

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



Význam vlákniny v humánní výživě

Bakalářská práce

Autor práce: Lucie Kolínová

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: doc. Ing. Alena Hejtmánková, CSc.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Význam vlákniny v humánní výživě" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 7.7.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce paní doc. Ing. Aleně Hejtmánková, CSc. za cenné rady, odborné vedení práce, milý přístup a za čas, který mi při psaní mé práce věnovala.

Význam vlákniny v humánní výživě

Souhrn

Vlákninu nelze definovat jako jednu chemickou látku ani jako skupinu příbuzných sloučenin. Vlákninu tvoří většina složek nestravitelných sacharidů a lignin. Polysacharidy tvořící vlákninu jsou velmi rozmanité z hlediska složení, velikosti a struktury. Klíčovou fyziologickou charakteristikou vlákniny je nestravitelnost v tenkém střevě.

Z výživového hlediska je nejdůležitější fyzikálně-chemickou vlastností vlákniny relativní rozpustnost. V porovnání s nerozpustnou vlákninou má rozpustná vláknina větší schopnost integrovat se složkami trávicího traktu, především s trávicími enzymy a vodou, avšak v konečné fázi oba typy vlákniny vstupují do tlustého střeva, kde jsou fermentovány přítomnými rezidentskými bakteriemi. Mezi rozpustnou vlákninu patří především pektiny, β -glukany, rostlinné gumy, slizy a nestravitelné oligosacharidy a mezi nerozpustnou vlákninu se řadí celulóza, část hemicelulóz, lignin a rezistentní škroby. Rozpustná vláknina ovlivňuje hladinu cukru v krvi a hladinu cholesterolu v krvi, kterou ovlivňují především ovesné β -glukany a pektiny. Má schopnost zvětšovat svůj objem a vytvářet viskózní roztok v žaludku, a tím prodlužuje pocit nasycení. Nerozpustná vláknina má vliv na objem obsahu tlustého střeva. Velmi dobře na sebe váže vodu, což způsobuje zvětšení objemu střevního obsahu, čímž urychluje pasáž tlustého střeva a příznivě tak ovlivňuje peristaltiku střev.

Denní příjem vlákniny pro dospělého člověka by měl být 25 – 30 g, avšak dle statistik je v lidské populaci příjem vlákniny menší než polovina doporučené denní dávky.

Přiměřený příjem vlákniny má pozitivní vliv na zlepšení funkce střev, prevenci vzniku zácpy, divertikulární choroby, kardiovaskulárních onemocnění, prevenci či léčbu diabetu a některých typů rakoviny souvisejících s gastrointestinálním traktem. Vláknina snižuje riziko vzniku obezity, hyperglykémie, hyperlipidémie a hypercholesterolémie. Významnou skutečností je, že i tato živina má své negativní účinky při svém nadbytku. Při nadměrné konzumaci vlákniny, přibližně 60 g na den, dochází ke snížené resorpci některých vitamínů a minerálních látek, a to zejména vápníku, železa a mědi, avšak tento stav je v dnešní době velmi výjimečný.

Významným zdrojem vlákniny jsou obiloviny, pseudocereálie, luštěniny, ořechy, semínka, ovoce a zelenina, avšak průmyslovým zpracováním potravin či kulinární úpravou se obsah vlákniny značně mění. Díky jejím fyziologickým a technologickým vlastnostem má vysokou využitelnost v potravinách a řadí se mezi funkční složky potravin. Zdroje vlákniny využívané v potravinářském průmyslu, se dělí na hydrokoloidy, bioaktivní oligosacharidy a materiály buněčné stěny rostlin získané ze zeleniny, ovoce a obilných zrn.

Pro stanovení obsahu vlákniny a jejích složek v potravinách lze využít tři základní skupiny metod, neenzymaticko-gravimetrické, enzymaticko-gravimetrické a enzymaticko-chemické. Stanovený obsah vlákniny je značně závislý na použité metodě, a proto je vždy nutné uvést metodu, kterou byl obsah vlákniny zjištěn.

Klíčová slova: rozpustná vláknina, nerozpustná vláknina, polysacharidy, biodostupnost, trávení

The importance of dietary fiber in human nutrition

Summary

Dietary fiber cannot be defined as a single chemical substance or as a group of related compounds. Dietary fiber is made up of most of the indigestible carbohydrate components and lignin. Fiber-forming polysaccharides are very diverse in terms of composition, size and structure. A key physiological characteristic of dietary fiber is indigestion in the small intestine.

From a nutritional point of view, the most important physico-chemical feature of dietary fiber is relative solubility. Compared to insoluble fiber, soluble fiber has a greater ability to integrate with components of the digestive tract, especially digestive enzymes and water. However, both types of dietary fiber enter the large intestine where they are fermented by the resident bacteria present. Soluble dietary fiber includes mainly pectins, β -glucans, vegetable gums, mucilages and indigestible oligosaccharides; insoluble fiber includes cellulose, partly hemicelluloses, lignin and resistant starches. Soluble dietary fiber affects blood sugar levels and blood cholesterol levels which are mainly affected by oat β -glucans and pectins. It has the ability to increase its volume and form a viscous solution in the stomach, thus it prolongs the feeling of satiety. Insoluble fiber affects the content volume of the colon. It binds water very well which causes an increase in the volume of intestinal contents which accelerates the passage of the large intestine and favorably affects the peristalsis of the intestines.

The daily dietary fiber intake for an adult should be 25 – 30 g but according to statistics the human dietary fiber intake is less than half of the recommended daily dose.

Adequate dietary fiber intake has a positive effect on improving intestines function, preventing constipation, diverticular disease, cardiovascular disease, preventing or treating diabetes and certain types of cancer associated with the gastrointestinal tract. Dietary fiber reduces the risk of obesity, hyperglycemia, hyperlipidemia and hypercholesterolemia. The important fact is that even this nutrient has its negative effects in its excess. Excessive consumption of dietary fiber, approximately 60 g per day, results in reduced resorption of some vitamins and minerals, especially calcium, iron and copper, but this condition is very rare nowadays.

Cereals, pseudocereals, legumes, nuts, seeds, fruits and vegetables are important sources of dietary fiber, but the dietary fiber content changes considerably through industrial food processing or culinary processing. Thanks to its physiological and technological features it has a high usability in food and is one of the functional components of food. Sources of dietary fiber used in the food industry are divided into hydrocolloids, bioactive oligosaccharides and plant cell wall materials obtained from vegetables, fruits and cereal grains.

To determine the content of dietary fiber and its components in food can be used three basic groups of methods, non-enzymatic-gravimetric, enzymatic-gravimetric and enzymatic-chemical. The determined dietary fiber content is highly dependent on the method that was used and therefore it is always necessary to state the method by which the dietary fiber content was determined.

Keywords: soluble fiber, insoluble fiber, polysaccharides, bioavailability, digestion

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce	9
3 Vláknina	10
3.1 Definice vlákniny	10
3.2 Složení vlákniny.....	11
3.3 Rozdělení vlákniny	11
3.1.1 Rozpustná vláknina	11
3.1.1.1 Pektiny	12
3.1.1.2 β -glukany	12
3.1.1.3 Gumy a slizy	13
3.1.1.4 Nestravitelné oligosacharidy.....	13
3.1.2 Nerozpustná vláknina	13
3.1.2.1 Celulóza	14
3.1.2.2 Lignin	14
3.1.3 Hemicelulóza	15
3.1.4 Rezistentní škroby	15
4 Fyziologický význam vlákniny pro lidský organismus	18
4.1 Prebiotická funkce.....	18
4.2.1 Mechanismus snižování hladiny cholesterolu v krvi	20
4.3 Význam vlákniny pro léčbu diabetes mellitus	21
4.3.1 Zvýšená hladina glukózy v krvi	22
4.4 Význam vlákniny při divertikulární chorobě.....	22
4.5 Vliv vlákniny na obezitu.....	23
4.5.1 Vliv vlákniny na regulaci chuti k jídlu	24
4.6 Význam vlákniny při léčbě průjmu	25
4.7 Význam vlákniny v prevenci zubního kazu.....	26
5 Příjem vlákniny.....	27
5.1 Nedostatek vlákniny ve stravě.....	28
5.1.1 Kolorektální karcinom.....	28

5.1.2	Ischemická choroba srdeční (ICHS)	28
5.1.3	Chronická zácpa	29
5.1.4	Deprese	29
5.2	Nadbytek vlákniny ve stravě.....	29
6	Výskyt v zemědělských produktech a potravinách	31
6.1	Obiloviny a pseudocereálie	32
6.1.1	Pšeničné otruby	32
6.2	Ovoce	33
6.3	Zelenina	34
6.4	Luštěniny	35
6.5	Vláknina jako funkční složka potravin	35
7	Metody detekce vlákniny	38
7.1	Neenzymaticko-gravimetrické	38
7.2	Enzymaticko-gravimetrické	38
7.3	Enzymaticko-chemické	39
8	Závěr	40
9	Seznam použité literatury.....	41

1 Úvod

Strava významně ovlivňuje zdravotní stav populace, zájem o zdravou a vyváženou stravu významně roste. Jednou z důležitých složek lidské potravy je vláknina, která však neslouží jako významný zdroj energie, ale má ověřený pozitivní vliv na zdraví člověka, proto je nutné zařadit tuto složku potravy do každodenní výživy.

Je tvořena rozmanitými složkami, které se liší chemickým složením, zdrojem původu a fyzikálními vlastnostmi. Vláknina se nejčastěji rozděluje podle její rozpustnosti ve vodě, je buď rozpustná, nebo nerozpustná, což má značný vliv na působení v lidském organismu. Mezi rozpustnou vlákninu patří především pektiny, β -glukany, gumy, slizy a nestravitelné oligosacharidy a mezi nerozpustnou vlákninu se řadí především celulóza, lignin a část hemicelulóz.

Vláknina jako funkční potravina ovlivňuje důležité pochody v těle a podporuje imunitní systém, má mnoho příznivých účinků jak v prevenci, tak i léčbě některých onemocnění. Příjem vlákniny v lidské populaci je obecně nižší, než by bylo potřeba. Doporučená denní dávka pro dospělého člověka je 25 – 30 g.

Dobrou zprávou je, že zdroj vlákniny je v potravinách, které jsou dobře známé a běžně se konzumují, jen je potřeba věnovat dostatečnou pozornost množství vlákniny v potravinách. Významným zdrojem vlákniny jsou obiloviny, ovoce, zelenina, ořechy a luštěniny. Vláknina je také součástí mnoha potravinových doplňků. Zpracování potravin způsobuje výrazné změny v obsahu vlákniny a jejích složek, a proto by měl každý člověk konzumovat dostatečné množství čerstvého ovoce a zeleniny.

2 Cíl práce

Cílem práce je komplexní rešerše o složení vlákniny, jejím fyziologickém významu pro lidský organismus, přítomnosti v zemědělských produktech a potravinách a metodách její detekce.

3 Vlákna

3.1 Definice vlákniny

V průběhu let byla problematika spojená s vlákninou a její definice velmi diskutovaným tématem, především její účinky na zdraví, nemoc a analytické metody jejího stanovení. Dle Delzenne et al. (2020) bylo dosaženo značného pokroku, co se týče objasnění fyziologických účinků vlákniny. Avšak zdravotní přínosy, které jsou spojovány se střevní mikrobiotou, stále nejsou zahrnuty do doporučení týkajících se veřejného zdraví a výživy. Jones (2014) říká, že určit přesnou definici vlákniny je náročné, a to z několika důvodů. Vláknu nelze definovat jako jednu chemickou látku, ale ani jako skupinu příbuzných sloučenin. Různé typy vlákniny mohou mít jednu či více fyziologických funkcí či zdravotních přínosů.

Definice vlákniny dle komise Codex Alimentarius 2009, která stanovuje mezinárodní pokyny pro potraviny a pro dovoz potravin, pojednává o tom, že vláknina se skládá z cukerných vysokomolekulárních látek obsahujících uhlík, vodík a kyslík, s deseti či více základními cukernými jednotkami, které nejsou absorbovány ani hydrolyzovány v horním gastrointestinálním traktu, tedy v tenkém střevě či žaludku. Vláknu lze dělit do 3 kategorií. Do první jsou zařazeny jedlé cukerné (CHO) vysokomolekulární polysacharidy, které se přirozeně vyskytují v potravinách. Druhou kategorií jsou CHO vysokomolekulární látky získané z potravinové suroviny enzymatickými, chemickými či fyzikálními prostředky. Třetí kategorií tvoří syntetické CHO vysokomolekulární látky. Přičemž v případě izolované syntetické vlákniny, tedy v druhé a třetí kategorii, musí být na základě obecně uznávaných vědeckých poznatků prokazatelný pozitivní fyziologický účinek (Jones 2014; Cui et al. 2019).

