi vlákninu. Jedná se např. o obilná zrna, která jsou konzumována za syrova. Tato zrna jsou chráněna buněčnými stěnami, které zabraňují přístupu amylas. Rezistentní škroby tvoří zhruba 1 % z celkového konzumovaného množství škrobu. Procházejí do tlustého střeva, zde jsou částečně metabolizovány a poté jsou využity přítomnou mikroflórou. [12] Konzumace rezistentního škrobu může také stimulovat růst specifických bakterií a tím přispět k pozitivnímu vlivu na lidské zdraví. Jedná se o bakterie typu bifidobacteria a lactobacilli. [10]

Na základě původu a nestravitelnosti rezistentních škrobů byla roku 1992 navržena jejich klasifikace. Rezistentní škroby nejsou homogenními sloučeninami. Jejich odolnost vůči trávení závisí na jejich složení. Mohou ve své struktuře obsahovat čtyři podkategorie škrobových sloučenin. Označují se jako RS1, RS2, RS3 a RS4. [10]

Typ RS1 je typ rezistentního škrobu, který se nachází v luštěninách, rozmělněných cereáliích nebo semenech. Tento typ rezistentního škrobu je přítomen v buněčných stěnách zmíněných surovin a není přístupný pro enzymovou hydrolýzu. [10, 36]

Typ rezistentního škrobu, který je označován jako RS2 je obsažen ve škrobových zrnech. Tento typ se vyskytuje zpravidla v syrových bramborech, banánech (obzvláště ještě zelených) a v kukuřičném škrobu s vysokým obsahem amylosy. [10, 36]

Typ rezistentního škrobu označovaný jako RS3 je retrogradovaná amylosa. Retrogradaci se rozumí proces, při kterém dochází k přeměně zmazovatělého škrobu. Amylosa, která je obsažená v tomto škrobu, se uvolní do roztoku ve formě nahodile uspořádaných šroubovic, které se po ochlazení přeskupí na dvojité šroubovice, které jsou stabilizovány vodíkovými vazbami. Vniklé dvojšroubovice utvářejí hexagonální krystalickou strukturu, která zamezuje α -amylase přístup ke glykosidickým vazbám. Tento typ rezistentního škrobu zůstává tedy rezistentní k enzymatické hydrolýze. [12, 36]

Typ RS4 zahrnuje chemicky modifikované rezistentní škroby. [10, 36]

Rezistentní škroby RS1 a RS2 jsou po vhodné tepelné úpravě stravy zcela stravitelné, typ RS3 brání trávení úplně. [36]

Rezistentní škroby se nacházejí v moukách, rýži, bramborách a cereálních produktech, do kterých patří např. pečivo. [36]

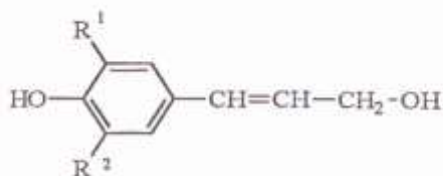
2.1.2.7 Lignin

Jedná se o strukturní polymer, který se nachází jako hlavní strukturní složka dřevní hmoty (25 %). V menším množství se lignin vyskytuje v ovoci, zelenině či obilovinách. Stěny primárních buněk lignin neobsahují skoro vůbec, naopak stěny sekundárních lignifikovaných buněk (obiloviny) obsahují ve svých rostlinných stěnách vysoký obsah ligninu.

Jedná se o kopolymer, skládající se z fenylypropanových jednotek, známých jako monolignoly, kterými jsou podle druhu rostlin 4-kumarylalkohol, koniferylalkohol, 5-hydroxykoniferylalkohol a sinapylalkohol. Fenylypropanové jednotky jsou nepravidelně vázány buď etherovými vazbami nebo dvěma atomy uhlíku do trojrozměrných struktur

a vytvářejí tak strukturu ligninu. V zaživacím systému se lignin nerozkládá. Dochází pouze ke štěpení vazeb mezi ligninem a ostatními polymery. V malé míře se také dostává do lihovin, které zrají v dřevěných sudech. Během zrání vznikají z ligninu některé fenolové sloučeniny, které dané lihovině dodávají charakteristické a žádané aroma.

Strukturně podobné fenolové polymery, které se vyskytují v rostlinách, jsou také třísloviny, nebo-li taniny. [11, 12]



4-151, fenylpropanové stavební jednotky ligninu

p-kumarylalkohol, $R^1 = R^2 = H$

koniferylalkohol (ferulylalkohol), $R^1 = OCH_3$, $R^2 = H$

sinapylalkohol, $R^1 = R^2 = OCH_3$

Obr. 4: Fenylpropanová stavební jednotka ligninu [12]

2.1.2.8 Vosky

Vosky se vyskytují buď v podobě živočišných, rostlinných nebo minerálních vosků. Vytvářejí na povrchu organismů hydrofobní ochrannou vrstvu. Vrstva chrání před vlivy prostředí, parazitů nebo různého hmyzu.

Mezi vosky *živočišného* původu patří vorvaňovina. Jedná se o vosk, který je přítomen v lebečních dutinách vorvaně a dalších příbuzných kytovců. Dalším živočišným voskem je včelí vosk. Tento vosk tvoří buňky plástů, v kterých je uchován med. Průmyslově využívaný je vosk nacházející se na povrchu ovčí vlny. Včelí vosk se využívá v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu.

Rostlinné vosky obsahují ve své struktuře estery jednosytných alkoholů s mastnými kyselinami. V esterech bývají nejčastěji vázány alkoholy, nasycené mastné kyseliny a kyselina olejová. Kromě esterů jsou dalšími složkami rostlinných vosků v ovoci uhlovodíky, volné alkoholy, ketony, kyseliny nebo popř. různé triterpenoidy. Průmyslový význam má vosk čínský, které je produkovan jasanem čínským po napadnutí kůry tohoto stromu červcem voskonosným. Tekutý vosk, zvaný jojobový olej, se získává ze semen keře *Simmondsia californica*. Mezi další zástupce rostlinných vosků patří karnaubský vosk, palmový vosk nebo myrikový vosk, který se využívá k výrobě svící a v parfumerii. Vosky, které se na rostlině nacházejí na nadzemní části, jsou označovány jako vosky kutikulární. Mezi další vrstvu kutikuly patří *kutin*. Kutin je polymer, který je složen z hydroxymastných kyselin. Spolu s vosky tvoří kutin tzv. kutikulární lipidy.

Vosky, které pochází z rozkladných produktů rostlinných vosků, se nazývají *minerální* vosky. Mezi tyto vosky patří např. montanní vosk nebo ozokerit (rafinovaný produkt). [12]

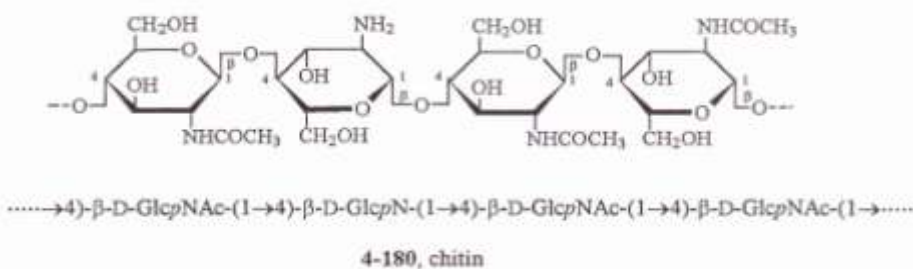
2.1.2.9 Chitin

Jedná se o téměř lineární kopolymer *N*-acetyl- β -D-glukosaminu (70-90 %) a β -D-glukosaminu (10-30 %). Oba tyto monomery jsou navzájem spojeny β -(1 \rightarrow 4) glykosidickými vazbami. Základní stavební jednotkou chitinu je chitobiosa, která je složená ze dvou molekul *N*-acetyl- β -D-glukosaminu. V určitých vzdálenostech se řetězce v podélné ose stáčí do šroubovice a jsou navzájem orientovány buď paralelně, nebo antiparalelně. V méně časté β -konformaci se vyskytují řetězce paralelní. Chitin je v přírodě hned po celulóse druhou nejčastěji se vyskytující organickou sloučeninou. Nachází se především jako hlavní stavební jednotka exoskeletu různých živočichů, např. koryšů, hmyzu a dalších bezobratlých živočichů. Chitin je obsažen také v některých řasách, houbách, kvasinkách nebo bakteriích. Obvykle se vyskytuje společně s bílkovinami. Přirozeně přítomný chitin konzumují lidé v malé koncentraci. Jeho hlavním zdrojem v potravě jsou vyšší houby (např. žampiony obsahují přibližně 1 % chitinu), popř. fermentované sójové boby nebo rýže obsahující chitin, který pochází z plísní (*Aspergillus oryzae*, *Aspergillus sojae* aj.). Plísně jsou zdrojem až 42 % chitinu (např. *Aspergillus niger*). Pekařské kvasnice, ve kterých jsou přítomny kvasinky rodu *Saccharomyces cerevisiae*, obsahují okolo 2,9 % chitinu.

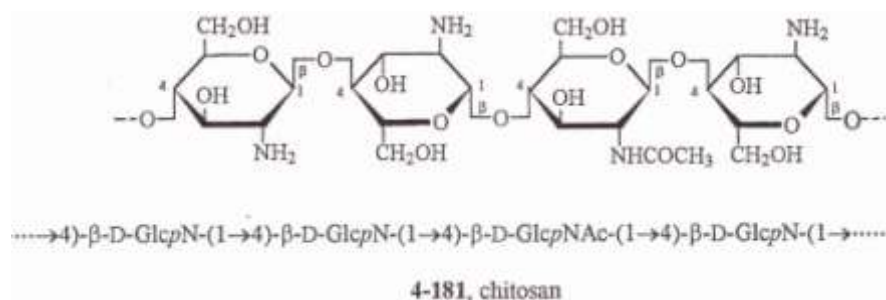
Chitin je nerozpustný ve vodě a za vzniku amonných solí je také velmi málo rozpustný v kyselém prostředí. Při zahřívání v kyselém nebo alkalickém prostředí dochází k hydrolýze vázaného *N*-acetylglukosaminu a vzniku kyseliny octové. Dochází zde také k částečné depolymeraci hydrolýzou β -glykosidických vazeb. V alkalickém prostředí probíhá depolymerace v menší míře. Další způsob, kterým mohou být β -glykosidické vazby štěpeny, je působení lysozymu. Degradaci chitinu také způsobují některé bakterie produkující chitinasy a chitosanasy. Ty štěpí chitin za vzniku *N*-acetylglukosaminu. Chitin také vytváří komplexy s kovy.

Pro člověka je chitin prakticky nestravitelný. Lidský organismus nedisponuje potřebným enzymem pro jeho stravení. Pouze ve slinách (lysozymem) a v žaludku (lysozymem a kyselinou chlorovodíkovou) dochází k jeho částečné hydrolýze. Parciální alkalickou hydrolýzou (působením NaOH) acetylových skupin chitinu je možno připravit modifikovaný chitin, tzv. chitosan. Chitosan je taktéž nestravitelný, výrazně však snižuje hladinu cholesterolu a tuků v krevním séru a v játrech. V potravinářském průmyslu se používá jako emulgátor (pro margariny), stabilizátor, zahušťovadlo nebo želírující činidlo. Své využití má také v kosmetice a farmacii.