Dle vědeckého poradního výboru pro výživu neexistuje univerzální definice pojmu „dietary fiber“, ale obecně se týká většiny složek nestravitelných sacharidů a též může zahrnovat další minoritní kvantitativní složky, například lignin, které jsou spojeny v buněčných stěnách rostlin s nestravitelnými sacharidy. Polysacharidy tvořící vlákninu jsou z molekulárního hlediska velmi rozmanité z hlediska složení, velikosti a struktury (Qi 2019).

Grey (2006) uvádí shrnutí bodů, které by definice vlákniny měla obsahovat.

- Původ vlákniny: biologický či syntetický.
- Chemická povaha látek.
- Minimální stupeň kondenzace cukerných vysokomolekulárních látek.
- Odolnost vůči trávení, hydrolýze enzymy GIT.
- Odkaz na metodu stanovení vlákniny.
- Odkaz na fermentovatelnost v tlustém střevě, a to včetně produkce mastných kyselin s krátkým řetězcem a s tím související fyziologické účinky: snížení toxických látek ve stolici, prebiotický účinek, absorpce minerálních látek.
- Odkaz na další fyziologické vlastnosti, které jsou měřitelné: metabolické či projevavé účinky, včetně snížení hladiny glukózy, inzulínu či cholesterolu v krvi.

3.2 Složení vlákniny

Vláknina je složena z různých heterogenních a komplexních polysacharidů, včetně celulózy, hemicelulózy, pektinu, ligninu a gum. Jsou složeny ze strukturně odlišných cukerných skupin, které jsou propojeny různými glykosidickými vazbami a tvoří různé řetězce a větve. Dle chemického složení, molekulové hmotnosti, viskozity a rozpustnosti se liší její fyziologické a fyzikálně-chemické vlastnosti (Cui et al. 2019).

Vláknina je charakterizována některými fyzikálně-chemickými vlastnostmi, například fermentovatelností, rozpustností, viskozitou, vazebnou schopností a absorpcí vody. Tyto vlastnosti však značně ovlivňují funkční chování vlákniny ve stravě (Mudgil 2017).

V mnoha ohledech je z výživového hlediska nejdůležitější fyzikálně-chemickou vlastností vlákniny relativní rozpustnost. V porovnání s nerozpustnou vlákninou má rozpustná vláknina větší schopnost integrovat se složkami trávicího traktu, a to především s vodou a trávicími enzymy. V konečné fázi oba typy vlákniny vstupují do tlustého střeva, kde jsou více či méně fermentovány, dle typu a koncentrace, přítomnými rezidentskými bakteriemi (Qi 2019).

3.3 Rozdělení vlákniny

Působení vlákniny na lidský organismus ovlivňuje to, jestli je vláknina ve vodě rozpustná nebo nerozpustná, avšak tato vlastnost je i velmi důležitá pro potravinářské technology. Mezi nerozpustnou vlákninou se řadí především celulóza, část hemicelulóz, rezistentní škroby, ale i lignin, který nepatří mezi sacharidy. Do druhé skupiny, která je rozpustná ve vodě patří především pektiny, β -glukany, rostlinné gummy, slizy a nestrávitelné oligosacharidy (Polák 2008; Yangilar 2013).

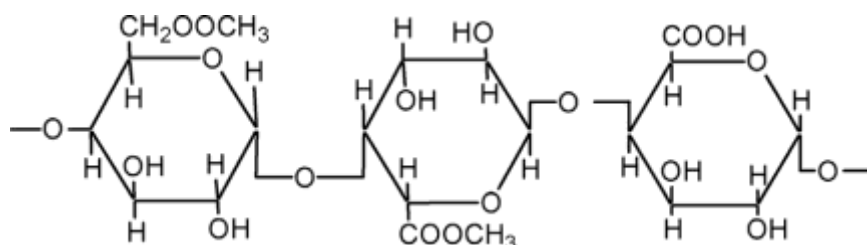
Ve srovnání s nerozpustnou vlákninou, má rozpustná vláknina vyšší schopnost tvořit gel, vyšší viskozitu a emulgační kapacitu. Dále má velmi silnou hydratační kapacitu, a díky tomu je schopna vytvářet viskózní roztoky. Bylo zjištěno, že pokud jde o prevenci gastrointestinálních poruch, o snížení krevního tlaku či o ochranu před rakovinou, tak je rozpustná vláknina prospěšnější lidskému zdraví než vláknina nerozpustná. Obecně je tedy považováno zvýšení rozpustné vlákniny ve stravě za velmi prospěšné (Cui et al. 2019).

3.1.1 Rozpustná vláknina

Rozpustná vláknina má schopnost absorbovat vodu a velmi snadno bobtnat. V tlustém střevě se za působení střevních bakterií rozpouští. Do této skupiny patří pektiny, β -glukany, galaktomannanové gummy a velký počet nestrávitelných oligosacharidů včetně inulinu. Inulin se v lidském těle nevstřebává do krevního oběhu a nezasahuje tak do metabolických procesů. V žaludku je rezistentní vůči trávicím kyselinám a enzymům, v tenkém střevě se neštěpí a nedochází tak k jeho resorpci, díky tomu se dostává až do tlustého střeva, kde působí jako prebiotikum. To znamená, že v tlustém střevě funguje jako zdroj živin pro některé mikroorganismy a je zde štěpen bakteriální střevní mikrobiotou (Mahenová 2009; Yangilar 2013).

Rozpustná vláknina ovlivňuje hladinu cukru v krvi a též hladinu cholesterolu v krvi, kterou ovlivňují především ovesné β -glukany a pektiny. Má schopnost zvětšovat svůj objem a vytváří tak viskózní roztok v žaludku, a tím prodlužuje pocit nasycení (Společnost pro výživu 2015).

3.1.1.1 Pektiny



Obrázek 1: Chemická struktura pektinu (Hassan et al. 2017)

Pektiny (obr. 1) jsou polysacharidy, které se vyskytují převážně v buněčných stěnách ovoce a zeleniny. Jejich hojné zastoupení je například v jablku, citrusech a jahodách. Z chemického hlediska se skládají především z řetězců galakturonové kyseliny s rozptýlenými jednotkami ramnózy a jsou rozvětveny v řetězce hexózových a pentózových jednotek. Galakturonová kyselina má schopnost absorbovat vodu a vytvářet gel. Využití pektinu je převážně na výrobu zavařenin a gelů. Přidávají se také například do nízkotučných jogurtů, ve kterých udržují správnou texturu (Grey 2006; Kohout 2008).

Pektin má schopnost na sebe vázat ionty těžkých kovů a snižovat cholesterol v krvi. V lidském těle je dobře fermentovatelný, je tedy rozštěpen již v přední části tlustého střeva. Záněty a nádory tlustého střeva však vznikají až v jeho dolní části. Pokud dojde k chemické přeměně pektinu, může se snížit jeho dostupnost pro některé mikroorganismy a modifikovaný pektin by tak mohl být fermentován po celé ploše tlustého střeva, a tím by ho mohl lépe chránit (Čopíková & Synytsya 2005).

Pektin se prodává i samostatně v práškové podobě. Získává se izolací z ovoce a zeleniny průmyslovými postupy. Nejlépe lze získat jablečný či citrónový pektin. Podávané množství se pohybuje od 5 do 35 g na den. První, kteří objevili účinek pektinu na hladinu cholesterolu v krvi, byli italská lékaři, kteří svým pacientům pravidelně podávali 2 jablka po každém jídle. Prokázalo se, že účinek pektinu na cholesterol v krvi je nejúčinnější při současné konzumaci stravy s nízkým obsahem tuků (Hejda 1994).

3.1.1.2 β -glukany

β -glukany jsou přírodní polysacharidy, které se od sebe liší stupněm polykondenzace. Mají rozvětvenou strukturu a tvoří malé molekuly. Tyto vlastnosti ovlivňují jejich rozpustnost a umožňují jim vytvářet viskózní roztoky. Cereální β -glukany se nacházejí v obalových vrstvách a v endospermu obilného zrna, převážně ječmene a ovsa. Jejich obsah v zrně se liší podle odrůdy, větší množství se nachází hlavně v otrubách. Ovesné otruby se přidávají do potravinových produktů jako zdroj β -glukanů. Přidávají se také do kosmetických krémů, zde je jejich funkcí vázat vodu, dále mají zklidňující účinek na podrážděnou pleť a působí zároveň

jako antioxidanty. Celkový obsah v zrně se pohybuje přibližně v rozmezí 4 – 10 % (Čopíková & Synytsya 2005; Grey 2006).

β -glukany příznivě ovlivňují metabolismus glukózy lidí s diabetem 2. typu či metabolickým syndromem. Další jejich pozitivní vlastností je, že zlepšují glykemický index jídla. Navýšení příjmu β -glukanů může způsobit sníženou chuť k jídlu, díky tomu dojde k menšímu příjmu energie, a to může vést ke snížení hmotnosti a ke snížení prevalence metabolického syndromu. Chuť k jídlu je regulována pomocí střevních hormonů a může být zjištěna měřením koncentrace těchto hormonů v krvi a následně porovnána se subjektivním pocitem (Cloetens et al. 2012).

3.1.1.3 Gumy a slizy

Gumy patří mezi hydrokoloidy. Nacházejí se v rostlinných exsudátech, což jsou látky vylučované na povrch rostliny při jejím poškození či napadení patogenem, dále v semenech rostlin a ve výtažku mořských řas. Exsudáty rostlin jsou zdrojem především arabské gumy. Semena guar gumy a mořské řasy jsou zdrojem agaru, alginátů a karagenů. Využívají se především jako emulgátory a stabilizační látky v potravinách (Grey 2006; Müllerová 2014).

Slizy se vyskytují například v semenech jitrocele vejčitého. Tato rozpustná vláknina se nazývá *psyllium husk* a je zde ve formě bezbarvého slizu, který na sebe váže vodu a bobtná. Podporuje peristaltiku střev a využívá se jako projímadlo a k prevenci proti vzniku hemeroidů (Arndt 2018).

3.1.1.4 Nestravitelné oligosacharidy

Nestravitelné oligosacharidy se přirozeně vyskytují v ovoci, zelenině a obilovinách. Mohou však být i chemicky a enzymaticky syntetizovány. Z důvodu jejich nestravitelnosti vykazují velmi podobné fyziologické účinky jako polysacharidy. Jsou velmi dobře fermentovatelné a některé z nich vykazují prebiotický účinek. Mezi prebiotika patří především fruktany, ty obsahují fruktooligosacharidy nebo oligofruktózy, které se získávají enzymatickou hydrolýzou z přirozeně se vyskytujícího inulinu. Hlavním zdrojem těchto nestravitelných oligosacharidů je česnek a cibule (Grey 2006).

Fruktooligosacharidy jsou prospěšné pro zdraví tlustého střeva. Snadno a rychle se fermentují a jsou spojeny se zvýšením počtu bifidobakterií ve stolici. U pacientů se zácpou a u starších osob byly vyhodnoceny dlouhodobé účinky suplementace isomaltooligosacharidy na funkci střev, fekální mikrobiotu a biochemické ukazatele nutričního stavu. Byl zpozorován značný pozitivní vliv příjmu vlákniny na zlepšení pohybu střev a profilu střevní mikrobioty (Guiné et al. 2017).

3.1.2 Nerozpustná vláknina

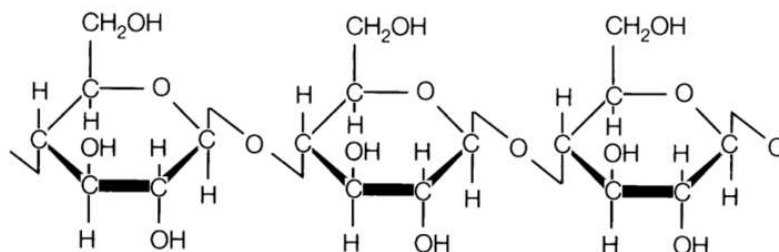
Složky nerozpustné vlákniny dokážou absorbovat vodu, ale na rozdíl od rozpustné vlákniny nebobtnají (Mahenová 2009). Nerozpustná vláknina má schopnost zvětšovat objem potravy, urychlovat střevní pasáž a příznivě ovlivňuje peristaltiku střev. Tím, že dojde ke zrychlení pasáže střeva, dochází k omezenému přístupu karcinogenu ke sliznici. To je jeden

z možných ochranných mechanismů vlákniny proti vzniku rakoviny tlustého střeva. (Hrstková et al. 2008; Kohout 2008; Müllerová 2014)

Další důležitou vlastností nerozpustné vlákniny je, že navozuje pocit sytosti a používá se rovněž k prevenci proti zácpě. Aby však nerozpustná vláknina mohla správně plnit svou funkci, je velmi důležité, aby byl dodržen pitný režim. Do této skupiny patří především celulóza a lignin (Společnost pro výživu 2015).