Chitin a chitosan se ve své struktuře liší jen nepatrně. Odlišují se však ve svých fyzikálních vlastnostech a chemické reaktivitě. Chitosan je oproti chitinu rozpustný ve vodě, kyselinách a organických rozpouštědlech. Je nerozpustný v neutrálních a alkalických roztocích (je tedy silnější bázi než chitin). [12]



Obr. 5: Struktura chitinu [12]



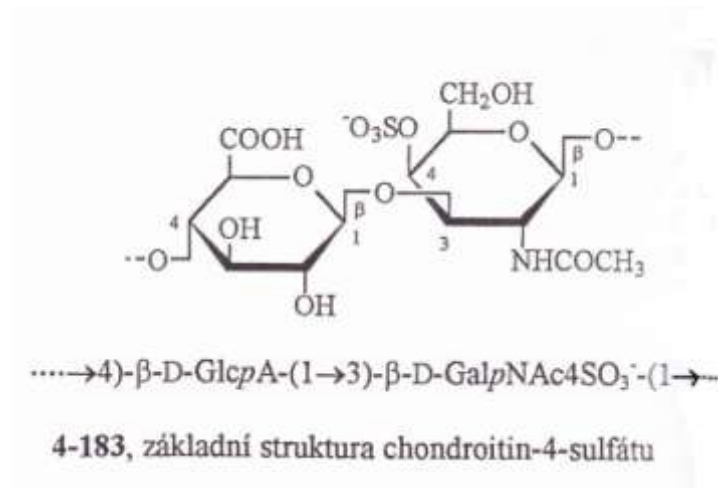
Obr. 6: Struktura chitosanu [12]

2.1.2.10 *Kolagen*

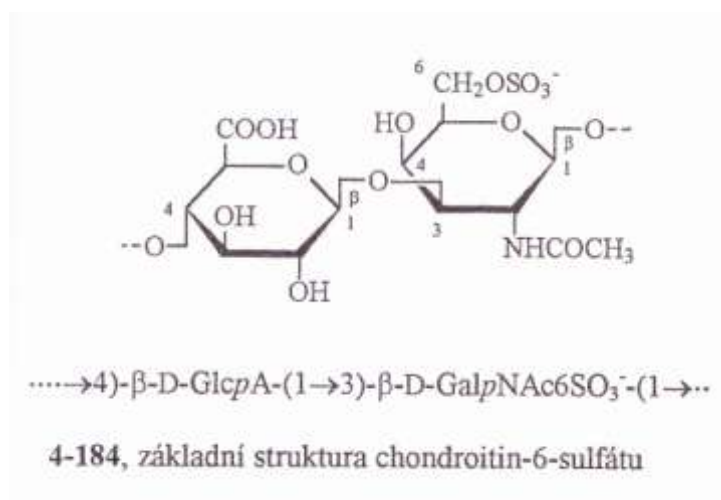
Kolagen patří mezi hlavní složku pojivových tkání. Vytváří okolo 25 % všech proteinů, které jsou přítomny v organismu savců. Je přítomen ve všech živočišných tkáních. V savčích tkáních bylo rozlišeno na 12 různých typů kolagenu. Některé z nich jsou přítomny sice jen v malém množství, ale i tak mohou v organismu plnit důležitou úlohu. Všechny typy kolagenu se vyznačují strukturou trojitě šroubovice (je tvořena třemi α -řetězci). Každá polypeptidová podjednotka (nebo-li α -řetězec) je stočena do levotočivé spirály. Každý jeden závit řetězce je tvořen třemi aminokyselinami. Význačná je přítomnost aminokyseliny glycinu na třetí pozici v každém ze tří α -řetězců. Přítomnost glycinu je nezbytná, protože díky němu vzniká výše zmíněná trojšroubovice. Opakující se struktura kolagenu je tedy tvořena jednotkou $(\text{Gly-X-Y})_n$, kde X a Y jsou odlišné aminokyseliny. Okolo 100 aminokyselin X je tvořeno prolinem a zhruba 100 aminokyselin v pozici Y je tvořeno hydroxyprolinem. Struktura kolagenu je vytvořena skládáním trojšroubovicových jednotek. Každá ze stavebních jednotek je oproti sousední podélně posunuta. Tato skutečnost má za následek, že se kolagenová vlákna pod mikroskopem zdají být příčně pruhovaná. Vlákna jsou mezi sebou stabilizována intra a intermolekulárními příčnými kovalentními vazbami. Kolagenní vlákna jsou odolná vůči tahovému namáhání. Kromě pravidelně uspořádaných vláken se ve struktuře kolagenu vyskytují také části, ve kterých chybí opakující se jednotka $(\text{Gly-X-Y})_n$. Tyto úseky mají strukturu globulární. [31]

2.1.2.11 *Chondroitinsulfáty*

Příkladem chondroitinsulfátu je chondroitin-4-sulfát. Který se nachází především v pojivových a epitelových tkáních. Je přítomen v chrupavkách, kostech a pokožce. Dalším zástupcem je chondroitin-6-sulfát, který se navíc nachází i ve šlachách a glykoproteinech slin. Obě tyto sloučeniny jsou složeny z glukuronové kyseliny a *N*-acetylgalaktosaminu, který je esterifikován kyselinou sírovou. Zmíněné části chondroitinsulfátů se pravidelně střídají. [12, 25]



Obr. 7: Struktura chondroitin-4-sulfátu [12]



Obr. 8: Struktura chondroitin-6-sulfátu [12]

2.2 VLIV VLÁKNINY NA ZDRAVÍ

V minulosti lidé konzumovali stravu, která byla především rostlinného původu. Byla tedy bohatá na vlákninu a obsahovala pro lidský organismus nízké glykemické zatížení. Tato strava se vyznačovala nízkou hladinou cholesterolu. Glykemické zatížení, obsah živin a obsah vlákniny byly ve stravě lidí velmi znatelně změněny zhruba před 10 000 lety, kdy bylo zavedeno průmyslové zemědělství a zvířecí chov. Navzdory tomu se však strava lidí i nadále skládala hlavně ze surových zrn a zeleniny, které byly bohatým zdrojem vlákniny. Lidé byli fyzicky aktivní. Životní styl lidí se výrazně změnil po nástupu průmyslové revoluce. Během posledních 200 let se zvýšil podíl technologie ve zpracování stravy, což také vedlo k výraznému snížení obsahu vlákniny. Zvýšila se zejména konzumace masa a produktů z něj, což mělo obecně za následek zvýšení příjmu tuků a cholesterolu. Rostlinná strava byla konzumována v menším množství. Z této skutečnosti je usuzováno, že dnešní chronická onemocnění, mezi která patří např. srdeční příhoda nebo diabetes typu 2, jsou způsobeny právě touto radikální změnou. Byly provedeny mnohé studie, které se zabývaly rolí vlákniny v prevenci a ovlivnění chronických onemocnění. Tyto studie pokračují dodnes a jejich počet se zvyšuje. [5]

2.2.1 Význam a výskyt vlákniny

Výhody, které konzumace vlákniny ovlivňuje, zahrnují např. snížení rizika koronární srdeční příhody, diabetu, obezity a možného výskytu některých forem rakoviny. Příkladem konzumovaných surovin mohou být otruby z ječmene, ovse nebo psyllia, které patří většinou mezi rozpustnou vlákninu. Jsou konzumovány kvůli jejich schopnosti snižovat hladinu krevních lipidů. Naproti tomu otruby pocházející z pšenice a jiných nerozpustných forem vlákniny jsou známy pro své laxativní účinky. Začlenění vlákniny do jídelníčku má za následek snížení množství přijímaných kalorií, cholesterolu a tuku. [4]

Vláknina může potravinám taktéž dodávat některé funkční vlastnosti. Vláknina začleněná do různých druhů potravin (pečivo, mléčné výrobky, džemy, maso), může měnit vlastnosti daných potravin. [4] Jedná se především o rozpustnost, viskozitu, schopnost tvorby gelů, dále ovlivnění kapacity vazby vody a oleje, popř. vazby minerálních organických molekul. Rozpustnost polysacharidů a další funkční vlastnosti závisí na jejich struktuře. Lineární polysacharidy se rozpouštějí obtížně nebo jsou zcela nerozpustné, na rozdíl od vysoce větvených polysacharidů (arabská guma), které jsou rozpustné lépe. Ke zvýšení rozpustnosti vede větší větvení polysacharidů, přítomnost ionizující skupiny, polohové propojení a molekulární změny monosacharidových jednotek. [10, 12]

Zvyšující se molekulární hmotnost řetězce obvykle zvyšuje viskozitu vlákniny v roztoku. Týká se to gum, mezi které se řadí např. guarová guma nebo lokustová guma. Tyto gummy mají dlouhý polymerní řetězec a váží značné množství vody. Zvyšují tak viskozitu vlákniny v roztoku. Naproti tomu vysoce rozpustné vlákniny, jako jsou vysoce rozvětvené polymery nebo polymery s krátkým řetězcem (arabská guma, inuliny a oligosacharidy) se vyznačují malými viskozitami. Tento typ vlákniny se na rozdíl od gum s dlouhými řetězci může přidávat do potravin ve větším množství. [10]

Hlavní technologické funkce pektinu nebo guarové gummy, jsou právě v tvorbě gelů a slouží tak zejména jako zahušřovadla. Ostatní složky vlákniny mohou pozměnit či stabilizovat texturu potravin a prodloužit tak jejich dobu trvanlivosti, popřípadě mohou zlepšit jejich chuťové vlastnosti. [3, 10, 11]

Další důležitou vlastností některých gum je schopnost želatinace. Škrobová zrna přijímají z atmosféry vodu a jsou ve studené vodě nerozpustná. Při zahřívání suspenze škrobových zrn dochází ke zvyšování množství absorbované vody a to až do dosažení želatinační teploty. Při želatinační teplotě dochází k bobtnání zrn. Želatinační teplota se pohybuje okolo 50-70 °C a závisí na druhu škrobu, poměru množství škrobu a vody, pH prostředí a přítomnosti složek, jako jsou např. soli, cukry, lipidy, anebo bílkoviny. Změny škrobových zrn jsou po dosažení želatinační teploty nevratné. Dochází k přerušování vazeb a proniknutí molekul vody do amorfní struktury zrn. Voda zde interaguje s volnými místy polymerů. Hydratované řetězce se od sebe oddalují a odkrývají tím další vazebná místa, která taktéž interagují s vodou. Dochází k rozpadu dvojité šroubovice postranních řetězců amylopektinu. Původně krystalická struktura se mění na strukturu amorfní. Škrobové granule intenzivně bobtnají a zvětšují svůj objem. Při dalším zahřívání se některé molekuly amylosy a amylopektinu dostávají k povrchu škrobových granulí. V důsledku toho dochází k růstu viskozity. Želatinace závisí na typu gummy, její koncentraci, teplotě, přítomnosti iontů nebo na pH. Proto jsou např. guarová nebo arabská guma v potravinářském průmyslu využívány jako stabilizátory. Společně s těmito gummy je také používán škrob nebo inulin. Tyto látky

ovlivňují celkovou strukturu potravin. Oproti gumám se však používají ve vyšší koncentraci. [10, 12]

Některé vlákniny, vyskytující se v potravinách se také vyznačují schopností vázat olej. Tato vlastnost závisí především na chemickém složení a je závislá od porozity vlákniny. [10]

Některé typy vláknin obsažené v ovoci a zelenině mají navíc schopnost vázat různé kationy, mezi které patří např. kationy vápníku, kadmia, zinku nebo mědi. Schopnost závisí od struktury dané vlákniny a také od síly iontů a jejich vlastností. [10]

Suroviny obsahující vlákninu bývají také zdrojem bioaktivních sloučenin, mezi něž patří např. polyfenoly a esenciální oleje. Tyto látky se využívají jako hodnotné suroviny v potravinářském, kosmetickém a farmaceutickém průmyslu. Příkladem toho mohou být zbytky, které se získávají při průmyslovém zpracování citrusů, kdy se zpracovává dřevní část citrusů, jejich obvodová plocha oplodí a také barevná vnější citrusová kůra. [4]

Jak už bylo zmíněno, vláknina se vyskytuje zejména v cereáliích, zelenině, ovoci a ořešících. Mimoto je také obsažena v řasách. Její množství je přitom rozdílné podle druhu dané suroviny. Strava bohatá na vlákninu má nižší energetickou hodnotu, často má nižší obsah tuků, má však větší objem a je bohatší na živiny. [1, 4]

V poslední době jsou na trhu k dostání tzv. koncentráty vlákniny, kterými je možno obohacovat i pokrm, které mají jinak poměrně nízký obsah vlákniny. Tyto koncentráty se vyrábějí např. ze zbytků jablek po odlisování šťávy nebo z řepných řízků. Nevýhodou vlákninových koncentrátů je, že snižují vstřebatelnost některých minerálních látek a vitamínů. Zároveň jich však obsahují jen minimální množství. Někteří výrobci proto koncentráty obohacují právě o chybějící vitaminy a minerální složky. Na trhu se mimo jiné objevují ovocné džusy, šťávy, anebo sýry, které jsou o vlákninu obohaceny. Prospěšnější variantou však stále zůstává přijímat vlákninu z potravin, které ji obsahují přirozeně. [3]

Pro porovnání je v příloze v Tab. 11 uveden obsah vlákniny některých surovin. Obsah vlákniny je uveden pro 100 g suroviny. Nejvyšší obsah celkové vlákniny obsahují převážně obiloviny. Poměrně vysoký obsah celkové vlákniny obsahují také některé luštěniny, popř. semena a ořechy.[1]

2.2.2 Doporučený příjem vlákniny

U dospělého jedince je doporučená denní dávka konzumace vlákniny 20-35 g. Doporučený denní příjem vlákniny je různý pro ženy a muže. Podle současných doporučení by měla být průměrná denní spotřeba vlákniny u žen ve věku mladších 50 let 25 g. U žen starších 50 let poté 21 g. U mužů mladších 50 let by se měla denní průměrná spotřeba vlákniny pohybovat okolo 38 g a u mužů starších než 50 let poté okolo 30g. Většina dietních poradců radí, že by mělo 20-30% denního příjmu vlákniny pocházet z její rozpustné formy. [4, 10]

V roce 2007 byl v České republice přijat pracovní dokument komise Evropských společenství, který se nazývá Strategie pro Evropu. Dokument se týká zdravotních problémů, které souvisejí s výživou. Podle tohoto dokumentu lze předpokládat, že 80 % případů onemocnění srdce, cévních mozkových příhod, diabetu typu 2 a 40 % případů rakoviny by bylo možno předejít při vyloučení rizikových faktorů životního stylu. Podle organizace WHO (World Health Organization) většina rizikových faktorů působících na zdraví člověka souvisí s výživou. Mezi rizikové faktory patří zejména nadměrný příjem soli, vysoký příjem

alkoholu, nevhodné složení tuku, vysoký příjem energie a nedostatečný příjem ovoce a zeleniny. Byl doporučen zvýšený příjem vlákniny na 30 g za den u dospělých, u dětí od druhého roku věku poté na 5 g. U starších dětí se k 5 g připočítá tolik gramů vlákniny, kolik roků dítě má. Výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky byla vydána Společností pro výživu v roce 2004. Tato doporučení byla v roce 2012 inovována. Do doporučení přibyla doporučení ve vztahu k dětskému věku, výživě těhotných a kojících žen a k výživě starších lidí. [35]