3.1.2.1 Celulóza

Celulóza (obr. 2) je nerozpustná a velmi odolná vůči trávicím enzymům v zažívacím traktu. Je hlavní součástí buněčné stěny většiny rostlin. Celulóza je tvořena nerozvětvenou α -D-glukopyranózou, která je spojena glykosidickou vazbou β -1,4. Zdrojem celulózy je převážně ovoce, zelenina a cereálie. V obilných otrubách je celulóza primárním zdrojem vlákniny, obsah se pohybuje přibližně v rozmezí 30 – 35 %. V zelenině a ořechách tvoří zhruba jednu třetinu vlákniny a v ovoci a obilovinách tvoří zhruba jednu čtvrtinu vlákniny (Grey 2006; Vím, co jím 2014).

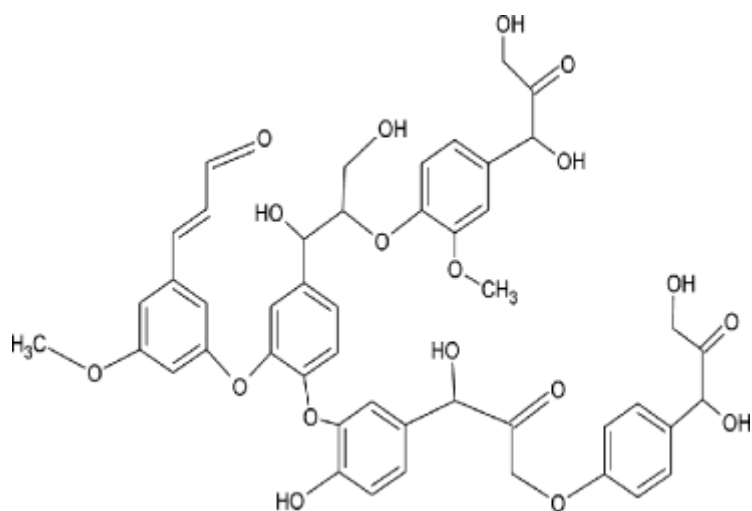


Obrázek 2: Chemická struktura celulózy (Socratic Q&A 2015)

3.1.2.2 Lignin

Lignin (obr. 3) nepatří mezi polysacharidy, ale tím, že je chemicky vázán hemicelulózou v buněčné stěně rostlin, je s nimi úzce spojen (Grey 2006). Z chemického hlediska je to vysokomolekulární amorfni polyfenolická látka, která je tvořena fenylypropanovými jednotkami odvozených od p-kumarylalkoholu, koniferylalkoholu a sinapylalkoholu. Tyto fenylypropanové jednotky jsou základními stavebními jednotky ligninu a jsou vázány do trojrozměrných struktur etherovými vazbami či vazbami mezi dvěma atomy uhlíku (Velíšek 1999).

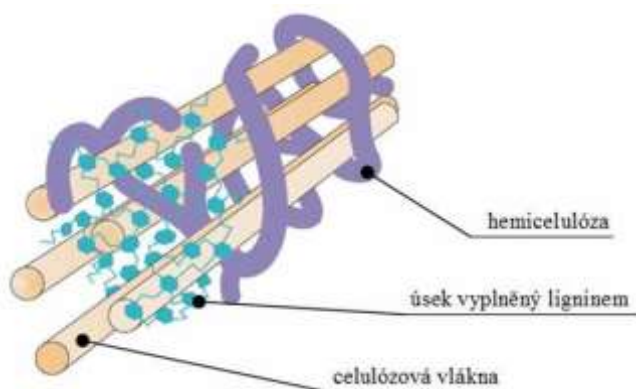
Lignin je tzv. „dřevnatá vláknina“, která je v přírodě jednou z hlavních složek dřevní hmoty, dále je přítomen ve vnějších vrstvách zrn obilovin, ve skořápkách ořechů, a v menším množství se nachází i v ovoci a zelenině, například v celeru. Předpokládá se, že díky svým vlastnostem má preventivní účinky proti rakovině (Grey 2006; Kohout 2008).



Obrázek 3: Chemická struktura ligninu (Mahmood et al. 2018)

3.1.3 Hemicelulóza

Hemicelulózy jsou polysacharidy, které jsou v rostlinné buněčné stěně spojeny s celulózou a obsahují jiné sacharidy než glukózu. Zahrnují molekuly jak rozvětvené, tak i lineární, obsahují 50 – 200 jednotek xylózy a arabinózy (pentózy) a glukózy, manózy, galaktózy, ramnózy, galakturonové kyseliny a glukuronika (hexózy). Hemicelulózy jsou tedy heterogenní skupinou chemických struktur, které se vyskytují v nerozpustných i ve vodorozpustných formách v potravinách rostlinného původu. Vlákna obsažená v ovoci, zelenině, ořechách a luštěninách je tvořena hemicelulózou z jedné třetiny (Grey 2006). Na obr. 4 je znázorněna struktura lignocelulózových materiálů.



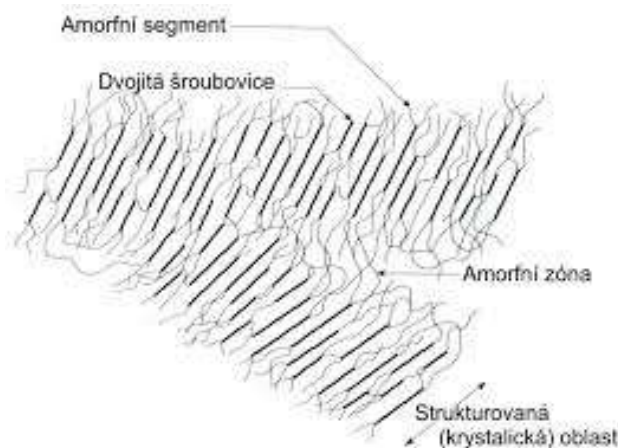
Obrázek 4: Struktura lignocelulózových materiálů (Straka 2006)

3.1.4 Rezistentní škroby

Rezistentní škrob je druh škrobu, který není štěpen enzymy v tenkém střevě a přechází až do tlustého střeva, v němž může být metabolizován střevní mikrobiotou na sekundární produkty (Šárka et al. 2013). Ve skutečnosti v organismu působí na podobném principu jako neškrobové

polysacharidy v lidské stravě. Jejich modifikovaná, semikrystalická struktura zamezuje přístupu k α -amyláze a hydrolyze. Lze je tedy podobně jako neškrobové polysacharidy fermentovat v tlustém střevě na mastné kyseliny s krátkým řetězcem (Qi 2019). Jejich pozitivní vlastností je, že mají schopnost snižovat energetickou hodnotu potravin. Využívají se při prevenci proti kolorektálnímu karcinomu. Rezistentní škroby se dělí do čtyř základních skupin (Šárka et al. 2013).

- **RS1-fyzikálně nepřístupný škrob.** Hlavním zdrojem jsou luštěniny. Díky jejich silné buněčné stěně, v níž je škrob zabudovaný, je nepřístupný enzymové hydrolyze. Avšak při zpracování potravin či vaření se buněčná stěna naruší, a tím se škrob stává dostupnější pro trávení.
- **RS2-nativní škrob.** Je obsažen ve škrobových zrnech a je velmi odolný vůči enzymové hydrolyze. Nachází se například v nezralých banánech a v syrových bramborách. Brambory se však konzumují ve vařené formě a při tomto procesu dochází k želatinaci škrobu, proto je hlavním zdrojem nativního škrobu ve stravě banán. Dalším zdrojem je vysoce amylázový kukuřičný škrob.
- **RS3-retrogradovaná amyulóza (obr. 5).** Při skladování, chlazení a vaření potravin dochází k retrogradaci želatinovaného škrobu. Při opakovaném chlazení a zahřívání brambor dochází ke zvýšení obsahu tohoto škrobu, a naopak ke snížení jeho obsahu dochází při ohřívání chlazených brambor.
- **RS4-chemicky modifikovaný škrob.** Tento typ škrobu zahrnuje ethery, estery, zesítěné škroby a pyrodextrinované škroby. Navýšení obsahu RS4 ve škrobu se provádí například kyselou hydrolyzou škrobu z amyloječmene (Grey 2006; Šárka et al. 2013).



Obrázek č. 5: Model retrogradované amyulózy (Šárka et al. 2013)

Přírodní zdroje různých typů složek vlákniny jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Přírodní zdroje vlákniny (Grey 2006)

Složky vlákniny	Hlavní potravinové zdroje
Pektiny	Ovoce, zelenina, luštěniny, brambory, cukrová řepa
β -glukany	Zrna ovsa, ječmene, žita, pšenice
Gumy	Luštěniny, arabská guma, guar, karagenan, xantan, mořské řasy
Inulin, oligofruktany, fruktooligosacharidy	Cibule, čekanka, topinambur
Oligosacharidy	Mateřské mléko, luštěniny
Celulóza	Zelenina, dřeviny, obilné otruby
Lignin	Obilné otruby, rýže, luštěniny, dřeviny
Hemicelulóza	Obilná zrna RS1: luštěniny, obilná zrna, semena RS2: syrové brambory, zelené banány RS3: chléb, kukuřičné lupínky, chlazené vařené brambory, rýže RS4: želé, žvýkačky, sirupy, konzervované a mražené potraviny, instantní výrobky
Rezistentní škroby	

4 Fyziologický význam vlákniny pro lidský organismus

Pozitivní vztah mezi příjmem vlákniny a zdravím člověka byl vědecky prokázán. Výhody, které jsou spojeny s přiměřeným příjmem vlákniny, jsou rozsáhlé a zahrnují zlepšení funkce střev, například regulaci průchodu střevem a prevenci vzniku zácpy, dále Crohnovy choroby, tedy zánětlivého onemocnění střev a divertikulární choroby, prevenci či léčbu diabetu, některých typů rakoviny souvisejících s gastrointestinálním traktem a kardiovaskulárních onemocnění. Vlákna snižuje riziko vzniku obezity, hyperglykémie, hypercholesterolemie a hyperlipidémie (Guiné et al. 2017).

Dle Cui et al. (2019) je potenciálním terapeutickým cílem pro fyziologické poruchy střevní mikrobiota, což je souhrnné označení pro mikroorganismy, které se vyskytují v lidském střevě, zahrnují bakterie, viry, prvoky, houby a archea. Mikrobiota je důležitá z důvodu ochranné funkce, modulace střevní mikrobioty může značně formovat imunitní systém, chránit tak před invazí patogenními mikroorganismy a regulovat metabolismus, avšak může v ní nastat i nerovnováha, která je úzce spjata s obezitou, energetickou nerovnováhou či syndromem dráždivého tračníku. Udržení rovnováhy je však velmi důležité, a to z důvodu jejího významu pro zdraví. Faktory ovlivňující rovnováhu složení mikrobiotů jsou například genetika, věk, strava či hostitelské prostředí. Složky stravy významně ovlivňují metabolickou aktivitu a složení střevní mikrobioty. Strava, která je bohatá na vlákninu, zvyšuje hojnost střevní mikrobioty, a tím prospívá zdraví. Vlákna je možné použít jako zdroj energie pro obligátní anaerobní bakterie, které jsou schopné fermentační aktivity. To vede k tvorbě mastných kyselin a jejich solí s krátkým řetězcem, například acetátu, butyrátu a propionátu. Tyto organické, biologicky aktivní kyseliny mají významný dopad na některé fyziologické účinky.

Grey (2006) poukazuje na výzkum, který identifikoval klíčové účinky vlákniny. Jedná se o zlepšení funkce tlustého střeva, jako je například fermentace, dále o snížení cholesterolu v krvi a snížení postprandiální hladiny glukózy v krvi a regulaci hladiny inzulínu.

4.1 Prebiotická funkce

Některé složky vlákniny, například pektin, hemicelulózy a inulin, jsou v tlustém střevě fermentovány pomocí mikroorganismů za vzniku mastných kyselin. Zároveň slouží jako zdroj živin pro probiotika. Celkově má vláknina pozitivní vliv na činnost a přežití bifidogenních bakterií, tedy probiotik, a tím příznivě ovlivňuje imunitní systém a rekolonizaci tlustého střeva mikrobiotou. To má velký význam například po používání chemoterapeutik (Polák 2008).

Kalač (2003) uvádí prokázané zdravotní přínosy prebiotik:

- Příznivě působí na složení mikrobioty tlustého střeva tím, že podporují růst žádoucích bifidobakterií.
- Snižují energetický příjem, díky tomu, že se v tenkém střevě nevstřebávají a procházejí dále do tlustého střeva, zde dochází k fermentaci na těkavé mastné kyseliny, které mají nízkou energetickou hodnotu ($< 9 \text{ kJ.g}^{-1}$).
- Zvětšují objem stolice, díky tomu klesá výskyt zácpy. Toto zjištění bylo prokázáno již po týdnu užívání 3 – 10 g nestravitelných oligosacharidů.

Kalač (2003) uvádí i předpokládané zdravotní přínosy, které však k ověření vyžadují další vědecké studie.

- Prevence a zmírnění střevních infekcí a průjmů.
- Podpora imunitního systému.
- Prevence kolorektálního karcinomu.
- Snížení hladiny cholesterolu v krvi.
- Zlepšení využitelnosti vápníku a díky tomu snížení rizika osteoporózy.

Zdravotní výhody prebiotik tkví v podpoře růstu jednoho či více druhů bakterií v tlustém střevě a v současném potlačení růstu patogenních bakterií. Aby však byla prebiotika efektivní, musí proniknout až do tlustého střeva a nesmí být degradována v horních částech GITu. V tlustém střevě jsou využita pouze vybranými druhy bakterií, které jsou schopné je rozštěpit a využít ke svému růstu. Odpadní produkty prebiotik, máselná, octová a propionová kyselina, vznikají prokvašováním a snižují pH ve střevě. Za nejvýznamnější přirozené prebiotikum je považován inulin (Müllerová 2014). Potravinové zdroje inulinu jsou uvedeny v tabulce 2.

Inulin má příznivý vliv na střevní rovnováhu, na snížení výskytu infekčních onemocnění či zánětů, má preventivní účinek proti rakovině tlustého střeva, podporuje činnost střev, může snižovat hladinu cholesterolu v krvi a také se využívá ke zvýšení reabsorpce minerálních látek. Používá se také ke snižování hmotnosti a jako sladidlo pro diabetiky. Avšak inulin přináší určitá rizika, která souvisejí s intolerancí fruktózy či velmi výjimečně s alergií. Projevem intolerance mohou být křeče, průjmy, plynatost či bolesti v oblasti podbříšku. Tato negativní vlastnost inulinu se vyskytuje u 30 – 40 % obyvatel (Bezpečnost potravin 2010).

Tabulka 2: Zdroje inulinu v potravinách (Bezpečnost potravin 2010)

Zdroj inulinu	Obsah inulinu [g.100 g ⁻¹]	Obsah oligofruktózy [g.100 g ⁻¹]
Česnek	9 – 16	3,6 – 6,4
Cibule	1,1 – 7,5	1,1 – 7,5
Čekanka	35,7 – 47,6	19,6 – 26,2
Chřest	2 – 3	2 – 3
Pór	3 – 10	2,4 – 8
Pšenice	1 – 4	1 – 4

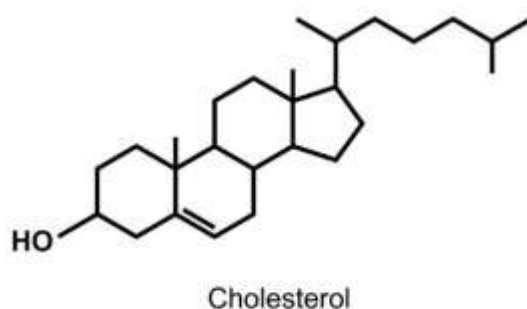
4.2 Vliv vlákniny na množství cholesterolu v krvi

Cholesterol (obr. 6) je živočišný sterol, který je přirozenou součástí buněk lidského těla. Je důležitou součástí buněčných membrán, mozkových, žlučových a nervových buněk. Tělu prospívá vstřebáváním tuků a vitaminů rozpustných v tucích. Je důležitý pro syntézu vitamínu D a hormonů, například kortizolu. Ve varlatech tvoří testosteron a ve vaječnicích tvoří estrogen a progesteron. Zvýšená hladina cholesterolu v krvi neboli hypercholesterolémie, je rizikovým činitelem pro vznik aterosklerózy a ischemické choroby srdeční (Bialasová 2018; Jain et al. 2020). Lipoproteiny jsou látky, které jsou zodpovědné za transport cholesterolu. Jde o velké molekuly, ve kterých tuk, volný cholesterol a jeho estery s mastnými kyselinami tvoří jádro,

kteřé je obklopeno obalem složeným z bílkovin. Povrchové bílkoviny jsou hydratovány, což umožňuje transport lipidů, tedy i cholesterolu. Lipoproteiny, vyskytující se v krevním séru, se dělí dle jejich hustoty, která je ovlivněna podílem lipidů. Lipoproteiny krevního séra se dělí do 5 základních tříd.

- **VLDL** (*very low density lipoproteins*) – lipoproteiny o velmi nízké hustotě.
- **LDL** (*low density lipoproteins*) – lipoproteiny o nízké hustotě.
- **MDL** (*medium density lipoproteins*) – lipoproteiny o střední hustotě.
- **HDL** (*high density lipoproteins*) – lipoproteiny o vysoké hustotě.
- **VHDL** (*very high density lipoproteins*) – lipoproteiny o velmi vysoké hustotě.

Pro porovnání složení VLDL obsahují 83 % triacylglycerolů a 2 % bílkovin naopak VHDL obsahují 5 % triacylglycerolů a 57 % bílkovin. Čím nižší je jejich hustota, tím nižší podíl bílkovin obsahují a jsou tak méně stabilní ve vodním prostředí krve. Co se týče jejich funkce, nízkohustotní VLDL a LDL transportují lipidy od střešní stěny do tukové tkáně, kde se ukládají do svalů, ve kterých jsou zdrojem energie. Vysokohustotní lipoproteiny HDL a VHDL slouží k přenosu lipidů z tkání do krevního řečiště, společně s lipidy přenášejí i cholesterol syntetizovaný v těle i přijatý potravou. Jde o kyvadlový přenos mezi játry, střevy a mimojaterními tkáněmi. Z těchto tkání HDL přenáší cholesterol do jater, kde se přeměňuje na některé hormony a žlučové kyseliny (Kalač 2003).



Obrázek 6: Chemická struktura cholesterolu (Bialasová 2018)

4.2.1 Mechanismus snižování hladiny cholesterolu v krvi

Žlučové kyseliny jsou důležitou součástí metabolismu lipidů. Jsou syntetizovány z cholesterolu v játrech a dále jsou vylučovány žlučí v tenkém střevě. Enterohepatickou cirkulací aktivními a pasivními mechanismy v ileu je většina žlučových kyselin reabsorbována, ty, které jsou neabsorbované, jsou z těla vylučovány stolicí. Deficit těchto kyselin je kompenzován novou syntézou v játrech, která pravděpodobně vede ke snížení hladiny cholesterolu (Suharoschi et al. 2019). Dle Theuwissen & Mensink (2008) rozpustná vláknina snižuje absorpci žlučových kyselin, díky tomu se zvyšuje hepatická přeměna cholesterolu na žlučové kyseliny, a to nakonec vede ke zvýšenému vychytávání LDL cholesterolu v játrech.

Vláknina, rozpustná i nerozpustná, má různé vazebné vlastnosti žlučových kyselin. Interakce vlákniny se žlučovými kyselinami brání jejich reabsorpci. Interakce je ovlivněna

velikostí částic, jejich povrchem, viskozitou, pH a teplotou média. Vazebná kapacita byla značně zlepšena velmi jemným mletím několika typů vlákniny, například inulinu, β -glukanu, guarové gummy a glukomannanu. Část vlákniny je fermentována mikrobiotou a během tohoto procesu jsou vázané žlučové kyseliny uvolněny a enzymaticky přeměněny. Přestože jsou fyzikálně-chemické vlastnosti změněny, část žlučových kyselin může být reabsorbována i z tlustého střeva (Suharoschi et al. 2019).

Rozpustná, viskózní vláknina má značné hypocholesterolemické účinky. Prospektivní randomizovaná kontrolovaná klinická studie naznačila, že spotřeba pektinu v rozmezí 12 – 24 g na den v rozděleném množství byla spojena se snížením hodnot LDL-cholesterolu o 13 %. Příjem guarové gummy v rozmezí 9 – 30 g na den, rozdělený na minimálně 3 denní porce byl spojen s průměrným snížením hodnot LDL-cholesterolu o 10,6 %. Co se týče β -glukanu z ječmene, jeho spotřeba v množství 5 g na den v rozdělených dávkách byla spojena se snížením hodnot LDL-cholesterolu o 11,1 %, přičemž hodnoty HDL-cholesterolu či triacylglyceridů zůstávají po užití rozpustné vlákniny téměř beze změn (Anderson et al. 2009).

Dle Anderson et al. (2009) jsou nejrozšířenějšími zdroji rozpustné vlákniny ovesné β -glukany a *psyllium*, které byly schváleny organizací FDA pro zdravotní tvrzení související s ochranou před ischemickou chorobou srdeční. Krátkodobé studie (4 – 8 týdnů) prováděné Anderson et al. (2009) ukazují, že široce používané ovesné β -glukany či *psyllium* snižují hodnoty LDL-cholesterolu přibližně o 5,5 %. Očekává se, že toto snížení zmenší riziko kardiovaskulárních chorob o 7 – 11 %. Užití *psyllia* po dobu 6 měsíců snižuje hladinu LDL-cholesterolu o 6,7 % a užití guaru po dobu jednoho roku o 16,1 %. Údaje naznačují, že pravidelné užívání rozpustné vlákniny může dlouhodobě vyvolávat významné hypocholesterolemické účinky.

Výzkumy též ukázaly, že vyšší příjem vlákniny má terapeutický přínos na snížení hladiny cholesterolu v krvi v dětství, který je rizikový z hlediska vzniku aterosklerózy a srdečních chorob v pozdějším životě. Na základě několika výzkumů bylo prokázáno, že přidáním 6 g rozpustné vlákniny do dětské výživy může snížit LDL-cholesterol o 6 % více než strava s nízkým obsahem nasycených tuků a nízkým obsahem cholesterolu (Anderson et al. 2009).

4.3 Význam vlákniny pro léčbu diabetes mellitus

Diabetes mellitus je metabolický syndrom, který je rozdělen do dvou skupin. 1. typem je inzulin dependentní typ, u něhož dochází k zániku sekrece inzulinu a který je podmíněn destrukcí β -buněk pankreatických ostrůvků. 2. typ je non-inzulin dependentní typ, u kterého se porucha v sekreci inzulinu spojuje se sníženou citlivostí periferních tkání na inzulin, eventuálně i s poruchami v sekreci jiných hormonů. Například zvýšená sekrece glukagonu snižuje odpověď v sekreci somatostatinu na glukózu (Zamrazilová 1989).

Studie potvrdily, že příjem vlákniny z celých obilných zrn má značný význam na pokles výskytu diabetu, zatímco vláknina z ovoce či zeleniny neměla výrazný vliv na vznik tohoto onemocnění. Vyšší příjem nerozpustné vlákniny je tedy silně spojen se snížením rizika vzniku diabetu. Nerozpustná vláknina též dokáže snížit příjem potravy a chuť k jídlu, a to může vést k celkovému snížení kalorického i tělesného indexu (Kushwaha & Maurya 2019).

Kohortové studie poukazují na inverzní souvislost mezi rizikem vzniku diabetu 2. typu a příjmem vlákniny ve stravě. Tímto zjištěním se dále zabýval Americký lékařský institut a Rada pro zdraví v Nizozemsku. Jejich závěr je, že celková vláknina pravděpodobně ovlivňuje snížení rizika tohoto onemocnění, avšak jisté je, že vláknina z celozrnných potravin má větší účinky na snížení rizika než vláknina celková (Grey 2006).