2.2.3 Vliv rozpustné a nerozpustné vlákniny na lidské zdraví

Mezi rozpustnou vlákninu patří některé hemicelulosity. Jedná se asi o třetinu arabinoxylanů obilovin, mající strukturní funkci, asi polovinu β -glukanů ječmene nebo určitý podíl glukomannanů a galaktomannanů luštěnin, které se zařazují mezi rostlinné gummy. Dalšími rozpustnými sloučeninami jsou také pektiny, rostlinné slizy, modifikované škroby a modifikované celulosy nebo polysacharidy mořských řas. Nerozpustnou vlákninu tvoří celuloza, některé druhy hemicelulosy a lignin. [12]

Nerozpustná vláknina zvětšuje objem potravy, zkracuje dobu průchodu potravy trávicím traktem a zlepšuje peristaltiku střev, naproti tomu rozpustná vláknina zvyšuje viskozitu obsahu žaludku a střev, zpomaluje promíchávání jejich obsahu a omezuje přístup pankreatických amylas a lipas k potravě, tím také omezuje absorpci živin střevní stěnou. Dochází ke zpomalení průchodu střevního obsahu a k navázání minerálních látek (např. ionty vápníku, železa, mědi nebo zinku). Část navázaných kationtů se uvolní během fermentace v tlustém střevě. [12]

Rozpustná vláknina je částečně štěpena trávicími enzymy již v horní části trávicího traktu. Nerozpustná vláknina odolává trávení v tenkém střevě a je spolu s rozpustnou vlákninou metabolizována pouze mikroorganismy, které se vyskytují v tlustém a slepém střevě. Konečnými produkty jsou plyny (oxid uhličitý, vodík, případně methan) a využitelné nižší mastné kyseliny (např. kyselina propionová, octová a máselná). [12]

Konzumace vlákniny napomáhá proti zácpě, gastrickým a duodenálním vředům, hemoroidům, případně proti rakovině střev a konečníku. Také je doporučována při ovlivnění hladiny krevní glukosy při některých typech diabetu (zejména druhého typu). Mimoto, konzumace vlákniny snižuje hladinu krevního cholesterolu a tím napomáhá k předcházení kardiovaskulárních chorob. [12]

2.2.4 Glykemický index

Glykemický index se definuje jako plocha pod vzestupnou částí křivky hladiny krevní glukosy po strávení potraviny s obsahem 50 g sacharidů v intervalu dvou hodin. Hodnota vzestupu hladiny krevní glukosy se srovnává s příjmem ekvivalentního množství glukosy (nebo bílého chleba), které slouží jako referenční sacharidový zdroj. [40]

Hodnota glykemického indexu se zjišťuje na základě platných vědeckých metod. Měření probíhá u deseti a více zdravých lidí, kteří zkonsumují stravu obsahující 50 g stravitelných sacharidů. Vlivem strávení dochází ke změně hladiny krevní glukosy. Změna se sleduje v průběhu dvou hodin a je měřitelná jako plocha glykemické odpovědi. Ti samí jedinci později konzumují ekvivalentní množství sacharidů v podobě referenční potraviny. Během dalších dvou hodin je opět sledována a měřena odezva hladiny krevní glukosy. Hodnoty

glykemických indexů testované potraviny jsou u každého člověka vypočítány jako podíl glukosy v testované potravíně a glukosy v referenční potravíně. Hodnota konečného glykemického indexu potraviny je stanovena jako průměrná hodnota glykemických indexů všech deseti zúčastněných lidí. [39]

Různé potraviny, které obsahují stejné množství sacharidů, nemají stejný vliv na hladinu cukru v krvi. Glykemický index (GI) udává rozdělení potravin, které obsahují sacharidy, a to podle vyvolaného zvýšení hladiny krevního cukru, po požití dané potraviny. Konzumace potravin s vysokou hodnotou GI se projeví rychlým zvýšením hladiny cukru v krvi, zatímco požití potravin s nízkou hodnotou GI ovlivní zvýšení hladiny krevního cukru jen velmi pomalu. Konzumace potravin s nízkým GI může pomoci lidem s diabetem zajistit rovnoměrný a pomalý přechod glukosy do krve. Hodnota GI může být také nápomocná sportovcům, kdy potraviny z nízkou hodnotou GI mohou přispět k prodloužení přechodu glukosy do krve a naopak potraviny a nápoje s vysokou hodnotou GI mohou ovlivnit rychlé doplnění glykogenu ve svalech po vykonaném tělesném výkonu. Strava, která obsahuje převahu potravin s nízkou hodnotou GI má pozitivní vliv na prevenci diabetu a koronárních onemocnění v pozdějším věku. Potraviny s nízkou hodnotou GI mohou také napomoci při snižování hmotnosti.

Mezi potraviny, které mají nízkou hodnotu GI, se řadí žitný chléb, těstoviny, luštěniny, oříšky nebo předvařená rýže. Mezi potraviny mající střední hodnotu GI patří všechny typy otrub, ovesné vločky a sladké brambory. Vysokou hodnotu GI má většinou chléb nebo sníadaňové cereálie. Hodnotu glykemického indexu a rychlost absorpce ovlivňuje původ škrobu, velikost částic, pH, množství vlákniny, tuku a proteinu v závislosti na metodě a délce přípravy pokrmu. [5, 37]

2.2.5 Fyziologická role vlákniny v potravě

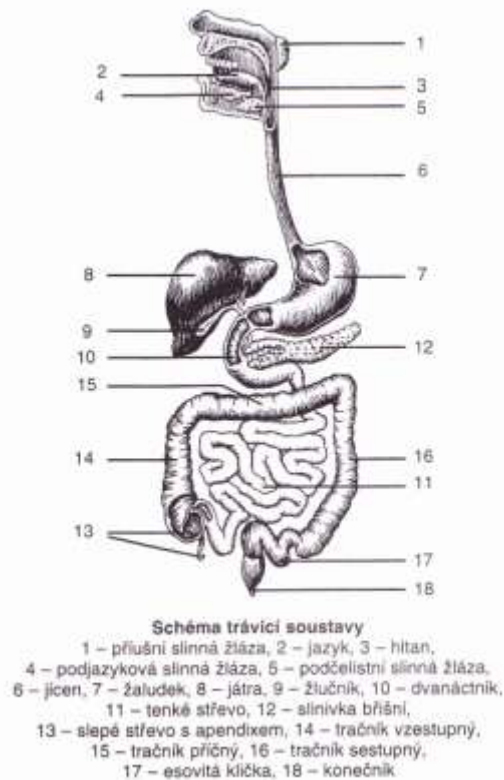
Vláknina se skládá z mnoha různorodých sloučenin, proto je důležité uvědomit si, jaké odlišné fyzikálně chemické vlastnosti tyto složky mají a jaký by mohly mít případný dopad na gastrointestinální trakt člověka. [13]

2.2.5.1 Gastrointestinální absorpce a trávicí procesy

Trávicí soustava je místem, kde do těla vstupují živiny, minerály a tekutiny. Bílkoviny, tuky a polysacharidy jsou převážně v tenkém střevě rozštěpeny na jednodušší vstřebatelné jednotky. Trávení se účastní velké množství trávicích enzymů. Enzymy produkované slinnými žlázami a žlázkami na hřbetě jazyka štěpí sacharidy a tuky, žaludeční enzymy štěpí bílkoviny a tuky, enzymy exokrinní části pankreatu rozkládají sacharidy, proteiny, lipidy, DNA a RNA. Enzymy, které dokončují trávicí procesy, se nacházejí na povrchu sliznice tenkého střeva. Enzymovému působení pomáhá přítomnost kyseliny chlorovodíkové, která je vytvářena v žaludku a také přítomnost žluče, která je produkována játry. [33]

Orgány trávicího systému lze rozdělit do dvou hlavních skupin a to na trávicí trubici a přídatné trávicí orgány. Do trávicí trubice se řadí dutina ústní, hltan, jícen, žaludek, tenké a tlusté střevo. Tlusté střevo poté ústí do řitního otvoru. Mezi přídatné trávicí orgány patří slinné žlázy, játra a slinivka. Přídatné orgány jsou spojeny s trávicí trubicí pomocí vývodů. Přídatné žlázy produkují sliny, žluč a trávicí enzymy. Všechny zmíněné části se podílejí na trávení potravy. [34]

Do trávicí trubice se potrava dostává dutinou ústní. Zde je potrava rozmělněna, zvlhčena slinami a posunována jazykem. Dochází zde také ke styku rozmělněné potravy se slinami. Ve slinách je přítomna slinná amylasa, která hydrolyticky štěpí škrob a glykogen. Kromě slinné amylasy jsou ve slinách přítomny muciny, které mají hlenovitou strukturu a zajišťují usnadnění polykání a žvýkání. Sliny mohou mít také ochranný efekt. Obsahují totiž imunoglobulin A a lysozym. Tyto látky vytváří ochrannou bariéru proti vniknutí patogenních mikroorganismů do těla. [31, 41] Spolknutím se potrava dostane do ústní části hltanu. Posléze je posunuta do hrtanové části hltanu. Potrava pokračuje jícnem do žaludku. Žaludek plní funkci dočasného zásobníku, ve kterém je potrava natrávena a přeměněna na tráveninu. Dochází k trávení bílkovin pomocí pepsinu. Nastává také vstřebání některých látek (vody, elektrolytů a alkoholu). Trávenina poté přechází do tenkého střeva. Tenké střevo je místem většiny enzymatických trávení. Dochází v něm ke vstřebání veškerých živin. Během trávení v tenkém střevě dochází k segmentačním pohybům. Trávenina je při nich posunována dopředu a zase zpátky, čímž se zvýší kontakt mezi potravou a sliznicí střeva. Stěna tenkého střeva obsahuje tři struktury, které značně zvětšují jeho plochu. Jedná se o cirkulární (kruhovitě) řasy, klky a mikroklky. Většina vstřebávacích dějů nastává v horní části tenkého střeva. Plazmatická membrána mikroklků obsahuje navíc enzymy, které dokončují proces rozkladu živin. Díky přítomnosti cirkulárních řas, klků a mikroklků dochází ke zvětšení povrchu tenkého střeva až na 200 m². Téměř strávený obsah poté přechází do tlustého střeva. Dochází v něm k trávicím procesům, při kterých se zapojují bakterie, které osídlují tlusté střevo. Dochází v něm ke vstřebání zbývajících malého množství živin. Hlavní funkcí tlustého střeva je vstřebání vody a elektrolytů z tráveniny. Pohybu tráveniny opět napomáhají peristaltické vlny, které posunují střevní obsah do konečnickové oblasti. Zde je zbylý nestrávený obsah vyloučen ve formě stolice z těla ven. [13, 34]



Obr. 9: Schéma trávicí soustavy člověka [22]

2.2.5.2 *Gastrointestinální pohyblivost a její kontrola*

Činnost trávicí soustavy je řízena prostřednictvím střevního nervového systému. Mimo to je posun tráveniny stimulován cyklickými peristaltickými pohyby. Význam dietní vlákniny v této oblasti spočívá v tom, že snižuje tranzitní čas tráveniny, čímž se zvyšuje četnost vyprazdňování (defekace). Tento předpoklad se vztahuje zejména k vláknině, která se vyskytuje v přírodních surovinách. Vlákna působí urychlujícím účinkem zejména v horní části gastrointestinálního traktu (žaludek a tenké střevo). Určitý vliv na rychlost pohybu tráveniny mají také samotné zažívací orgány. Ke zpomalení pohybu tráveniny dochází vlivem prodloužení hormonálních odpovědí dvanáctníku, terminálního ilea a střeva. Trávení závisí také na rychlosti vyprazdňování žaludku. [13]

V souvislosti vlákniny a rychlosti pohyblivosti tráveniny a množstvím fekálního objemu proběhla řada studií, avšak výsledky byly nejednoznačné. Některé potvrzují zpomalení tráveniny, jiné její urychlení nebo také, že k žádné změně v pohyblivosti tráveniny nedošlo. [13]

2.2.5.3 *Imunitní funkce gastrointestinálního traktu, prebiotický vliv vlákniny*

Gastrointestinální trakt je místem řady imunitních procesů. Tlusté střevo je působištěm velkého množství rozličné mikroflóry. Okolo 95 % této mikroflóry vytváří rod *Bacteroides* a *Clostridium*, méně než 2 % tvoří mikroflóra rodu *Lactobacilli* a *Bifidobacteria*. Dietní vláknina hraje v této úloze důležitou roli. Má vliv na množství těchto bakterií a jejich různorodost. Přítomnost jakékoli fermentovatelné dietní vlákniny pravděpodobně vede právě ke zvýšení počtu bakteriálních kolonií. [13]

Nedávné studie prokázaly, že přítomnost některých druhů sloučenin, jako např. alginátu, chitosanu nebo inulinu, vede k potenciální redukci produkce škodlivých metabolitů v tlustém střevě a tím může přítomná vláknina pomoci při prevenci vůči určitým onemocněním. Obvykle se tyto látky ještě kombinují s probiotiky, které se do trávicího traktu dostávají spolu s tráveninou. [13]

Přítomná mikrobiální flóra trávicího traktu je velmi variabilní a to jak kvantitativně, tak hlavně kvalitativně. Je závislá od geografické oblasti, je ovlivnitelná stravovacími návyky a k jejímu vývoji dochází během lidského života. Z klinického hlediska se mikroflóra trávicího traktu rozděluje do dvou skupin, a to na patogenní, která by v organismu za daných okolností neměla být přítomna a normální fyziologickou mikroflóru, která se vyskytuje v organismu v určité rovnováze. První skupina zmíněných mikroorganismů vyvolává prostřednictvím svých toxinů infekce, druhá je označována za protektivní a označuje se jako probiotická. [30]

Základní funkce střevního mikrobiálního systému jsou:

1) *Mikrobiální bariéra proti potenciálním patogenům a patogenům*

Mikrobiální bariéra je namířena proti patogenům, mezi které patří zejména salmonely, shigely, vibria a proti potenciálním patogenům, k nimž se zařazují helikobakter, klostridia, kandidy a jiné mikroorganismy. Tato mikrobiální bariéra také kontroluje přítomnost oportunní mikroflóry (pseudomonády, enterobakterie, stafylokoky, streptokoky). [30]

2) *Tvorba produktů mikroflóry a jejich vliv na prokrvení střevní mukózy a motilitu*

Aerobními i anaerobními mikroorganismy, které vytvářejí střevní mikroflóru, produkují volné krátké řetězce mastných kyselin, zejména kyselinu propionovou, máselnou a octovou. Kyselina mléčná je produkována převážně laktobacily a bifidobakteriemi. Tyto kyseliny jsou resorbovány prostřednictvím pasivní difúze střevní mukózou. Mimoto zvyšují prokrvení mukózy, ovlivňují motilitu a zvyšují sodíkovou a chloridovou střevní absorpci. [30]

3) *Ovlivnění střevního imunitního systému*

Hlavními bariérami proti vstupu antigenů jsou slizniční povrchy zažívacího, dýchacího a urogenitálního traktu. Imunitní systém střevních sliznic má za úkol zajistit bariéru proti patogenům, bariéru proti imunogenům a nereaktivnost vůči složkám potravy, které se do organismu dostaly v imunogenní podobě.

Buňky ve střevní sliznici po kontaktu s antigeny cestují lymfatickou cestou do krevního řečiště a odtud poté do všech endokrinních žláz a sliznic. [30]

4) *Redukce bakteriální translokace*

Pojem translokace byl definován jako přestup bakterií nebo jejich částí ze střeva do lymfatického systému, kde hrozí možný průnik do dalších různých tkání organismu. Systém mikroorganismů vyskytující se v trávicím traktu tedy zabraňuje možnému průniku a tím také vzniku infekce. [30]

5) *Produkce vitaminů*

Schopnost produkovat některé vitaminy mají zejména fyziologické kmeny *E. coli*. Tyto kmeny se mohou podílet na vzniku vitaminů B12, K1 a K2. Tvorba těchto vitaminů může být narušena při dlouhodobém užívání antibiotik. [30]

Podobu střevní mikroflóry ovlivňují i další faktory, mezi které patří mimo jiné dietní návyky, léky nebo stres. [30]

Mikroflóra trávicího traktu se vyvíjí v prvních měsících života. Strukturně i funkčně se odlišuje u novorozenců kojených a nekojených. Mikroflóra má vliv na vývoj imunitního systému sliznic a tím pádem na celkovou obranyschopnost dítěte. U kojených dětí převažují bifidogenní kmeny. Na rozdíl od toho u dětí nekojených nebo kojených kratší dobu se vyvíjí mikroflóra různorodá, což může mít později za následek výskyt průjmů nebo potravinových alergií. [30]

2.2.6 Onemocnění související s nedostatkem vlákniny ve stravě

Konzumace surovin obsahujících dietní vlákninu snižuje hladinu cholesterolu v krvi a pomáhá tím ustálit hladinu krevní glukosy a hladinu insulinu. Může tedy pomoci při léčbě kardiovaskulárních onemocněních nebo diabetu typu 2. Jak už bylo řečeno, dietní vláknina vystupuje také jako prebiotikum. Je fermentována v tlustém střevě střevní mikroflórou a podporuje tak normální laxaci. Má také vliv na léčbu zácpy a na předcházení tvorby divertikulů. Strava, která obsahuje vhodné množství dietní vlákniny je obvykle bohatá na obsah živin. Strava bohatá na vlákninu je strávena pomaleji, což u člověka vyvolá rychleji pocit nasycenosti. Často obsahuje také méně kalorií, z čehož vyplývá, že bude obsahovat také méně tuků a přidaných cukrů. Z tohoto důvodu může mít dietní vláknina také pozitivní vliv na léčbu obezity. [14]

Vláknina taktéž významně zvyšuje vylučovaný fekální objem, zrychluje tranzitní čas vylučování, produkci střevního plynu, bakteriální metabolismus a produkci organických aniontů, mezi které patří např. žlučové soli nebo krátké řetězce mastných kyselin. Mastné kyseliny, které jsou produkovány ve střevě (např. octová nebo propionová kyselina), mohou být vysvětlením, proč dietní vláknina reguluje fekální objem a rychlost tranzitního času. Mastné kyseliny jsou hlavními anionty, které jsou ve fekáliích obsaženy a při střevním pH jsou z 99% ionizovány. Kvůli jejich lipofobnímu charakteru jsou velmi málo absorbovatelné a mohou tedy být příčinnou častých průjmů. [2]

2.2.6.1 Vliv vlákniny na divertikulární onemocnění a rakovinu střev

Divertikly vznikají při průchodu stravy střevem. Trávenina, která prochází střevem, obsahuje malé množství vlákniny, je více viskózní a tudíž se pohybuje pomaleji. Lidé s touto chorobou mají zúžený vnitřní prostor střev, což způsobuje, že střevem může projít pouze menší objem stravy. [2] Při průchodu stravy střevem, reaguje střevo silnějšími kontrakcemi. Působí tedy vyšším tlakem, což způsobí tvorbu divertikulů. Běžná léčba tohoto onemocnění spočívá v konzumaci stravy bohaté na dietní vlákninu. [14]

Problematikou vlákniny a jejího možného vlivu na rakovinu střev se zabývala celá řada studií, ale pozitivní vliv nebyl ani u jedné zcela potvrzen. [5] Všeobecně však vláknina snižuje tranzitní čas vylučování a snižuje tak při přítomnosti patogenních mikroorganismů možnost produkovat jejich karcinogenní látky. Zajistí tak méně času, který karcinogeny stráví v tlustém střevě. Některé studie přisuzují vláknině možný pozitivní vliv na předcházení této nemoci. [2] Výsledky jiných studií byly ovlivněny celou řadou různých faktorů, mezi které patřilo zejména přesné stanovení skutečného množství přijaté vlákniny. Pro budoucí studia je tedy potřeba vypracovat vhodnou metodu klasifikace pro různé typy dietní vlákniny. [5]

2.2.6.2 Vliv vlákniny na diabetes typu 1 a 2

Jak již bylo zmíněno, hlavním faktorem pro řízení tohoto onemocnění je glykemická kontrola. V závislosti na této skutečnosti doporučují různé světové organizace, mezi které patří např. i EASD (European Association for the Study of Diabetes), zvýšený příjem vlákniny u osob, které mají diabetes typu 2. Doporučuje se také příjem potravin s nízkým, anebo se středním glykemickým indexem. Tyto potraviny jsou zdrojem nejvyššího množství vlákniny. Výsledky studií sice opět nebyly jednoznačné, celkově však bylo prokázáno, že strava, která je bohatá na obsah vlákniny a má nízký glykemický index je prospěšná pro řízení a prevenci této nemoci. [5]

Množství jiných pozorování však také ukázalo, že přidavek viskózní dietní vlákniny zpomaluje rychlost vyprazdňování, trávení a také absorpci glukosy, což má prospěšný vliv na okamžitý postprandiální metabolismus glukosy. Došlo tak ke zlepšení glykemické kontroly a ke snížení počtu hypoglykemických ataků u osob s diabetem typu 1. [14]

Při léčbě diabetu hraje důležitou roli strava. Jak uvádí literatura, je důležitá pravidelnost stravování a je doporučováno konzumovat spíše komplexní sacharidy, tedy např. škrob nebo inulin. Doporučuje se snížit podíl tuků a bílkovin a zvýšit podíl vlákniny. [3]

2.2.6.3 Vlákna a obezita

Obezita je rizikovým faktorem jak pro diabetes typu 2, tak pro ischemickou srdeční chorobu. Po provedení řady studií bylo prokázáno, že konzumace potravin bohatých na obsah vlákniny, mající nízký glykemický index, je efektivním řešením pro zhubnutí a tedy i snížení rizika výše zmíněných chorob. [5]

Obezita je také současným problémem u dětí. V rozvojových zemích je obezita u dětí vzácná. Je to dáno typem stravování. Děti zde totiž konzumují bohatší stravu na dietní vlákninu. Obezita u dětí převládá v západních zemích, kde konzumace dietní vlákniny není až tak vysoká. [15]

2.2.6.4 Vlákna a žilní onemocnění a ischemická choroba srdeční

Varikozity žil, hemoroidy a žilní trombózy jsou způsobeny tlakem střeva na krev v žilách, která přichází ze stehenní oblasti dolních končetin. Vytvořený tlak mezi střevem a žilou může představovat určitou překážku pro její průchod. [2]

Jak nadměrná hmotnost, tak diabetes typu 2 jsou hlavní příčinou vzniku ischemické srdeční choroby. Velkým množstvím studií, ve kterých byly zkoušeny různé typy stravy, bylo prokázáno, že strava, která obsahuje velké množství vlákniny a má nízký glykemický index, může pozitivně snížit riziko srdeční příhody tím, že sníží příčiny vzniku tohoto onemocnění, tedy např. značně sníží hladinu cholesterolu v krvi. [5] Tato choroba může být podmíněna i dalšími faktory, jako je dědičnost nebo to, zda člověk pravidelně cvičí a udržuje se tak v dobré fyzické kondici. [2]

Ve studiích, které zkoumaly snížení hladiny cholesterolu v krvi v souvislosti s dietní vlákninou, byly testovány zejména β -glukan a psyllium. Studie sledovaly různé aspekty kvality a vlastnosti vlákniny. Jednalo se např. o rozpustnost ve vodě, viskozitu, zkvasitelnost a množství proteinů. Bylo zjištěno, že viskozita hraje důležitou roli při snižování hladiny cholesterolu v krvi. [14]

2.2.7 Rozdělení druhů chleba

Jak už bylo zmíněno, obiloviny patří mezi suroviny, vyznačující se vysokým obsahem vlákniny. Z různých druhů obilovin se poté vyrábí pečivo, do něhož patří také chléb. Princip zpracování surovin pro výrobu hotového chleba je i přes odlišné použité receptury na celém světě stejný. Obiloviny se umelou na mouku požadovaných vlastností, zejména záleží na obsahu lepku, popela či granulaci. Pečivo se u nás vyrábí převážně z pšeničné mouky. Kromě toho, že pšenice slouží k výrobě pečiva, používá se také jako přídatná látka do některých jiných potravin (některé masné, mléčné výrobky). Kromě pšenice se pro výrobu mouk používají také plodiny, mezi které patří žito, ječmen nebo oves. Všechny tyto obiloviny obsahují ve svém endospermu druh proteinu, který je zodpovědný za vznik potravinové alergie - celiakie.