Dle Hejdy (1994) se složky rozpustné vlákniny pokládají za účinné, protože zabraňují difúzi glukózy a jejich prekurzorů ke sliznici střeva a díky tomu se vstřebávání glukózy zpomaluje. Dle prováděných experimentů jsou za účinné poživatiny považovány potraviny s obsahem guarové a tragantové gummy, ale například u pektinu a otrub nebyl účinek dostatečně výrazný. Dle řady výzkumů je vhodné do diabetických diet zařadit viskózní formy rozpustné vlákniny. Díky tomu je pak vzrůst hladiny glukózy v krvi po jídle mírnější a pomalejší.

4.3.1 Zvýšená hladina glukózy v krvi

Po konzumaci sacharidů dochází ke zvýšené hladině glukózy v krvi, tento proces se označuje jako glykemická odpověď. Škroby, které jsou rychle stravitelné a vstřebatelné a další sacharidy odvozené od škrobu, způsobují velmi silnou a prudkou glykemickou reakci a ta následně vyvolá rychlou a výraznou inzulinovou odpověď. Dle glykemické reakce byl následně vyvinut koncept glykemického indexu (GI), který klasifikuje potraviny dle vyvolané glykemické reakce. Avšak GI potravin nemusí vždy korelovat s obsahem vlákniny v potravinách. Příkladem je GI celozrnného a bílého chleba, který se téměř neliší, ale rozdíl v obsahu vlákniny je poměrně výrazný. Dalším příkladem je ovoce, které má nižší GI v porovnání se šťávou získanou z tohoto ovoce, a to díky neporušené buněčné stěně nikoli kvůli vláknině, která má v tomto případě mnohem menší účinek na snížení GI.

Některé typy vlákniny mají schopnost snížit rychlost příjmu glukózy z tenkého střeva, zpomalit vzrůst glukózy v krvi a snížit její maximální hladinu. Tím se zeslabí inzulinová odpověď, a to má následek zpomalení poklesu hladiny glukózy v krvi. Metaanalýza intervenčních studií, která byla prováděna na jedincích s tímto onemocněním, poukázala na to, že viskózní vláknina, tedy rozpustná vláknina vyskytující se v neporušených potravinách, jako je oves či luštěniny, tak i jako doplněk v izolované formě, například pektin a guarová guma, výrazně snižuje glykemickou odpověď. Další výzkum poukazuje na to, že tento typ vlákniny zpomaluje vyprazdňování žaludku a též zpomaluje absorpci glukózy. Z tohoto pohledu pomáhá s řízením glykemické kontroly u osob s diabetem. Avšak jiný pohled přinášejí prospektivní studie, ve kterých je obsah neviskózní vlákniny především z celozrnných potravin nepřímo spojován s rizikem vzniku diabetu 2. typu a inzulinové rezistence (Grey 2006).

4.4 Význam vlákniny při divertikulární chorobě

Divertikulární choroba je charakterizována tvořením výchlipek různé velikosti ve stěně tlustého střeva, ve kterých se stolice může zadržovat a může vyvolávat zánětlivé či jiné změny. Jedná se o výhřezy střevní sliznice svalovou vrstvou střevní stěny v místech, kde prostupují cévy (Hejda 1994).

Příznaky divertikulární choroby sahají od mírného gastrointestinálního narušení až po zneschopňující bolest. Tyto příznaky jsou spojeny se sníženým příjmem vlákniny a zvýšeným

příjmem sacharidů a mletých zrn. V roce 2012 toto onemocnění postihovalo až 70 % lidí žijících v industrializovaných zemích do věku 60 let. Choroba byla donedávna považována za chorobu starších lidí, avšak dle výzkumů byl zaznamenán značný nárůst počtu příznaků vyžadujících léčbu i mladších lidí. Pacienti mohou mít buď divertikulózu, tedy nezápálivou divertikulu nebo divertikulitidu, tedy zanícenou či infikovanou divertikulu. Divertikly jsou herniace o velikosti 0,5 až 1 cm neboli malé výčnělky, které se převážně vyskytují ve stěně sigmoidu a sestupném tlustém střevu, většinou na obou stranách tří podélných svalových svazků (Wick 2012).

Strava s vysokým obsahem vlákniny, především s nerozpustnou vlákninou, pomáhá zvyšovat objem a vlhkost stolice a značně zkracuje dobu průchodu gastrointestinálním traktem, tím poskytuje obranu proti rozvoji divertikulózy. Naopak strava s nízkým obsahem vlákniny může riziko rozvoje divertikulózy zvýšit (Guiné et al. 2017).

Doporučený příjem vlákniny při divertikulární chorobě závisí na zdravotním stavu pacienta. Pokud je pacient v symptomatickém období, je doporučována strava s nízkým obsahem vlákniny. Jakmile je však akutní období či vysoce symptomatické období potlačeno nebo je chronické onemocnění zcela zvládnuto, je na místě postupné zvyšování příjmu vlákniny z potravy na 20 – 30 g denně. Vlákninu lze užívat i ve formě objemových stimulantů, jako je například *psyllium*. Odborníci se domnívají, že nedostatek vlákniny mění i mikroekologii tlustého střeva, což může snižovat lokální imunitní odpověď, vytvářet chronický zánět či zvýšit pravděpodobnost akutní divertikulitidy (Wick 2012).

4.5 Vliv vlákniny na obezitu

Epidemiologické a průřezové studie poukazují na to, že nižší příjem vlákniny je spojen s vývojem obezity. Obsah vlákniny má značný dopad na snížení příjmu energie a na chutnost jídla. V několika studiích byla zaznamenána vyšší sytivost díky příjmu vlákniny v porovnání s jednoduchými sacharidy a stravitelnými polysacharidy. Faktory umožňující větší sytivost jsou modulace motorické funkce, otupení postprandiální a inzulínové odpovědi a fyzikální vlastnosti vlákniny, jako je viskozita a tvorba gelu. Strava s vyšším obsahem vlákniny má ve srovnání se stravou bohatou na tuky nízkou energetickou hodnotou (Sarker & Rahman 2017).

Obezita je v současnosti uznávána za chorobu, při které se tuk v těle nahromadil do takové míry, kdy je zdraví jedince poškozeno. Určení hodnoty BMI, tedy indexu tělesné hmotnosti, je nejběžnější metodou, která popisuje úroveň obezity. Hodnota BMI se vypočte podle následujícího vzorce:

$$\text{BMI} = \frac{\text{hmotnost (kg)}}{\text{výška (m)}^2}$$

Klasifikace obezity na základě hodnot BMI je uvedena v tabulce 3.

Centrální obezita je hlavním kritériem metabolického syndromu a je definována jako obvod pasu ≥ 94 cm u mužů a ≥ 80 cm u žen. Dle Cloetense (2012) je centrální obezita indikativnějším parametrem metabolického syndromu než BMI, a to z důvodu, že ji lze jednoduše měřit obvody pasu, který souvisí jak s pohlavím, tak i s etnickou skupinou.

Z nutričního hlediska existuje souvislost mezi příjmem vlákniny a řízením hmotnosti (Sarker & Rahman 2017). Léčba obezity se zaměřuje na faktory, které obnovují rovnováhu

mezi příjmem a výdejem energie, tedy na kombinaci dietní stravy a pohybu. Jde o celkovou proměnu chování jedince, ke které je nutné odborné poradenství (Butler & Kirk 2020).

V současné době je obezita hodnocena jako 6. nejvíce závažný rizikový faktor, který značně ovlivňuje zdravotní stav lidstva (Sucharda 2008). Dle Národního průzkumu zdraví a výživy (NHANES) obezitou trpí v americké populaci 35,8 % žen, 35,5 % mužů a 16,9 % dětí ve věku od 2 do 19 let. Čím dál více se také vyskytují data o metabolických problémech, které doprovázejí obezitu. Problémy začínají převážně u BMI = 30 a zvyšují časnou úmrtnost (ASMBS Výbor pro klinické problémy 2013).

Obezita není ve většině případů ovlivněna endokrinní poruchou, avšak může způsobovat endokrinní morbiditu, a to například diabetes mellitus 2. typu (Butler & Kirk 2020). Studium monogenních forem obezity poskytuje značné důkazy pro klíčovou roli regulace chuti k jídlu ve sklonu k obezitě. Dráha leptin-melanokortinová má v této signalizaci sytosti velmi důležitou roli (Carlberg et al. 2020). Značný počet výzkumů poukázal na zhoršení mužské plodnosti v potenciální souvislosti s obezitou. Ta může způsobit změnu v hypothalamicko-hypofyzární-gonadální ose a jejím spojení s jinými hormony, což narušuje rovnováhu hlavních endokrinních regulátorů mužské reprodukce. Z hodnot faktorů odvozených z tukové tkáně lze vyvodit jejich škodlivý vliv na parametry spermatu. Obezita může změnit i genetické a epigenetické složení spermií, a tím může narušit jejich funkci a morfologii (Agarwal & Dutta 2020).

Tabulka 3: Klasifikace obezity (ASMBS Výbor pro klinické problémy 2013)

Klasifikace	Rozsah BMI	Zdravotní riziko
Nadváha	25 – 30	mírné
1. stupeň	30 – 35	mírné
2. stupeň	35 – 40	vážné
3. stupeň	> 40	velmi závažné

4.5.1 Vliv vlákniny na regulaci chuti k jídlu

Vláknina má vyšší hodnotu sytosti než komplexní stravitelné sacharidy. Má schopnost vyvolat zvýšenou činnost různých střevních hormonů, které ovlivňují stimulaci inzulínu a regulují chuť k jídlu. Rozpustná vláknina může v tenkém střevě otupit inzulínové a postprandiální glykemické odpovědi, které jsou spojeny se snížením rychlosti návratu hladu a následným příjmem energie. Tento druh vlákniny vytváří vysoce viskózní střevní obsah, který má vlastnosti gelu a ten může zpomalit vyprazdňování žaludku a absorpci různých látek střevem (Cui et al. 2019).

Vliv rozpustné a nerozpustné vlákniny na různé fyziologické funkce v lidském organismu je uveden v tabulce 4.

Tabulka 4: Vliv rozpustné a nerozpustné vlákniny na lidský organismus (Kalač 2003)

Fyziologické účinky vlákniny	Rozpustná vláknina	Nerozpustná vláknina
Regulace chuti k jídlu	+++	+
Snížení přijímané energie	+++	+++
Snížení hladiny glukózy v krvi	+	+
Snížení hladiny LDL-cholesterolu v krvi	+++	0
Podpora činnosti střev	+	+++
Urychlení průchodu tráveniny střevním traktem	0	+++
Fermentace v tlustém střevu	+++	0
Prevence zubního kazu	0	+++
Vyvázení toxických složek tráveniny	+	+

(0 bez účinku, + slabý pozitivní vliv, ++ zřetelný pozitivní vliv, +++ výrazný pozitivní vliv)

4.6 Význam vlákniny při léčbě průjmu

Průjem je spojen s extrémní ztrátou tekutin a solí z těla ve formě vodnaté stolice. Má dva typy původu, osmotický a sekreční. V případě osmotického průjmu mohou vyvolat průjem například neabsorbované sacharidy v důsledku jejich osmotického účinku ve střevech. Tuto formu průjmu může způsobit například nesnášenlivost laktózy, která je spojena s nedostatkem enzymu laktáza. V případě sekrečního průjmu, který je způsoben především střevním onemocněním či infekcí, se léčba uskutečňuje pomocí strategií sestavených dle příčin vzniku tohoto průjmu. Používají se léky, které působí pouze na střevo, poskytující absorpční či adsorpční matici ve střevech a které jsou zaměřené na nemoc vyvolávající mikroorganismy.

V posledních deseti letech bylo hodnoceno využití vlákniny, tedy neškrobového polysacharidu a rezistentního škrobu pro léčbu průjmu. Tyto polysacharidy postupují až do tlustého střeva, kde fermentují a tvoří mastné kyseliny s krátkým řetězcem, což napomáhá absorpci sodíku. Vláknina má schopnost stimulovat střevní průchod a zadržovat vodu. V důsledku příjmu vlákniny se zvyšuje hmotnost stolice, a to zejména díky vodě, která je účinně zadržována. Objem stolice však závisí na typu a množství spotřebované vlákniny. Účinek vlákniny na objem stolice je zapříčiněn kombinací kapacity zadržování vody, zkrácení doby průchodu, stimulace bakteriální proliferace a zvýšení produkce plynů. Pro léčbu průjmu představuje nejlepší možnost rozpustná viskózní vláknina, zatímco prebiotika jsou důležitější z hlediska prevence. Obecně však může vláknina bránit průjmu zlepšením funkce střevní bariéry, snížením rychlosti vyprazdňování žaludku, zvýšením regenerací epitelových buněk, zvýšením tekutin tlustého střeva a absorpcí elektrolytů. V tlustém střevě vláknina podléhá fermentaci a produkuje mastné kyseliny s krátkým řetězcem, které mohou měnit motorickou aktivitu tlustého střeva, zabraňují sekreci vody, potlačují patogenní kolonizaci a moduluji imunitní funkci. Ačkoliv vláknina může zlepšit příznaky a zkrátit dobu průjmového

onemocnění, co se týče jejího konkrétnějšího použití k tomuto účelu, je nutné provést další výzkum (Qi 2019).

4.7 Význam vlákniny v prevenci zubního kazu

Potraviny obsahující větší množství nerozpustné vlákniny vyžadují intenzivnější kousání, což značně přispívá k pevnosti zubů. K prevenci vzniku zubního kazu přispívá také zvýšená tvorba slin, které pomáhají neutralizovat vznikající kyseliny a odstraňovat zubní plak při žvýkání (Kalač 2003).

5 Příjem vlákniny

Vláknina je jednou z velmi důležitých a prospěšných složek lidské výživy a má pro člověka mnoho zdravotních výhod. Její nedostatek může být poměrně nebezpečný a může zvyšovat riziko závažných onemocnění. Doporučený denní příjem vlákniny by měl být 25 – 30 g (Kohout 2008). Dle aktuálního doporučení EFSA (2017) je pro dospělého člověka optimální příjem vlákniny 25 g na den. EFSA uvádí i doporučené denní dávky pro děti dle věkové skupiny (tabulka 5).

Tabulka 5: Doporučený denní příjem (DDP) vlákniny (EFSA 2017)

Věková skupina	DDP vlákniny
1 rok	10 g
2 – 3 roky	10 g
4 – 6 let	14 g
7 – 10 let	16 g
11 – 14 let	19 g
15 – 17 let	21 g
≥ 18 let	25 g

Cui et al. (2019) tvrdí, že dle amerického doporučení je denní příjem vlákniny pro ženy 25 g a pro muže 38 g. Důležitý je i poměr nerozpustné a rozpustné vlákniny, který by měl být 3:1 (Müllerová 2014).

Anderson et al. (2009) uvádí, že průměrný příjem vlákniny dětmi i dospělými je v USA menší než polovina doporučené denní dávky. V české populaci je situace velmi podobná. Výzkum prováděný v roce 2005 ve Fakultní Thomayerově nemocnici v Praze přinesl alarmující údaje. Bylo zjištěno, že průměrné množství přijímané vlákniny je 11,73 g na den, což je méně než polovina doporučené denní dávky, která je 30 g vlákniny na den. Dále bylo zjištěno, že 98 % české populace přijímá méně než 25 g vlákniny denně (Kohout 2008).

Vyšší příjem vlákniny ve stravě výrazně snižuje riziko koronárních srdečních chorob, hypertenze, mrtvice, obezity, cukrovky a některých gastrointestinálních poruch. Dalším pozitivním důsledkem zvýšení příjmu vlákniny je snížení krevního tlaku a cholesterolu v krvi (Anderson et al. 2009).

Dle Poláka (2008) by kritickou situací nedostatku vlákniny mohlo příznivě ovlivnit legislativní opatření, a to především tzv. výživová tvrzení, která se zaměřují na obohacování potravin vlákninou. Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1924/2006, které se věnuje nutriční hodnotě potravin a jejich vlivu na zdraví, zahrnuje i důležité přílohy, které obsahují dvě tvrzení, které je možné uvádět na potravinách. Prvním tvrzením je „ZDROJ VLÁKNINY“. Pokud produkt obsahuje minimálně 3 g vlákniny ve 100 g potravin či 1,5 g na 100 kcal, lze toto označení pro danou potravinu použít. Druhým tvrzením je „S VYSOKÝM OBSAHEM VLÁKNINY“, to je platné v případě, pokud produkt obsahuje minimálně 6 g vlákniny ve 100 g potravin či 3 g na 100 kcal (Polák 2008).

5.1 Nedostatek vlákniny ve stravě

Nedostatek vlákniny ve stravě je spojován se vznikem civilizačních onemocnění, například ischemickou chorobou srdeční a kolorektálním karcinomem. V domorodých populacích Afriky a Asie je výskyt civilizačních onemocnění až 10krát méně častý než ve vyspělých civilizacích (Kohout 2008).

V souvislosti s vlákninou je však nutné si uvědomit, že veškeré choroby s jejím nedostatkem spojované, jsou důsledkem celé řady faktorů a vliv vlákniny je pouze jedním z mnoha. Vlákna je jedním z ochranných faktorů, ale neléčí a ani nemůže zabránit vývoji většiny civilizačních chorob (Hejda 1994).

5.1.1 Kolorektální karcinom

Kolorektální karcinom je celosvětově velkým problémem. V České republice je situace velmi alarmující. Jednou z příčin je stravování tradiční českou kuchyní, která zahrnuje velké množství nasycených tuků a nízký obsah vlákniny, navíc celkově má tato strava příliš vysokou energetickou hodnotu.

Vlákna hraje důležitou roli i v případě, že dojde ke vzniku kolorektálního karcinomu. Ovlivňuje především střevní mikrobiotu. V tlustém střevě kvůli vysokému příjmu nasycených tuků a živočišných bílkovin převládají hnilobné bakterie, které způsobují přeměnu žlučových kyselin na kancerogeny (Kohout 2008). Vlákna na sebe dokáže navázat žlučové kyseliny a zabránit tvorbě micel, tím se zvýší vylučování žlučových kyselin a cholesterolu stolicí (Anderson 2009). Další její schopností je, že urychluje střevní pasáž, což způsobuje kratší dobu působení kancerogenů na sliznici tlustého střeva.

Nerozpustná vlákna může zabránit vzniku karcinomu tím, že na sebe váže kancerogeny a společně jsou z těla vylučovány stolicí. Rozpustná vlákna je substrátem pro bifidogenní bakterie tvořící mastné kyseliny s krátkým řetězcem, které slouží jako substrát pro kolonocyty, což jsou buňky sliznice tlustého střeva.

Dle retrospektivní epidemiologické studie z roku 1992 byla prokázána určitá souvislost mezi příjmem vlákniny a výskytem kolorektálního onemocnění. Pokud by se navýšil příjem vlákniny přibližně o 13 g na den, tj. příjem by byl vyšší než 23 g na den, došlo by dle předpokladů ke snížení výskytu kolorektálního karcinomu až o 31 % (Kohout 2008).

5.1.2 Ischemická choroba srdeční (ICHS)

ICHS je onemocnění způsobené vysokou hladinou cholesterolu v krvi. Následky tohoto onemocnění jsou ischemická choroba tepen dolních končetin, infarkt myokardu, cévní mozková příhoda, nefrovaskulární typ hypertenze či angina pectoris. Tato onemocnění postihují více než 50 % populace dospělých a roční úmrtnost v České republice je přibližně 30 000 lidí, z nichž přibližně 20 % je ve věkové skupině pod 65 let (Kohout 2008).

Theuwissen & Mensink (2008) uvádí, že dobře zavedeným způsobem, jak omezit riziko kardiovaskulárních onemocnění, je snížit hladinu LDL cholesterolu v séru, a to snížením nasycených tuků ve stravě. Dalším způsobem, který se v dnešní době stále více uznává, je navýšení příjmu rozpustné vlákniny. Především β -glukan, pektin, guarová guma a *psyllium* účinně snižují hladinu LDL cholesterolu v séru a neovlivňují koncentraci HDL cholesterolu či

triacylglycerolu. Dle předpokladů se koncentrace celkového séra a LDL cholesterolu sníží přibližně o $0,029 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ na gram rozpustné vlákniny.

Doporučení Kohouta (2008) je téměř shodné s tvrzením výše uvedených autorů. Dle Kohouta (2008) je ke snížení hladiny cholesterolu v krvi a ke snížení mortality na ICHS nutné omezit příjem nasycených tuků, zredukovat tělesnou hmotnost a zvýšit příjem vlákniny, především ze zeleniny.

ICHS v USA postihuje přibližně 25 % dospělých a je to jedna z hlavních příčin úmrtí v USA. Studie odhalila, že osoby konzumující nejvyšší množství vlákniny mají o 29 % nižší riziko vzniku ischemické choroby než osoby s nejnižším příjmem. Mnohé studie poukazují na nepřímý úměrný vztah mezi množstvím vlákniny a ischemickou chorobou srdeční. V poslední době bylo též prokázáno, že každých 10 g přijaté vlákniny snižuje o 17 – 35 % riziko úmrtnosti na toto onemocnění (Kushwaha & Maurya 2019).

5.1.3 Chronická zácpa

Dle Hejdy (1994) je velmi častým onemocněním chronická zácpa, kvůli které v ČR trpí poruchami vyprazdňování až 30 % dospělé populace. Touto poruchou častěji trpí starší populace. Především u mírnějších stavů se doporučuje konzumace cereálních produktů, a to zejména pšeničné otruby semleté nahrubo, které mají schopnost na sebe vázat více vody. Avšak u těžké zácpy může mít vláknina účinek opačný, navíc se může dostavit i nepříjemné nadýmaní. Obecně platí, že přiměřený příjem vlákniny ve stravě má pozitivní význam v prevenci zácpy u většiny obyvatelstva.

5.1.4 Deprese

Nedávný výzkum, který byl prováděn na lidských populacích a zvířecích modelech, naznačuje, že strava s nedostatkem vlákniny má významnou roli v udržitelnosti a vývoji depresivních příznaků. Studie naznačují, že příjem vlákniny může prostřednictvím střevního mikrobiomu ovlivňovat duševní zdraví. Symbioticky žijící střevní mikrobiální organismy mají hlavní funkci při fermentaci vlákniny. Nedostatek vlákniny ve stravě může způsobit ztrátu rozmanitosti mikrobiomu, v důsledku toho dochází ke zvýšené propustnosti střev a systémovému zánětu. Následkem jsou depresivní příznaky. Pokud jsou však střevní mikrobiální organismy zásobeny dostatečným množstvím vlákniny, potom produkují mastné kyseliny s krátkým řetězcem, které jsou velmi prospěšné lidskému zdraví. Nedávná studie došla k závěru, že střevní mikrobiom může významně ovlivňovat vývoj mozku a funkci centrálního nervového systému. Existuje určitá pravděpodobnost, že strava s nízkým obsahem vlákniny představuje zvýšené riziko depresivních příznaků (Ramin et al. 2020).

5.2 Nadbytek vlákniny ve stravě

Nadbytek vlákniny ve stravě je v dnešní době velmi nepravděpodobný, je však důležité respektovat několik důležitých upozornění ve spojení se suplementací vlákninou. Vláknina velmi silně váže vodu, proto je důležité dodržovat dostatečný příjem tekutin. Při zvýšeném příjmu vlákniny dochází ke snížené resorpci některých vitaminů a minerálních látek, a to zejména vápníku, železa, zinku a mědi. Je to z důvodu zvýšené hladiny fytové kyseliny, která

se nachází především v obilovinách a ve spojení s uvedenými prvky tvoří nerozpustné komplexy. Nadměrný příjem vlákniny může také snižovat účinek podávaných léčiv. To se týká například antikoncepce, z tohoto důvodu je vhodné podávat léčiva a vlákninu odděleně, a to alespoň s dvouhodinovým odstupem. Nedoporučuje se ani náhlé zvýšení příjmu vlákniny, která může vyvolat bolesti v břiše a nadýmání, které jsou způsobené uvolňováním metanu a oxidu uhličitého (Mahenová 2009).

Dle Hejdy (1994) lze nepříznivým účinkům vlákniny předcházet konzumací potravin z pestrého sortimentu, které obsahují vlákninu v přirozené formě, nikoliv z potravin obohacených o vlákninu či ze suplementů. Britští vědci uvádějí, že pokud je spotřeba vlákniny na den vyšší než 60 g, může již být toto množství riskantní a může způsobit neprůchodnost střev, zažívací potíže či ohrozit vstřebávání minerálních látek, avšak tyto problémy se vyskytují pouze výjimečně, a to pouze ve skupinách osob s vysokou spotřebou vlákniny.

6 Výskyt v zemědělských produktech a potravinách

Zdroje různých druhů vlákniny jsou velmi rozmanité a záleží na jejich rostlinném původu a tkáni, ze které pocházejí. Některé zdroje vlákniny jsou využitelné výhradně ve formě neporušených rostlinných tkání. Další možností využití je, že se vláknina extrahuje a používá jako zahušťovadlo v potravinách, nápojích či ve farmaceutických výrobcích (Qi 2019).