Aby se získala mouka, musí se celá zrna obilovin mechanicky zbavit vnějších nestrávitelných částí (pluchy). Poté se oddělí vnitřní části endospermu (otruby a klíčky). Zbývající část endospermu je následně rozemleta podle potřebné hrubosti, za vzniku mouk různé jemnosti (hladká, polohrubá, hrubá mouka, popřípadě krupice). Struktura obilného zrna je znázorněna na Obr. 10. Připravená mouka je poté smíchána s ostatními surovinami, zejména s vodou a je vymísena na těsto. Těsto se nechá nakynout, vytvaruje se a podrobí

různým povrchovým úpravám, mezi které patří např. vlašzení, sypání nebo zdobení. Posléze se upeče. Tímto způsobem vznikají různé druhy pečiva, které se odlišují ve způsobu výroby a také v druhu použitých surovin (mlýnských obilných výrobků). [28, 42]

Mezi hlavní suroviny pro výrobu chleba patří tedy mouka, voda a sůl. Mezi další suroviny patří kmín, droždí, popř. další technologicky významné látky, které jsou důležité z hlediska výživy, chuťových vlastností nebo technologie výroby. [28]

Podle obsahu použitých mouk (mlýnských obilných výrobků) se u nás druhy chlebů rozdělují v souladu s vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 333/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, do sedmi skupin:

- *Pšeničný chléb*

Obsahuje nejméně 90 % pšeničných mlýnských obilných výrobků (pšeničných mouk) z celkové hmotnosti přítomných mlýnských obilných výrobků. [28]

- *Žitný chléb*

Obsahuje nejméně 90 % žitných mlýnských obilných výrobků (žitných mouk) z celkové hmotnosti přítomných mlýnských výrobků. [28]

- *Žitno pšeničný chléb*

Obsahuje více jak 50 % žitné mouky v poměru k mouce pšeničné. Pšeničné mouky musí být více než 10 % z celkové hmotnosti mlýnských obilných výrobků. [28]

- *Pšenično žitný chléb*

Obsahuje více jak 50 % pšeničných mlýnských výrobků (pšeničných mouk). Podíl mlýnských obilných výrobků ze žita musí být větší než 10 % z celkové hmotnosti mlýnských obilných výrobků. [28]

- *Celozrnný chléb*

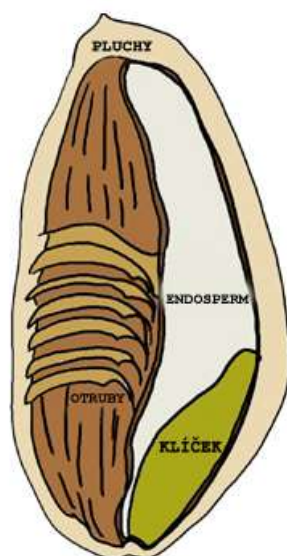
Těsto takového chlebu musí obsahovat nejméně 80 % celozrnných mouk nebo jim odpovídající množství upravených obalových částic z obilky. [28]

- *Vícezrnný chléb*

Do těsta jsou přidány mlýnské výrobky z jiných obilovin než pšenice a žita. Jedná se většinou o luštěniny nebo olejniny, které jsou zastoupeny v celkovém množství nejméně 5 % z celkové hmotnosti použitých mlýnských výrobků. [28]

- *Speciální druhy chleba*

Tímto druhem pečiva se rozumí chléb, který obsahuje kromě mlýnských výrobků z pšenice a žita ještě další složky. Mezi tyto složky patří např. obiloviny, olejniny, luštěniny, vláknina, suché skořápkové plody, zelenina, mléčné výrobky nebo brambory. Tyto složky musí být zastoupeny v množství nejméně 10 % z celkové hmotnosti mlýnských výrobků. Zařazují se zde také netradiční druhy chlebů, např. pita chléb, arabský chléb nebo obdobné druhy chleba plochého tvaru o hmotnosti nižší než 400 g, které obsahují nejméně 50 % podíl mlýnských výrobků a jsou zpravidla kypřené kvasem nebo droždím. [28]



Obr. 10: Schéma obilného zrna [42]

2.2.8 Bezlepkové pečivo

Na konzumaci bezlepkového pečiva jsou odkázáni lidé mající onemocnění nazývané celiakie. Nesmí konzumovat obiloviny, mezi které patří např. pšenice, žito, ječmen nebo oves a také výrobky vyrobené z nich. [29]

Lepek, který je příčinou alergie, je bílkovina obsažená ve výše zmíněných obilovinách. Pro náhradu obilovin obsahujících lepek je vhodná rýže, pohanka, sója nebo proso. [29]

Právní úpravu o složení a označování potravin vhodných pro bezlepkovou dietu upravuje nejenom česká právní úprava. Tato problematika je v současné době upravena zejména i předpisy na evropské úrovni, tedy nařízením a směrnicemi Evropské unie.

2.3 MOŽNOSTI A ZPŮSOBY STANOVENÍ VLÁKNINY V POTRAVINÁCH

Pro srovnání potravin z pohledu obsahu vlákniny, byly zavedeny databáze, pojednávající o složení daných potravin. Tyto databáze využívá potravinářský výzkum, slouží však také jako podklady potravinářskému průmyslu, výživovým poradcům nebo jako zdroj informací pro vzdělávání. [6]

2.3.1 Vývoj a přehled metod pro stanovení vlákniny

Pro měření dietní vlákniny bylo navrženo během několika posledních desetiletí značné množství metod. Většina metod slouží jednak ke komerčnímu stanovení vlákniny, některé z metod se však využívají také v oblasti výzkumu. [1]

- Byla vyvinuta metodika pro analýzu semen. Metoda byla vhodná pro stanovení vody a lipidů. [1]

- Dále se vyvinula metoda stanovení hrubé vlákniny. Hrubá vláknina se stanovila působením kyseliny sírové a hydroxidu sodného. [1]
- Roku 1970 byla vyvinuta metoda pro stanovení neutrální detergentní vlákniny. Metoda jako první stanovila množství nerozpustné vlákniny a ligninu v dietní vláknině. Metoda však využívá nešetrné gravimetrické měření, které je nevhodné pro proměření potravin obsahující vysoký obsah rozpustné vlákniny. Hodnota hrubé vlákniny však ještě neobsahuje množství dietní vlákniny. Mimoto bylo prokázáno, že při chemickém zacházení dochází k velké ztrátě stanovované vlákniny. [1]
- Metoda invitro byla vytvořena pro zjištění množství dietní vlákniny člověka. Ke stanovení se využilo působení pepsinu a pankreatinu. Princip metody spočíval v maximálním enzymatickém natrávení škrobu a bílkovin prostřednictvím trávicího traktu člověka a v získání minimálního množství zbylých nestrávitelných složek. [1]
- Technika Southgate z roku 1976 se zabývala stanovením jak rozpustné, tak nerozpustné vlákniny. Navíc stanovovala množství ligninu. Její nevýhodou je, že pro analýzu cukrů užívá spíše nepřesné techniky a také to, že neúplně odstraňuje škrob obsažený v některých potravinách. [1]
- Metoda Theandera a Amana z roku 1979 je považována za nejvíce použitelnou techniku pro měření celkové, rozpustné a nerozpustné vlákniny. Neodděluje však celulosu od nerozpustných celulosu neobsahujících polysacharidů. [1]
- V roce 1982 byla vylepšena technika Southgate. Pro přímé měření cukrů byla použita plynová a kapalinová chromatografie. Metodou však nelze změřit množství ligninu. [1]
- V roce 1985 byla Asociací oficiálních analytických chemiků (Association of Official Analytical Chemists) představena oficiální metoda AOAC, která se značí číslicemi 985.29. Metodou se stanoví celková dietní vláknina v potravinách. [17]
- Následně byla roku 1991 optimalizována gravimetrická metoda. Ta měří taktéž celkovou vlákninu v potravinách a značí se číslicemi 991.43. [17]
- Byla vyvinuta Englystova metoda, která stanovuje množství neškrobových polysacharidů a ligninu. [18]
- Ekvivalentem metody 991.43 je metoda AACC, označována číslem 32-07. Pomocí těchto metod se dá stanovit jak vláknina rozpustná, tak nerozpustná. [19]

Metoda AOAC spolu s enzymaticko-chemickou Englystovou metodou patří mezi nejběžněji užívané metody pro současné stanovení dietní vlákniny v potravinách. [18]

Klasifikace na základě metody AOAC je obzvláště důležitá ve Spojených státech amerických. Dává totiž Úřadu pro kontrolu potravin a léčiv (FDA, Food and Drug Administration) informaci, zda daná potravina obsahuje dietní vlákninu. Dietní vláknina se poté uvádí na etiketě výrobku. [19]

V Evropě je běžně využívanou analytickou metodou stanovení metoda Uppsala. Byla přijata Asociací oficiálních chemiků pod označením 994.13. Mimo jiné se v Evropě využívá také již zmíněná Englystova metoda. [19]

Na základě zkušeností a poznatků při stanovování vlákniny byly současné metody pro stanovení vlákniny v potravinách rozděleny do tří skupin:

- neenzymaticko-gravimetrická metoda,
- enzymaticko-gravimetrická metoda,
- enzymaticko-chemická metoda.

Stanovení množství dietní vlákniny v potravinách je otázkou komplexní. Je spojena se samotnou definicí vlákniny a pak také s důležitostí výběru vhodné analytické metody. [4]

Analytické metody pro stanovení dietní vlákniny se mohou rozdělit do dvou skupin. První skupina měří celkovou dietní vlákninu. Jedná se především o metody gravimetrické. Druhou skupinou metod jsou metody, které stanovují množství různých stavebních složek dietní vlákniny. Zde se řadí např. kolorimetrie, plynová a kapalinová chromatografie, popř. vysoce účinná kapalinová chromatografie. [17]

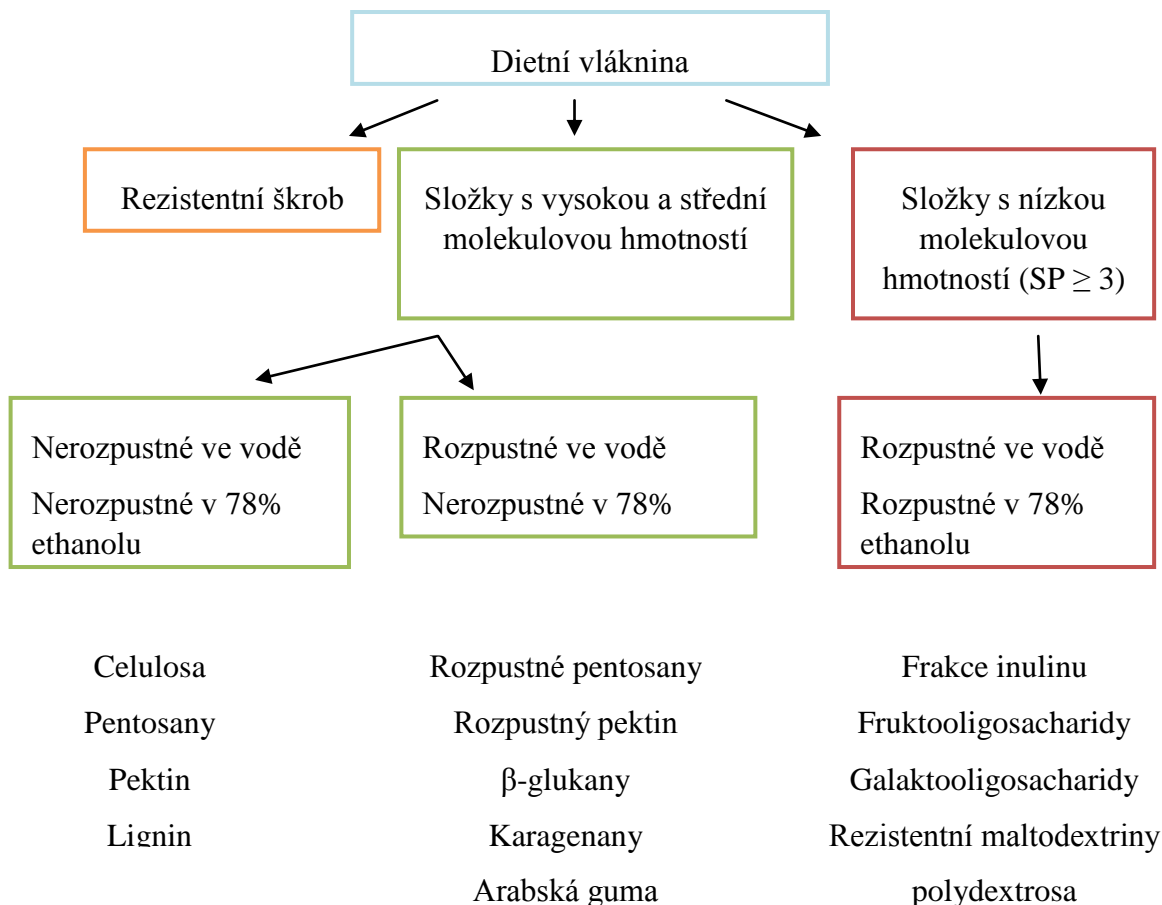
2.3.1.1 Neenzymaticko-gravimetrická metoda

Jedná se o nejstarší metodu stanovení. Zahrnuje stanovení surové vlákniny, neutrální detergentní vlákniny a kyselé detergentní vlákniny. Metoda neměří ve vodě rozpustné sloučeniny a neudává tedy obsah dietní vlákniny. Surová vláknina se skládá z reziduí, která zůstala po chemickém rozkladu vlákniny. Jedná se tedy o zbytky po hydrolytickém nebo oxidativním zpracování. Metoda byla obohacena o stanovení vlákniny prostřednictvím metody kyselé detergentní vlákniny. Metoda měří vlákninu jako sumu ligninu, celulózy a kyselé nerozpustné hemicelulózy. Na rozdíl od toho metoda neutrální detergentní vlákniny měří vlákninu jako sumu ligninu, celulózy a neutrální detergentní nerozpustné hemicelulózy. [4]

Zařazuje se zde také metoda stanovení podle Henneberga a Stohmanna. Tato metoda je vhodná pro stanovení vlákniny v potravinách a krmivech. Její princip spočívá v působení 5 % roztoku kyseliny sírové a 5 % roztoku hydroxidu sodného na zkoumaný vzorek. Množství získané vlákniny se poté stanoví gravimetricky. [23]