Především vláknina vyskytující se v zelenině a ovoci může snížit riziko chronických onemocnění. Jedná se například o diabetes mellitus 2. typu, kardiovaskulární onemocnění či některé formy rakoviny. V porovnání s vlákninou v obilovinách je v ovoci a zelenině výrazně vyšší podíl rozpustné vlákniny, ta vykazuje lepší texturu, fermentovatelnost a lepší chuť než vláknina nerozpustná a je možné jí využít jako funkční potravinovou přísadu. Další pozitivum rozpustné vlákniny je, že je přijímána společně s antioxidačními sloučeninami, jakými jsou polyfenoly, vitamin C a karotenoidy, a tím dochází ke zvýšení podpory zdraví (Cui et al. 2019). Celkové množství vlákniny, množství rozpustné i nerozpustné vlákniny v různých potravinách je uvedeno v tabulce 6.

Tabulka 6: Množství vlákniny v potravinách (Vymlátilová 2017)

Potravina	Rozpustná vláknina [g.100 g ⁻¹]	Nerozpustná vláknina [g.100 g ⁻¹]	Celkové množství vlákniny [g.100 g ⁻¹]
Jablka	0,9	1,1	2
Jahody	0,9	1,1	2
Broskve	0,8	0,7	1,5
Pomeranče	0,6	1,4	2
Rajčata	0,2	1,4	1,6
Mrkev	0,9	2,0	2,9
Zelí	1,2	1,3	2,5
Hrášek zelený	1,8	4,7	6,5
Brambory syrové	0,9	0,7	1,6
Mouka pšeničná	1,9	1,1	3,0
Mouka celozrnná pšeničná	2,0	6,0	8,0
Chléb žitný	3,4	3,4	6,8
Chléb pšeničný	1,8	1,2	3,0

6.1 Obiloviny a pseudocereálie

Zrna lze rozdělit do dvou hlavních skupin: obiloviny (pšenice, ječmen, oves, žito, rýže a kukuřice) a pseudocereálie (amarant, quinoa, pohanka a chia). Obiloviny jsou z botanického hlediska řazeny do čeledi lipnicovité (*Poaceae*), což jsou jednoděložné rostliny, zatímco pseudocereálie jsou dvouděložné rostliny patřící do několika čeledí, jako jsou rdesnovité (*Polygonaceae*), laskavcovité (*Amaranthaceae*) a hluchavkovité (*Lamiaceae*). Z nutričního hlediska, obiloviny, vyjma rýže a kukuřice, obsahují lepek, zatímco pseudocereálie lepek neobsahují a představují tak alternativu pro celiaky (Mulero et al. 2019).

Výhody spojené s konzumací pseudocereálií jsou následující:

- Neobsahují lepek, díky tomu jsou vhodné pro bezlepkovou dietu.
- Mají vyšší nutriční hodnotu než obiloviny. Obsahují více vlákniny, bílkovin a esenciálních mastných kyselin.
- Mají nižší glykemický index díky vyššímu obsahu vlákniny a bílkovin. V důsledku toho pomáhají regulovat hladinu glukózy v krvi a déle tak zasytí.
- Jsou značným zdrojem vitaminů skupiny B, E, železa, draslíku, hořčiku a listové kyseliny (Douchová 2017).

Vláknina vyskytující se v obilovinách se skládá z neškrobových polysacharidů, především β -glukanů, arabinoxylanů, oligosacharidů (fruktanů), rezistentního škrobu a ligninu (Mulero et al. 2019). Obalové vrstvy obilného zrna obsahují nerozpustné polysacharidy, především celulózu, β -glukany a hemicelulózy (xylany, xyloglukany a arabinogalaktany). Osemení neboli pod obalové vrstvy zrna obsahují ve vodě částečně rozpustné hemicelulózy (arabinoxylany-pentozany). Aleuronová vrstva je charakteristická vysokým obsahem ve vodě rozpustných β -glukanů, glukomannanů, fruktanů a arabinoxylanů. Endosperm obsahuje převážně škrob (80 %), dále fruktany, pentozany a β -glukany. Klíček má vysoký obsah redukujících sacharidů (fruktóza, glukóza, rafinóza a maltóza), dále obsahuje glykoproteiny a arabinoxylany (Gabrovská et al. 2015).

Množství vlákniny pocházející z obilovin se liší v závislosti na zdroji a zpracování produktu. Obsah vlákniny se ve 100 g pšeničné mouky pohybuje od 2,5 g v bílé mouce do 12 g v mouce nerafinované, která se získává z pšeničných otrub a obsahuje převážně nerozpustnou vlákninu, která se však ničí během procesu rafinace (Rodríguez et al. 2006). Množství celkové vlákniny v obilovinách je uvedeno v tabulce 7.

6.1.1 Pšeničné otruby

Pšeničná obilka je složena ze tří hlavních anatomických částí, embrya (zárodek), endospermu a perikarpu (vnější vrstvy, otruby). Z nutričního hlediska je vnější vrstva obilky bohatá na vlákninu, endosperm na bílkoviny, embryo na lipidy a vitaminy. Minerální látky se nacházejí v embryu a ve vnější vrstvě. Při procesu mletí se anatomické vrstvy oddělují. Pšeničné otruby obsahují nerozpustnou vlákninu, především celulózu a lignin. Z celkové vlákniny tvoří celulóza 15 – 24 % a lignin 5 – 10 %. Tyto složky jsou nestravitelné a nepodléhají

fermentaci v tlustém střevu. Z pšeničných otrub je doporučeno denně získávat 10 – 15 g vlákniny, což odpovídá denní konzumaci 25 – 37 g otrub (Kalač 2003).

Tabulka 7: Množství celkové vlákniny v obilovinách (Dodevská et al. 2013)

Obiloviny	Obsah vlákniny [g.100 g⁻¹]
Vařené obiloviny	
Pšenice	15,8
Rýže	2,5
Celozrnná rýže	9,2
Kukuřice	9,2
Vločky	
Ovesné vločky	16,2
Žitné vločky	20,9
Chleby	
Chléb z bílé pšenice	5,7
Chléb celozrnný	8,6

6.2 Ovoce

Ovoce obdobně jako zelenina obsahují významné procento vody a malé množství lignifikovaných cévních tkání s tenkou buněčnou stěnou, což souvisí s jejich nižším obsahem vlákniny (Rodríguez et al. 2006). Ovoce obsahuje přibližně 25 – 55 % rozpustné vlákniny z celkového množství vlákniny přítomné v ovoci, z čehož přibližně 35 % tvoří pektin. Bohatým zdrojem pektinu jsou například jablka a pomeranče (Davison & Temple 2018). Složení a koncentrace vlákniny se v každé anatomické části ovoce značně liší. Podle několika vědců jsou všechny části ovoce významným zdrojem vlákniny s různým složením. Například kiwi má vysoký obsah semen, což může souviset s vysokým obsahem kutinu. Obsah vlákniny je ovlivněn zpracováním a způsobem úpravy ovoce. Změna kvality a množství vlákniny v ovoci i v zelenině z velké části závisí na podmínkách skladování.

Ovoce se obvykle konzumuje čerstvé, sušené, zmrazené, vařené, konzervované, blanširované či může být zpracováno na šťávy, nektary, džemy nebo želé. Odstranění slupek, semen či jiných částí snižuje celkový obsah vlákniny (TDF) (Chanes et al. 2020). Množství celkové vlákniny ve vybraných druzích ovoce je uvedeno v tabulce 8.

Tabulka 8: Obsah vlákniny v ovoci (Kováčiková et al. 2003)

Ovoce	Obsah vlákniny [g.100 g ⁻¹]
Jablka	1,8
Hrušky	2,4
Nektarinky	2,2
Třešně	0,5
Švestky	1,5
Grapefruity	1,6
Citrony	1,8
Maliny	5,2
Černý rybíz	5,6
Borůvky	2,2
Banány	3,1
Mango	1,7

6.3 Zelenina

Obsah vlákniny v zelenině tvoří 28 – 30 % sušiny. Během skladování některých druhů zeleniny, probíhá proces ztuhnutí, při kterém dochází k navýšení obsahu především nerozpustné vlákniny, což má za následek částečné znehodnocení kvality konečného produktu. Proces ztuhnutí je výrazný například u chřestu, ve kterém dochází k modifikaci složek vlákniny, které spočívají v ukládání celulózy, ligninu a hemicelulóz. O vlivu zmrazování zeleniny na vlastnosti vlákniny neexistuje mnoho studií a jejich výsledky jsou často rozporuplné, avšak celkově je tato metoda výbornou volbou k zachování kvalitních vlastností čerstvé zeleniny (Rodríguez et al. 2006). Množství celkové vlákniny ve vybraných druzích zeleniny je uvedeno v tabulce 9.

Tabulka 9: Obsah vlákniny v zelenině (Kováčiková et al. 2003)

Zelenina	Obsah vlákniny [g.100 g ⁻¹]
Mrkev	3,0
Celer	3,7
Petržel	1,8
Červená řepa	2,3
Kedluben	2,2
Brokolice	2,8
Salát hlávkový	0,9
Celer řapíkatý	2,4
Špenát	2,1
Paprika červená	1,6
Meloun vodní	0,3
Okurka salátová	0,9

6.4 Luštěniny

Zpracování luštěnin, jako je čočka, cizrna či fazole, je nutné k tomu, aby se potravina stala vhodnou k jídlu, avšak způsobí značné snížení obsahu vlákniny. Například při vaření čočky dochází k velkému poklesu množství vlákniny, především hemicelulóz (Rodríguez et al. 2006). Množství celkové vlákniny ve vybraných druzích luštěnin je uvedeno v tabulce 10.

Tabulka 10: Obsah vlákniny v luštěninách (Kováčiková et al. 2003)

Luštěniny	Obsah vlákniny [g.100 g ⁻¹]
Čočka velkozrná	15,0
Fazole bílá velká	19,2
Fazole barevná červená	20,1
Cizrna	16,9
Sója	19,4

6.5 Vláknina jako funkční složka potravin

V posledních letech se zájem o vývoj funkčních potravin zvýšil díky fyziologickým a nutričním výhodám, které jsou schopny poskytnout (Mulero et al. 2019). Podle mezinárodního ústavu pro biologické vědy – ILSI Europe lze za funkční potravinu považovat potravinový produkt, u kterého byl prokázán příznivý účinek na jednu či více fyziologických funkcí, které mají značný význam pro zlepšení lidského zdraví či snížení rizika vzniku onemocnění (Rodríguez et al. 2006). V tomto smyslu je vláknina vynikající složkou, protože s její spotřebou je spojeno mnoho zdravotních výhod. Vláknina má nejen fyziologické vlastnosti, ale též

poskytuje mnoho technologických vlastností a má vysokou využitelnost v potravinách. Díky těmto vlastnostem, potravinářský průmysl neustále hledá nové zdroje vlákniny použitelné jako funkční složka potravin. Mezi hlavní technologické vlastnosti vlákniny patří pozoruhodná kapacita výměny kationtů, zvýšená kapacita zadržování vody a kapacita zadržování oleje, schopnost tvorby gelu, stabilizace potravin s vysokým obsahem tuků, barva a chuť. Tyto vlastnosti zlepšují texturu potravinových produktů a poskytují vhodné senzorycké vlastnosti. V případě pekařského průmyslu je vláknina přidávána za účelem zvýšení objemu, úpravy textury, prodloužení trvanlivosti, zlepšení pevnosti bochníku, úpravy pružnosti, nahrazení pšeničné mouky nebo ke zlepšení nutričních vlastností chleba či jiných výrobků. V mlékařském průmyslu se vláknina přidává do jogurtů, sýrů či zmrzlin pro zlepšení konzistence, snížení synereze a zlepšení pocitu v ústech. V sladkostech, cereáliích a čokoládě slouží vláknina jako náhražka cukru. Zdroje vlákniny využívané v potravinářském průmyslu lze rozdělit do tří tříd na hydrokoloidy, což jsou převážně rozpustné polysacharidy, bioaktivní oligosacharidy a materiály buněčné stěny celé rostliny získané z obilných zrn, zeleniny a ovoce (Mulero et al. 2019).