2.3.1.2 Enzymaticko-gravimetrická metoda

Tato metoda byla zavedena pro stanovení dietní vlákniny. Později se metoda začala používat i pro stanovení nerozpustné a rozpustné vlákniny. Metoda zahrnuje enzymatické zpracování škrobu a odstranění proteinu. Také dochází k vysrážení rozpustných sloučenin dietní vlákniny v ethanolu, k filtraci a v neposlední řadě ke zvážení zbytku vlákniny, obsažené v potravine. Ve zbytku vlákniny se provádí korekce pro protein a popel. Pomocí enzymaticko-gravimetrické metody lze stanovit skupinu polysacharidů, lignin, některé rezistentní škroby a další přidružené sloučeniny, mezi které patří např. vosky, sloučeniny fenolu nebo produkty Maillardovy reakce. Prostřednictvím této metody nelze stanovit oligosacharidy a zbylé rezistentní škroby. Během let 2000-2002 byla rozvinuta metoda, založená na metodě AOAC. Zahrnovala už také stanovení nestravitelných oligosacharidů. Tato metoda stanovovala rozpustnou i nerozpustnou vlákninu. [4]



SP - stupeň polymerace

Obr. 11: Klasifikace celkové dietní vlákniny v závislosti na její rozpustnosti v souvislosti s gravimetrickými metodami stanovení [17]

2.3.1.3 Enzymaticko-chemická metoda

Metoda byla vyvinuta na základě principů metody Southgate. Dietní vláknina je měřena jako neškrobový polysacharid. [4] Metoda se nazývá Englystova metoda. V této metodě dochází k enzymatické hydrolýze škrobu, vysrážení neškrobových polysacharidů 80 % ethanolem, kyselá hydrolýza a následnému proměření uvolněných složek neškrobových polysacharidů. Ty se stanoví buď pomocí plynové a kapalinové chromatografie (GLC), vysoce účinné kapalinové chromatografie (HPLC) nebo kolorimetricky. [24] Vyhodnocením se získají hodnoty pro jednotlivé monosacharidy a uronové kyseliny, které jsou poté stanovovány kolorimetricky. Hodnoty pro celkové množství cukrů lze získat spektrofotometricky. Zůstatek vlákniny po hydrolýze celkových nebo nerozpustných polysacharidů je znova podroben filtraci. Zůstatek je označován jako Klason lignin. Do Klason ligninu se kromě samotného ligninu zařazují také taniny, kutin nebo další látky bílkovinné povahy. U tepelně zpracované stravy zahrnuje také nestravitelné produkty Maillardovy reakce. Množství celkové vlákniny v potravinách je poté stanoveno jako suma neškrobových zbylých polysacharidů a Klason ligninu. [38] Hodnoty mohou být získány jak pro nerozpustnou, tak rozpustnou dietní vlákninu. Množství neutrálních cukrů, zbytků uronových kyselin a Klason ligninu může být také stanoveno metodou Uppsala. V této metodě je celková vláknina (nerozpustná i rozpustná) po odstranění škrobu znova vysrážena

80% ethanolem a odstředěna centrifugou. Rozpustná a nerozpustná vláknina je poté hydrolyzována kyselinou sírovou. Neutrální cukry jsou detekovány pomocí GLC, uronové kyseliny kolorimetricky a Klason lignin gravimetricky. [4]

Enzymaticko-chemická metoda měří pouze neškrobové polysacharidy a lignin. Enzymaticko-chemická metoda nezahrnuje množství dietní vlákniny, je to dáno ztrátou polysacharidů během hydrolyzy a/nebo derivatizace během použití GLC. [4]

Pokud bychom srovnali enzymaticko-gravimetrickou a enzymaticko-chemickou metodu dojdeme k závěru, že každá z těchto metod vyhodnotí obsah vlákniny jinak. Enzymaticko-gravimetrická metoda vyhodnocuje vyšší obsah vlákniny, oproti tomu enzymaticko-chemická metoda vykazuje hodnoty vlákniny menší. [4]

2.3.2 Metoda AOAC a její inovace

Tato metoda patří k nejvíce používaným metodám pro stanovení dietní vlákniny v potravinách. Metoda AOAC patří do metody enzymaticko-gravimetrické. [20] Obě její části, tedy metody 985.29 a 991.43, jsou založeny na enzymatickém odstranění škrobu a proteinu ze vzorku, působením amylasy a proteasy za příslušné teploty (90 a 60°C). Nerozpustná dietní vláknina je poté oddělena filtrací a rozpustná vláknina mající velkou molekulovou hmotnost je vysrážena 78% ethanolem a následně je také podrobena filtraci. Obě frakce vlákniny jsou vysušeny a zváženy. Dohromady udávají hodnotu celkové dietní vlákniny obsažené v daném vzorku. Pro chemicky definovanou dietní vlákninu, mezi kterou patří např. fruktany, galaktooligosacharidy, pektin, rezistentní škrob a rezistentní maltodextriny, byla vyvinuta speciální metoda. Metoda je označována pod číslem AOAC 2009.01. Vzorek je při ní nejdříve inkubován spolu s α -amylasou při teplotě 37°C. Protein je poté natráven proteasou při teplotě 60°C a nerozpustná a vysokomolekulární dietní vláknina je vysrážena 78% ethanolem. Nakonec je dietní vláknina stanovena gravimetricky. Nestravitelné oligosacharidy jsou měřeny v ethanolovém filtrátu pomocí HPLC. [17]

2.3.3 Laboratorní přístroje měřící dietní vlákninu

V současné době jsou na trhu k dostání také přístroje měřící dietní vlákninu. Zaručují zvýšenou automatizaci, která vede ke zlepšení laboratorních operací a omezení nákladů potřebných pro práci. Příkladem takového zařízení jsou analyzátory ANKOM 2000 nebo ANKOM 200. Tyto přístroje jsou schopny přesně stanovit množství kyselých detergentní vlákniny, neutrální detergentní vlákniny a surové vlákniny. Využívají filtrační sáčky, díky kterým může probíhat souběžně až 24 stanovení vzorků. Po procesu se vzorky usuší, zváží a získají se výsledky měření. Cena zařízení ANKOM 2000 se pohybuje okolo 370 000 korun a cena analyzátoru ANKOM 200 okolo 180 000 korun. Výhodou jsou také nízké provozní náklady a potřeba malého provozního místa. [26]



Obr. 12: ANKOM 200 Fiber Analyzer [26]

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části bylo otestování metody pro stanovení vlákniny. Ke stanovení byla využita metoda podle Henneberga a Stohmanna. Metoda byla otestována na lepkovém a bezlepkovém pečivu. Ze získaných výsledků měření bylo provedeno srovnání mezi pečivem lepkovým a bezlepkovým ve vztahu k přítomné vláknině.

3.2 METODIKA

3.2.1 Použité přístroje a pomůcky

- Mixer
- Hmoždíř s tloučkem
- Topné hnízdo
- Destilační baňka
- Zpětný chladič
- Filtrační kelímky
- Odsávací baňka
- Vývěva
- Exsikátor
- Analytické váhy
- Sušárna
- Elektrická muflová pec
- Běžné laboratorní sklo a pomůcky

3.2.2 Použité chemikálie

- 5% kyselina sírová
- 5% hydroxid sodný
- Ethanol
- Diethylether
- Destilovaná voda

3.2.3 Testované vzorky

Dohromady bylo testováno šest vzorků pečiva. Jednalo se o tři druhy lepkového pečiva a o tři druhy pečiva bezlepkového. Uvedené složení výrobků, uvedené množství vlákniny na 100 g suroviny, výrobce a země výroby jsou uvedeny v příloze.

Tab. 1: Seznam testovaných vzorků pečiva

Číslo vzorku pečiva	Název vzorku pečiva
1.	Toastový chléb lepkový, pšeničný světlý, albert Quality
2.	Toastový chléb bezlepkový, světlý, Pan Cereal
3.	Vícezrný chléb lepkový, šesti zrný, albert Quality
4.	Vícezrný chléb bezlepkový, Pan Cereal
5.	Trvanlivý chléb celozrný lepkový, s žitem, ovsem a pšeničnými klíčky
6.	Celozrný chléb bezlepkový, Ertha

3.2.4 Stanovení obsahu vlákniny

Bylo využito stanovení množství vlákniny podle metody Henneberga a Stohmanna.

Pracovní postup byl následující. Do 500 ml destilační baňky se odvážilo 2 g zhomogenizovaného vzorku pečiva. Odvážený vzorek byl kvantitativně převeden do destilační baňky 200 ml 5 % kyseliny sírové a vařil se 30 minut pod zpětným chladičem. Poté se roztok ještě za horka zfiltraval přes filtrační kelímek a promyl horkou vodou. Zbytek vzorku byl z filtračního kelímku kvantitativně převeden 200 ml hydroxidu sodného zpět do destilační baňky. Vzorek se opět nechal 30 minut vařit pod zpětným chladičem. Po ukončeném varu se roztok přefiltroval přes suchý předem zvážený filtrační kelímek a promyl horkou vodou, ethanolem a diethyletherem. Obsah filtračního kelímku byl vysušen 20 minut v sušárně při teplotě 105 °C. Po vyjmutí ze sušárny byl vzorek ponechán 10 minut v exsikátoru. Vychladlý filtrační kelímek byl zvážen. Po zvážení byl kelímek vložen do elektrické muflové pece, kde byl jeho obsah spálen při 650 °C. Po vyžhání se kelímek nechal vychladnout a byl opět zvážen. Obsah přítomné vlákniny ve vzorku byl stanoven na základě rozdílu hmotností filtračního kelímku po vysušení a po vyžhání. [23]

$$m(\text{vláknina}) = m_1 - m_2$$

m_1 - hmotnost filtračního kelímku po vysušení

m_2 - hmotnost filtračního kelímku po vyžhání

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Výsledky stanovení množství nerozpustné vlákniny

Metoda dle Henneberga a Stohmanna byla nejdříve vyzkoušena na vatě, která byla následně zvolena za standard. Jednalo se o 100 % bavlnu, která obsahuje okolo 97,2 % celulosy [27]. Celulosa patří mezi nerozpustnou složku vlákniny. Z proměření obsahu celulosy ve vatě byl dopočítán faktor měření pro ostatní vzorky. Po vynásobení získaného množství vlákniny faktorem se získá množství nerozpustné vlákniny nacházející se ve vzorku pečiva.

Obsah vlákniny byl v každém vzorku stanoven třikrát. Byl vypočítán průměrný obsah vlákniny ve vzorku. Ten odpovídal průměrné navážce vzorku. Obsah vlákniny byl převeden na navážku 100 g, neboť ve 100 g potraviny výrobci udávají ve výživových hodnotách obsah vlákniny ve výrobku. Následně byla získaná hmotnost ve 100 g vzorku vynásobena vypočítaným faktorem.

Tab. 2: Množství celulosy ve standardním vzorku vaty

Číslo měření	Obsah celulosy [g]
1.	0,1373
2.	0,1318
3.	0,1394
4.	0,1444
5.	0,1562
6.	0,1503
Průměr [g]	0,1432
Průměrná navážka vzorku [g]	0,2013

0,2013 g (průměrná navážka vzorku).....97,2 %

0,1432 g (získaná hmotnost celulosy).....x %

$$x = 69,1 \%$$

- Výpočet faktoru měření:

$$f = \frac{97,2}{69,1} = 1,407$$

Tab. 3: Množství nerozpustné vlákniny v lepkovém toastovém chlebě

Číslo měření	Obsah vlákniny [g]
1.	0,0035
2.	0,0038
3.	0,0041
Průměr [g]	0,0038
Průměrná navážka vzorku [g]	2,0709

$$w = \frac{0,0038}{2,0709} \cdot 100 = 0,1835\% \text{ (množství nerozpustné vlákniny v průměrné navážce vzorku)}$$

$$y = w \cdot f = 0,1835 \cdot 1,407 = 0,2582\%$$

Hodnota 0,2582 % odpovídá procentuálnímu množství nerozpustné vlákniny ve 100 g potraviny. Stejným způsobem byl obsah nerozpustné vlákniny vypočítán i u dalších vzorků pečiva.

Tab. 4: Množství nerozpustné vlákniny v bezlepkovém toastovém chlebě

Číslo měření	Obsah vlákniny [g]
1.	0,0034
2.	0,0127
3.	0,0039
Průměr [g]	0,0067
Průměrná navážka vzorku [g]	2,0303

$$w = 0,3300\%$$

$$y = w \cdot f = 0,3300 \cdot 1,407 = 0,4643\%$$

Tab. 5: Množství nerozpustné vlákniny v lepkovém vícezrnném chlebě

Číslo měření	Obsah vlákniny [g]
1.	0,0319
2.	0,0376
3.	0,0242
Průměr [g]	0,0312
Průměrná navážka vzorku [g]	2,0364

$$w = 1,532\%$$

$$y = w \cdot f = 1,532 \cdot 1,407 = 2,156\%$$

Tab. 6: Množství nerozpustné vlákniny v bezlepkovém vícezrnném chlebě

Číslo měření	Obsah vlákniny [g]
1.	0,0255
2.	0,0219
3.	0,0255
Průměr [g]	0,0243
Průměrná navážka vzorku [g]	2,0192

$$w = 1,203\%$$

$$y = w \cdot f = 1,203 \cdot 1,407 = 1,693\%$$

Tab. 7: Množství nerozpustné vlákniny v lepkovém celozrnném chlebě

Číslo měření	Obsah vlákniny [g]
1.	0,0165
2.	0,0177
3.	0,0164
Průměr [g]	0,0169
Průměrná navážka vzorku [g]	2,0281

$$w = 0,8333\%$$

$$y = w \cdot f = 0,8333 \cdot 1,407 = 1,172\%$$

Tab. 8: Množství nerozpustné vlákniny v bezlepkovém celozrnném chlebě

Číslo měření	Obsah vlákniny [g]
1.	0,0235
2.	0,0233
3.	0,0479
Průměr [g]	0,0316
Průměrná navážka vzorku [g]	2,0376

$$w = 1,551\%$$

$$y = w \cdot f = 1,551 \cdot 1,407 = 2,182\%$$

4.2 Diskuze k získaným výsledkům

Metodou Henneberga a Stohmanna je možno stanovit pouze nerozpustnou vlákninu. Stavebními složkami nerozpustné vlákniny jsou zejména celulóza, některé druhy hemicelulosy a lignin. [12, 32] Metodou není možné stanovit rozpustné složky vlákniny, tedy jiné druhy hemicelulosy, pektiny, modifikované škroby a modifikované celulózy, popř. rostlinné slizy a gumy. To vysvětluje, proč byly získány nižší hodnoty vlákniny, než které výrobci udávají. Ve výživových hodnotách uvádějí hodnotu celkové vlákniny, která je součtem vlákniny dietní a funkční. Navíc v sobě zahrnuje ještě vlákninu rozpustnou ve vodě.

Při bližším pohledu na složení zkoumaných výrobků zjistíme, že hlavní surovinou pro výrobu lepkového pečiva je pšeničná mouka, která je u vícezrnného pečiva obohacena o jiné mouky, např. žitnou nebo kukuřičnou. Pro výrobu celozrnných druhů pečiva se navíc přidává žitný šrot, oves nebo pšeničné klíčky. Jako zahušťovadlo se používá guarová guma. Při pohledu do Tab. 9 je patrné, že hlavní složkou pšeničné mouky je škrob (60-80 %). Jedná se o stravitelný polysacharid. Nestravitelné složky ať už rozpustné nebo nerozpustné (celulóza, neškrobové polysacharidy, hemicelulózy, pektiny a další sloučeniny) zaujímají podstatně menší procento obsahu. [12]

Tab. 9: Obsah hlavních polysacharidů v pšeničné mouce [12]

Polymer	Obsah [%]
škrob	60-80
neškrobové polysacharidy	3-11
celulóza	0,2-3
hemicelulózy	2-7
arabinoxylany	1-3
β-glukany	0,5-2
xyloglukany	0,2-0,4
pektiny	0,3-0,5
glukofruktany	1-4

Ve zkoumaném bezlepkovém pečivu jsou hlavními surovinami kukuřičný škrob a rýžová mouka. Ve složení se objevuje také např. guarová mouka. U vícezrnného pečiva se přidává

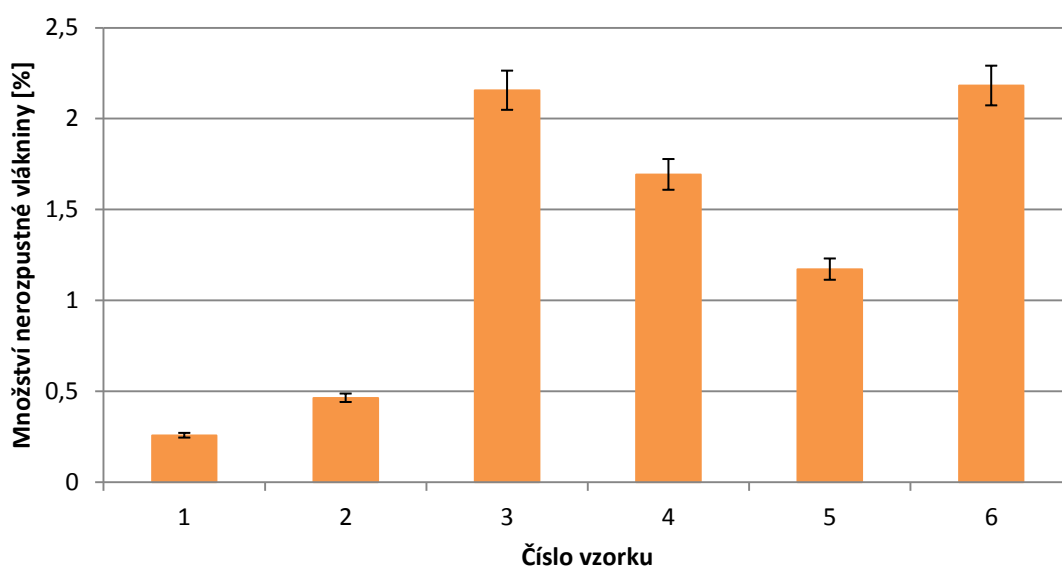
rýžový škrob, bramborový škrob, pohanková mouka nebo prosové a sójové otruby. U celozrnného pečiva je těsto obohaceno o různá semena (slunečnicová, lněná), popř. o sójové a rýžové klíčky.

Úkolem bylo také zhodnotit, zda je pečivo vhodnou surovinou pro otestování metody dle Henneberga a Stohmanna. Stanovení jednoho vzorku pečiva bylo časově poměrně náročné. Jednalo se zejména o první filtraci a následné promývání horkou vodou (po působení 5 % kyseliny sírové). Tato filtrace probíhala, zejména u bezlepkového pečiva, velmi pomalu. Délka filtrace se odvíjela také od složení daného pečiva. Čím více bylo pečivo vícezrnné, tím déle filtrace probíhala. U vícezrnného a celozrnného pečiva bylo proto důležité vzorek pečiva důkladně zhomogenizovat (v mixéru a poté v třecí misce s tloučkem), aby došlo ke stanovení veškeré nerozpustné vlákniny i té, která byla obsažena v různých druzích přítomných zrn.

Získané hodnoty měření jsou uvedeny v Tab. 10. Výsledky jsou graficky znázorněny v Obr. 13.

Tab. 10: Hmotnost nerozpustné vlákniny v jednotlivých vzorcích pečiva

Vzorek	Zjištěné zastoupení nerozpustné vlákniny [%]	Udávaná procentuální zastoupení vlákniny výrobcem [%]
1 - lepkový toastový chléb	0,2582	< 0,5
2 - bezlepkový toastový chléb	0,4643	6,3
3 - lepkový vícezrný chléb	2,156	5,9
4 - bezlepkový vícezrný chléb	1,693	6,4
5 - lepkový celozrný chléb	1,172	8,6
6 - bezlepkový celozrný chléb	2,182	7,3



Obr. 13: Hmotnosti nerozpustné vlákniny u jednotlivých vzorků pečiva (Chybové úsečky zobrazují potenciální $\pm 5\%$ odchylku.)

Při srovnání dvojic pečiva mezi sebou (lepkové x bezlepkové) v dané kategorii (světlé, vícezrné, celozrné) bylo zjištěno, že světlý bezlepkový toastový chléb podle získaných hodnot obsahuje více nerozpustné vlákniny, než toastový chléb lepkový. U srovnání vícezrných pečiv má vyšší obsah nerozpustné vlákniny chléb vícezrný lepkový a u pečiva celozrného bylo zjištěno vyšší množství nerozpustné vlákniny u bezlepkového celozrného chleba.

Srovnáním všech vzorků pečiva bylo zjištěno, že nejvíce nerozpustné vlákniny obsahuje bezlepkový celozrný chléb a nejméně toastový lepkový chléb.

5 ZÁVĚR

V teoretické části byly uvedeny různé definice vlákniny. Definice vlákniny existuje velké množství, žádná z definic však nebyla celosvětově uznána. Je to dáno tím, že vláknina není složena pouze z jedné látky, ale je souborem velkého množství složek. Jednotlivé složky vlákniny se také mohou lišit ve způsobu a metodě svého stanovení. Definování vlákniny jako celku je tedy složitější a nejednotné.

Bylo také popsáno základní rozdělení stavebních složek vlákniny. Jednotlivé složky se vyznačují odlišnou funkcí. Některé složky mají funkci zásobní, jiné stavební, popř. mohou mít funkci specifickou (ochrannou). Kromě odlišné funkce se stavební složky vlákniny odlišují také svojí rozpustností.

V další kapitole teoretické části byla věnována pozornost vlivu vlákniny na lidské zdraví. Byla uvedena doporučená denní dávka vlákniny a také suroviny, ve kterých se vláknina nachází ve své přirozené podobě. Byl popsán význam vlákniny a také její prebiotický účinek. Byly zde diskutovány i některé onemocnění, které jsou spojovány s konzumací vlákniny.

Teoretická část také obsahuje kapitolu, zabývající se možnostmi stanovení vlákniny. Byl uveden vývoj stanovení vlákniny a také současné rozdělení metod pro její stanovení. Jednotlivé typy metod byly popsány.

Náplní praktické části bylo stanovit množství nerozpustné vlákniny pomocí otestování metody podle Henneberga a Stohmanna. Pro stanovení nerozpustné vlákniny bylo zvoleno lepkové a bezlepkové pečivo. Cílem měření bylo porovnat získané množství nerozpustné vlákniny v těchto dvou typech pečiva a následně ze získaných výsledků zjistit, ve kterém typu pečiva se vyskytuje více nerozpustné vlákniny. Množství obsažené vlákniny lze porovnat již z informace o množství vlákniny, které je uvedeno na obalu výrobku ve výživových hodnotách.

Množství vlákniny, která jsou ve výživových hodnotách uváděny, však slouží pouze jako informace o množství celkové vlákniny. Není však možné blíže zjistit, jaká množství jednotlivých druhů vláknin daný výrobek obsahuje, např. jaká jsou množství rozpustné a nerozpustné vlákniny. Údaje o množství vlákniny v potravinách bývá uvedeno zejména na vakuově balených potravinách. U pečiva, které se prodává čerstvé, se tato informace ve většině případů nedá zjistit vůbec. K dispozici obvykle bývá pouze složení daného výrobku, bez udání množství vlákniny.

Z měření je tedy patrné, že bezlepkové pečivo je z hlediska příjmu nerozpustné vlákniny stejně vhodnou potravinou jako pečivo lepkové.

Nevýhodou bezlepkové stravy však stále zůstává její cena. Bezlepkové pečivo je ve většině případů daleko dražší než pečivo lepkové. Nevýhodou také je, že bezlepkové pečivo většinou nebývá k dostání ve všech obchodech tak, jako pečivo lepkové.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DHINGRA, Devinder, Mona MICHAEL, Hradesh RAJPUT a R. T. PATIL. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*. 2012, vol. 49, issue 3, s. 255-266. DOI: 10.1007/s13197-011-0365-5. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-011-0365-5>
- [2] CUMMINGS, J. H. Dietary fibre. *Gut*. 1973-01-01, vol. 14, issue 1, s. 69-81. DOI: 10.1136/gut.14.1.69. Dostupné z: <http://gut.bmj.com/cgi/doi/10.1136/gut.14.1.69>
- [3] PÁNEK, Jan. *Základy výživy a výživová politika*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 219 s. ISBN 80-708-0468-8.
- [4] ELLEUCH, Mohamed, Dorothea BEDIGIAN, Olivier ROISEUX, Souhail BESBES, Christophe BLECKER a Hamadi ATTIA. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. *Food Chemistry*. 2011, vol. 124, issue 2, s. 411-421. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814610007880>
- [5] KENDALL, Cyril W.C., Amin ESFAHANI a David J.A. JENKINS. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*. 2010, vol. 24, issue 1, s. 42-48. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2009.08.002. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X09001611>
- [6] WESTENBRINK, Susanne, Kommer BRUNT a Jan-Willem VAN DER KAMP. Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. *Food Chemistry*. 2013, vol. 140, issue 3, s. 562-567. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.09.029. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814612014318>
- [7] COSTABILE, Adele, Annett KLINDER, Francesca FAVA, Aurora NAPOLITANO, Vincenzo FOGLIANO, Clare LEONARD, Glenn R. GIBSON a Kieran M. TUOHY. Whole-grain wheat breakfast cereal has a prebiotic effect on the human gut microbiota: a double-blind, placebo-controlled, crossover study. *British Journal of Nutrition*. 2008, vol. 99, issue 01, s. -. DOI: 10.1017/S0007114507793923. Dostupné z: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0007114507793923
- [8] MURRAY, Randall. *Dietary fiber*. New York: MSS Information Corp., c1977, 145 p. ISBN 08-422-4126-4.
- [9] KRISTENSEN, Mette a Morten Georg JENSEN. Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity. *Appetite*. 2011, vol. 56, issue 1, s. 65-70. DOI: 10.1016/j.appet.2010.11.147. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S019566631000694X>
- [10] TUNGLAND, B.C. a D. MEYER. Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2002, vol. 1, issue 3, s. 90-109. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2002.tb00009.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4337.2002.tb00009.x>
- [11] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, xxii, 580 s. ISBN 978-80-86659-17-6.

- [12] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 1*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 328 s. ISBN 80-902-3912-9.
- [13] BROWNLEE, Iain A. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids*. 2011, vol. 25, issue 2, s. 238-250. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2009.11.013. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X09002501>
- [14] MARLETT, Judith A, Michael I MCBURNEY a Joanne L SLAVIN. Position of the American Dietetic Association. *Journal of the American Dietetic Association* [online]. 2002, vol. 102, issue 7, s. 993-1000 [cit. 2015-03-22]. DOI: 10.1016/S0002-8223(02)90228-2. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002822302902282>
- [15] WILLIAMS, Christine L. Dietary fiber in childhood. *The Journal of Pediatrics* [online]. 2006, vol. 149, issue 5, S121-S130 [cit. 2015-03-22]. DOI: 10.1016/j.jpeds.2006.06.066. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022347606006263>
- [16] SLAVIN, Joanne L. Dietary fiber and body weight. *Nutrition* [online]. 2005, vol. 21, issue 3, s. 411-418 [cit. 2015-03-22]. DOI: 10.1016/j.nut.2004.08.018. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900704003041>
- [17] HOLLMANN, Juergen, Heinz THEMEIER, Ursula NEESE a Meinolf G. LINDHAUER. Dietary fibre fractions in cereal foods measured by a new integrated AOAC method. *Food Chemistry* [online]. 2013, vol. 140, issue 3, s. 586-589 [cit. 2015-03-28]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.12.005. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881461201878X>
- [18] GOÑI, Isabel, M. Elena DÍAZ-RUBIO, Jara PÉREZ-JIMÉNEZ a Fulgencio SAURACALIXTO. Towards an updated methodology for measurement of dietary fiber, including associated polyphenols, in food and beverages. *Food Research International* [online]. 2009, vol. 42, issue 7, s. 840-846 [cit. 2015-03-28]. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.03.010. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996909000775>
- [19] TUROWSKI, Maciej, Balasaheb DESHMUKH, Robert HARFMANN, Jerry CONKLIN a Stephanie LYNCH. A method for determination of soluble dietary fiber in methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose food gums. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2007, vol. 20, issue 5, s. 420-429 [cit. 2015-03-28]. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.09.006. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157506001839>
- [20] GARBELOTTI, Maria Lima, Deise Ap. Pinatti MARSIGLIA a Elizabeth A.F.S TORRES. Determination and validation of dietary fiber in food by the enzymatic gravimetric method. *Food Chemistry* [online]. 2003, vol. 83, issue 3, s. 469-473 [cit. 2015-03-29]. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00226-7. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814603002267>
- [21] MCMURRY, John. *Organická chemie*. Vyd. 1. V Brně: VUTIUM, 2007, xxv, 1176, 61, 31 s. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-3291-8.
- [22] JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 9. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2007, 575 s., [92] s. barev. obr. příl. ISBN 978-80-7182-213-4.

- [23] HRSTKA, Miroslav a Lenka SOMROVÁ. *Praktikum z analytické chemie potravin*. Brno, 2013, 55 s.
- [24] ENGLYST, Hans N. a Geoffrey J. HUDSON. The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chemistry* [online]. 1996, vol. 57, issue 1, s. 15-21 [cit. 2015-04-05]. DOI: 10.1016/0308-8146(96)00056-8. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0308814696000568>
- [25] ČOPÍKOVÁ, Jana. *Chemie a analytika sacharidů*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1997, 104 s. ISBN 80-708-0306-1.
- [26] ANKOM TECHNOLOGY: ANKOM 2000 Automated Fiber Analyzer. [online]. 2010. vyd. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <https://ankom.com/product/ankom-2000-automated-fiber-analyzer,-120v.aspx>
- [27] MARTINS, Maria Alice, Eliângela M. TEIXEIRA, Ana Carolina CORRÊA, Mariselma FERREIRA a Luiz H. C. MATTOSO. Extraction and characterization of cellulose whiskers from commercial cotton fibers. *Journal of Materials Science* [online]. 2011, vol. 46, issue 24, s. 7858-7864 [cit. 2015-04-18]. DOI: 10.1007/s10853-011-5767-2. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10853-011-5767-2>
- [28] *Státní zemědělská a potravinářská inspekce: Chléb - jeho druhy a hlavní vady* [online]. 29.9.2011 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1000770&nid=11342&chnum=1&hl=sv%C4%9Btl%C3%A9%20pe%C4%8Divo>
- [29] *Státní zemědělská a potravinářská inspekce: Celiakie, bezlepková dieta* [online]. [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1000147&nid=11325&chnum=2&hl=bezlepkov%C3%A9%20pe%C4%8Divo>
- [30] ZBOŘIL, Vladimír. *Mikroflóra trávicího traktu: klinické souvislosti*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 153 s. ISBN 80-247-0584-2.
- [31] MURRAY, Robert K. *Harperova biochemie*. 23. vyd. Jinočany: H H, 2002, ix, [3], 872 s. ISBN 80-731-9013-3.
- [32] DAVÍDEK, Jiří. *Analýza potravin*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1992, 122 s. ISBN 80-708-0163-8.
- [33] GANONG, William F. 2005. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vyd. Praha: Galén, xx, 890 s. ISBN 80-726-2311-7.
- [34] MARIEB, Elaine N. 2005. *Anatomie lidského těla*. 1. vyd. Brno: CP Books, 863 s. ISBN 80-251-0066-9.
- [35] Společnost pro výživu: *Výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky* [online]. 2012. Praha [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.vyzivaspol.cz/rubrika-dokumenty/konecne-zneni-vyzivovych-doporuceni.html>
- [36] ŠÁRKA, Evžen, Petra SMRČKOVÁ a Lenka SEILEROVÁ. 2013. Rezistentní a pomalu stravitelný škrob. *Chemické listy*. Praha: Česká společnost chemická, : 929-935. ISSN 0009-2770.

- [37] *EUFIC: Co je glykemický index?* [online]. 2006. [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: <http://www.eufic.org/article/cs/page/FTARCHIVE/artid/glykemicky-index-GI/>
- [38] THEANDER, Olof, et al. Total dietary fiber determined as neutral sugar residues, uronic acid residues, and Klason lignin (the Uppsala method): collaborative study. *Journal of AOAC International*, 1995, 78.4: 1030-1044.
- [39] *The University of Sydney: Glycemic index testing and research* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: http://www.glycemicindex.com/testing_research.php
- [40] *Obezita: Glykemický index* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.obezita.org/?page=glykemicky>
- [41] *Institut Galenus: Trávení, trávicí ústrojí, ústa, žvýkání* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://galenus.cz/clanky/zdravi/traveni-usta>
- [42] *(R)Evoluční - výživa: Bílá mouka zabiják č. 1* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.revolucni-vyziva.cz/bila-mouka-celozrnnna-mouka/>

7 SEZNAM PŘÍLOH

Tab. 11: Množství vlákniny ve 100 g suroviny [1]

Zdroj vlákniny	Celková [g]	Nerozpustná [g]	Rozpustná [g]
ječmen	17,3	-	-
kukuřice	13,4	-	-
oves	10,3	6,5	3,8
rýže (suchá)	1,3	1,0	0,3
rýže (vařená)	0,7	0,7	0,0
pšenice (celé zrnó)	12,6	10,2	2,3
zelené fazole	1,9	1,4	0,5
sója	15,0	-	-
hrách (zmražený)	3,5	3,2	0,3
čočka (surová)	11,4	10,3	1,1
bílé fazole (surové)	17,7	13,4	4,3
brambory (bez slupky)	1,3	1,0	0,3
tykev	16,6	13,5	3,1
červená řepa	7,8	5,4	2,4
špenát (syrový)	2,6	2,1	0,5
rajčata (syrová)	1,2	0,8	0,4
lilek	6,6	5,3	1,3
okurka (ostrouhaná)	0,6	0,5	0,1
květák (syrový)	1,8	1,1	0,7
celer (syrový)	1,5	1,0	0,5
mrkev (syrová)	2,5	2,3	0,2
brokolice (syrová)	3,3	3,0	0,3
jablko (neoloupané)	2,0	1,8	0,2
kiwi	3,4	2,6	0,8
mango	1,8	1,1	0,7
ananas	1,2	1,1	0,1
vodní meloun	0,5	0,3	0,2
hroznové víno	1,2	0,7	0,5
pomeranč	1,8	0,7	1,1
švestky	1,6	0,7	0,9
jahody	2,2	1,3	0,9
banány	1,7	1,2	0,5
broskev	1,9	1,0	0,9
hruška	3,0	2,0	1,0
mandle	11,2	10,1	1,1
kokosový ořech	9,0	8,5	0,5
burský ořech (pečený na sucho)	8,0	7,5	0,5
kešu ořech (pečený na oleji)	6,0	-	-
sezamová semínka	7,8	5,9	1,9
lněné semínko	22,3	10,2	12,2

Tab. 12: Toastový chléb lepkový, pšeničný světlý, albert Quality

Uvedené složení:	Pitná voda, premix (pšeničná mouka, konzervant: kyselina sorbová), rostlinný olej (řepkový/slunečnicový), droždí, jedlá sůl s jódem, zlepšující přípravek (pšeničná mouka, emulgátory: E481, E471, regulátor kyselosti, uhličitan vápenatý, látka zlepšující mouku: kyselina L-askorbová, cukr, konzervant: propionan vápenatý.
Uvedené množství vlákniny (na 100 g výrobku):	< 0,5 g
Výrobce:	PENAM, a.s.
Země výroby:	Česká republika

Tab. 13: Toastový chléb bezlepkový, světlý, Pan Carré

Uvedené složení:	Kukuřičný škrob, voda, rýžová mouka, slunečnicový olej, cukr, zahušřovadlo: guarová mouka, hydroxypropylmethylcelulosa, bílkovina z včelího bobu, kvasnice, sůl, jablečná bílkovina, aroma, emulgátory: estery mono a diglyceridů mastných kyselin s kyselinou mono a diacetylvinnou.
Uvedené množství vlákniny (na 100 g výrobku):	6,3 g
Výrobce:	Dr. Schär
Země výroby:	Německo

Tab. 14: Vícezrnný chléb lepkový, šesti zrnný, albert Quality

Uvedené složení:	Pšeničná mouka, pitná voda, více zrnná směs 13% (slunečnicová semena, pšeničná mouka, dýňová semena, sezamová semena, pšeničný lepek, ječná sladová mouka, emulgátor: E471, sójová mouka, pražená žitná mouka, kyselina: E270, látka zlepšující mouku: kyselina L-askorbová, enzymy), žitný kvas (žitná mouka, pitná voda, kvasná kultura - lepek), žitná mouka, jedlá sůl s jódem, droždí, zlepšující přípravek (pšeničný lepek, pšeničná mouka, kukuřičná mouka, zahušťovadlo: guma guar, bramborová kaše, pšeničná sladová mouka, látka zlepšující mouku: kyselina L-askorbová, enzymy).
Uvedené množství vlákniny (na 100 g výrobku):	5,9 g
Výrobce:	PENAM, a.s.
Země výroby:	Česká republika

Tab. 15: Vícezrnný chléb bezlepkový, Pan Cereal

Uvedené složení:	Pitná voda, kukuřičný škrob, rýžová mouka 10 %, rýžový škrob, sójové otruby, bramborový škrob, rýžový sirup, pohanková mouka 3,4 %, zahušťovadlo: hydroxypropylmethylcelulosa, guma guar; sójový protein, palmový tuk, prosové otruby 1,6 %, kvasnice, sirup z cukrové třtiny, celozrnná rýžová mouka 0,9 %, fruktóza, dextróza, jablečný extrakt, sůl, regulátor kyselosti: kyselina vinná, kyselina citrónová.
Uvedené množství vlákniny (na 100 g výrobku):	6,4 g
Výrobce:	Dr. Schär
Země výroby:	Německo

Tab. 16: Trvanlivý chléb celozrnný lepkový, s žitem, ovsem a pšeničnými klíčky

Uvedené složení:	Obilí (žitný celozrnný šrot 27 %, oves 12 %, žitná celozrnná mouka 12 %), voda, jedlá sůl, pšeničné klíčky 1 %, ovesná vláknina, droždí.
Uvedené množství vlákniny (na 100 g výrobku):	8,6 g
Výrobce:	Mestemacher GmbH
Země výroby:	Německo

Tab. 17: Celozrnný chléb bezlepkový, Ertha

Uvedené složení:	Kváskové těsto 28 % (rýžová mouka, voda), kukuřičný škrob, voda, bramborový škrob, slunečnicová semínka 4 %, lněná semínka 3,5 %, jablečná vláknina, jablečný koncentrát, celozrnná rýžová mouka, sójový protein, sójové klíčky, rýžové klíčky, kvasnice, sirup z cukrové třtiny, palmový tuk, zahušťovadlo: hydroxypropylmethylcelulosa, sůl, regulátor kyselosti: kyselina vinná, kyselina citrónová.
Uvedené množství vlákniny (na 100 g výrobku):	7,3 g
Výrobce:	Dr. Schär
Země výroby:	Německo