Hydrokoloidy jsou hydrofilní molekuly s vysokou molekulovou hmotností. Jejich využití v potravinách je například pro zlepšení textury, chuti, trvanlivosti či pro zlepšení gelovacího účinku (Gawai et al. 2017). Hydrokoloidy zahrnují širokou škálu viskózních polysacharidů pocházejících z rostlinných exsudátů (arabská guma), semen (guma guar) a výtažků z mořských řas (algináty, agar). Slizy jsou hydrokoloidy používané jako zahušťovací, gelující, emulgační a stabilizační činidla v potravinářských produktech.

Bioaktivní oligosacharidy mají v potravinářském průmyslu široké využití. Prebiotický účinek fruktooligosacharidů a galaktooligosacharidů se využívá například v kojenecké výživě, kde je cílem dosáhnout bifidogenního účinku na gastrointestinální mikrobiotu. Fruktooligosacharidy se používají i jako náhrada sacharózy v ovocných šťávách, například ve šťávě z ananasu, manga či pomeranče. Isomaltooligosacharidy mají široké využití v běžných potravinách, zejména v tekutých potravinách a nápojích jako funkční složka, náhrada cukru a k zajištění organoleptické funkčnosti (Mulero et al. 2019).

V potravinářském průmyslu jsou hlavním zdrojem vlákniny obilné a pseudocereální polysacharidy. Nejběžnějšími přírodními zdroji vlákniny jako vedlejší produkty jsou:

- **Obiloviny**

Obiloviny, především pšenice (*Triticum aestivum*, *Triticum durum*, *Triticum turgidum*), oves (*Avena sativa*), kukuřice (*Zea mays*) a rýžové otruby (*Oryza sativa*), jsou velmi dobrým zdrojem nerozpustné vlákniny. Obilné otruby z pšenice, ječmene, rýže a ovesa lze využít například do těstovin k obohacení vlákniny. Obiloviny obsahují značné množství β -glukanů. Nejvyšší množství β -glukanů se vyskytuje v ovesných (2,2 – 7,8 %) a ječných (2,5 – 11,3 %) otrubách.

- **Pseudocereálie**

Pseudocereálie též představují dobrý zdroj vlákniny. Mezi pseudocereálie, neboli nepravé obiloviny, se řadí amarant (*Amaranthus caudatus*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) a semena pohanky (*Fagopyrum esculentum*).

- **Luštěniny**

Vláknina z luštěnin má výborné fyzikálně-chemické vlastnosti vhodné do funkčních složek potravinových přípravků. Avšak její využití jako funkční složky potravin je omezeno přítomností antimetabolických a antifyziologických látek, například inhibitorů proteázy, saponinů a lektinů. Z luštěnin se jedná zejména o sójové boby, hrách a čočku, které se používají jako stabilizátory v mléčných výrobcích a nápojích. Dále lze z luštěnin využít rezistentní škrob jako vlákninový přídatek do chleba.

- **Ovoce**

Vláknina obsažená v ovoci je spojena s významným obsahem bioaktivních látek, například karotenoidy či flavonoidy (Mulero et al. 2019). U některých tropických plodů má vláknina významnou roli při uvolňování a absorpci bioaktivních látek, především fenolických sloučenin (Velderrain-Rodriguez et al. 2016). V ovoci se vyskytuje především vláknina rozpustná ve vodě. Z těchto důvodů má vláknina v ovocných koncentrátech lepší nutriční kvalitu než vláknina z obilovin. Existuje mnoho druhů ovoce, které se používá k extrakci šťávy a ze kterého lze získat vedlejší produkty. Důležitým zdrojem vlákniny jsou vedlejší produkty z citronu a pomeranče, které mají značný obsah pektinu (Mulero et al. 2019).

- **Zelenina**

Množství vlákniny v zelenině tvoří přibližně 28 – 30 % sušiny. Pro nový návrh funkčních potravin lze použít například cibuli, chřest, artyčoky či pepř. Tyto druhy obsahují jak rozpustnou, tak i nerozpustnou vlákninu. Další potravina, kterou lze použít jako nový zdroj funkčních nápojů a nutraceutických produktů představuje čínské zelí. Čínské zelí je výborným zdrojem rozpustné vlákniny a má prebiotické, hypolipidemické a hypoglykemické účinky (Rodríguez et al. 2006).

- **Řasy**

I řasy mohou být dobrým zdrojem vlákniny pro potravinářský průmysl. V hnědých řasách je hlavním polysacharidem alginát, který z dietetického hlediska navozuje pocit sytosti a může tak pomoci při regulaci hmotnosti. Dalšími polysacharidy v hnědých řasách jsou β -glukany, celulóza a heteroglykany (Mulero et al. 2019).

7 Metody detekce vlákniny

Neenzymaticko-gravimetrické metody byly původně vyvinuty ke stanovení tzv. hrubé vlákniny, tedy pro stanovení celulózy, hemicelulózy a ligninu. Po rozšíření definice vlákniny, která zahrnuje rozpustnou vlákninu, byla následně vyvinuta tzv. Proskyho (AOAC 985.29) enzymaticko-gravimetrická metoda, která byla dále zdokonalována. Poslední skupinou jsou metody enzymaticko-chemické, které využívají principů kolorimetrických a chromatografických analýz. Jelikož je stanovený obsah vlákniny značně závislý na použité metodě, je vždy nutné uvést metodu, kterou byl obsah vlákniny zjištěn. Další významnou roli hraje druh analyzovaného materiálu, tedy potraviny, a to v případě netradičního obohacování potravin o rozpustnou či nerozpustnou vlákninu. Této skutečnosti se využívá například pro potvrzení deklarovaného obsahu přídatku vlákniny (Polák 2008).

7.1 Neenzymaticko-gravimetrické

Neenzymaticko-gravimetrická metoda je nejstarší metodou stanovení vlákniny. Tato metoda zahrnuje stanovení surové vlákniny, kyselý detergentní vlákniny (ADF) a neutrální detergentní vlákniny (NDF) (Elleuch et al. 2011). Metodou se stanovuje celkový nerozpustný materiál buněčných stěn rostlin (NDF) nebo komplex celulóza – lignin (ADF). Pro stanovení rozpustné vlákniny se neenzymaticko-gravimetrická metoda nevyužívá, a to z toho důvodu, že vlákninu nelze snadno získat z extraktu. V 80. letech došlo k rozšíření definice vlákniny o rozpustnou vlákninu a od té doby se neenzymaticko-gravimetrická již téměř nevyužívá, avšak někteří analytici stále dávají této metodě přednost, zejména při stanovení celkové nerozpustné vlákniny. Metoda má několik výhod, je nenáročná, levná a reprodukovatelná. Avšak nevýhodou je, že touto metodou nelze stanovit rozpustnou frakci (Lewis 2007).

Mezi neenzymaticko-gravimetrické metody se řadí i stanovení vlákniny dle Hennenbergra a Stohmanna. Podstatou této metody je stanovení obsahu hrubé vlákniny, která zahrnuje celulózu, lignin a část hemicelulózy. Vláknina se stanovuje gravimetricky po dvoustupňové hydrolyze. Analyzovaný vzorek se nejprve vaří po dobu 30 minut v 5% roztoku kyseliny sírové a následně je horkou vodou promýván až do neutrální reakce. V druhém stupni se vzorek vaří v 5% roztoku hydroxidu draselného (také 30 minut?) a poté je vzorek opět promyt horkou vodou. Pevný zbytek vzorku je převeden na filtrační papír, kde je promyt acetonem, vysušen a nakonec zvážen. Takto připravený vzorek se vloží do muflové pece, v níž je spálen při 550 °C. Vzniklý popel se zváží a jeho hmotnost se odečte se od hmotnosti pevného zbytku na filtračním papíru (Štercová et al. 2012).

7.2 Enzymaticko-gravimetrické

Proskyho enzymaticko-gravimetrická metoda, patřící do skupiny metod AOAC, byla vyvinuta pro stanovení vlákniny v potravě. Později byla upravena pro stanovení nerozpustné a rozpustné vlákniny (Elleuch et al. 2011). V metodě jsou používány α -amyláza a proteáza k štěpení proteinu a škrobu. Zbytek vzorku obsahuje vlákninu a minerální látky. Pomocí ethanolu dojde k vysrážení rozpustné vlákniny a odstranění degradačních produktů proteinu a škrobu. Spojená rozpustná a nerozpustná vláknina je izolována filtrací, vysušena a zvážena.

Následně je jeden alikvotní podíl vzorku použit pro stanovení bílkovin, druhý pro stanovení popela. Celkové množství vlákniny (TDF) odpovídá hmotnosti zfiltrovaného a vysušeného zbytku po odečtení hmotnosti bílkovin a popela. (Lewis 2007). Prostřednictvím této metody lze stanovit rozpustné i nerozpustné polysacharidy, část rezistentních škrobů, lignin, fenolické sloučeniny, vosky a Maillardovy reakční produkty, avšak oligosacharidy a některé typy rezistentních škrobů není možné touto metodou kvantifikovat (Elleuch et al. 2011).

7.3 Enzymaticko-chemické

Enzymaticko-chemické metody stanovení vlákniny lze rozdělit na enzymaticko-kolorimetrické a enzymaticko-chromatografické.

Jedna z metod enzymaticko-chemických je Englystova metoda, ve které je vláknina v potravě stanovena jako neškrobové polysacharidy. I v této metodě je nezbytným prvním krokem enzymatické odstranění škrobu a v některých případech i odstranění proteinu (Elleuch et al. 2011). Následuje vysrážení neškrobových polysacharidů ethanolem, kyselá hydrolyza neškrobových polysacharidů a poté měření uvolněných sacharidů, které je možné stanovit pomocí tří alternativních technik, plynové chromatografie (GLC), vysokoučinné chromatografie (HPLC) a kolorimetrie.

Neutrální obsah sacharidů v hydrolyzovaných polysacharidech lze stanovit chromatografií plynovou (GLC) či kapalinovou (HPLC). Kolorimetricky se stanovují jednotlivé monosacharidy, uronové kyseliny a lignin, který se izoluje filtrací jako nerozpustný zbytek po kyselé hydrolyze, tzv. Klason lignin. Množství celkové vlákniny lze získat součtem hmotností neškrobových polysacharidů a Klason ligninu. Je možné stanovit i obsahy rozpustné a nerozpustné vlákniny.

Další metodou, která se řadí mezi enzymaticko-chemické metody je Uppsalova metoda, kterou lze stanovit množství neutrálních sacharidů, Klason lignin a zbytky uronových kyselin. Po odstranění škrobu se pomocí 80% ethanolu vysráží celková vláknina a pomocí centrifugy je odstředěna. Následně je rozpustná a nerozpustná vláknina hydrolyzována kyselinou sírovou. Uronové kyseliny jsou stanoveny pomocí kolorimetrické metody, Klason lignin gravimetrickou metodou a neutrální sacharidy kapalinovou chromatografií (Elleuch et al. 2011).

Celkově jsou enzymaticko-chemické metody časově náročnější, avšak poskytují další informace o polysacharidech ve vláknině (Lewis 2007).

8 Závěr

Vlákninu tvoří nestravitelné sacharidy a lignin, to znamená, že z větší části není v lidském trávicím traktu enzymaticky štěpena a v tenkém střevě se nevstřebává.

Jednou z nejvýznamnějších vlastností nerozpustné vlákniny je její vliv na objem obsahu tlustého střeva. Velmi dobře na sebe váže vodu, což způsobuje zvětšení objemu střevního obsahu, čímž urychluje pasáž tlustého střeva, avšak tato pozitivní vlastnost má jednu důležitou podmínku, je nutné dodržovat pitný režim. Rozpustná vláknina, především ovesné β -glukany a pektiny, mají značný vliv na hladinu glukózy v krvi a hladinu cholesterolu v krvi. β -glukany ovlivňují metabolismus glukózy lidí s diabetem 2. typu či metabolickým syndromem. Pektiny mají schopnost na sebe vázat ionty těžkých kovů a snižovat hladinu cholesterolu v krvi. V lidském těle jsou velmi dobře fermentovatelné a jsou rozštěpeny již v přední části tlustého střeva.

Při nadměrné konzumaci vlákniny, přibližně 60 g na den, dochází k nižší vstřebatelnosti některých minerálních látek a vitamínů, například vápníku, železa a mědi, avšak tento stav je v dnešní době velmi výjimečný.

Denní příjem vlákniny pro dospělého člověka by měl být minimálně 25 g, avšak dle statistik je v lidské populaci příjem vlákniny menší než polovina doporučené denní dávky. Bylo zjištěno, že denní příjem vlákniny je u 98 % české populace nižší než 25 g.

Hlavními zdroji vlákniny jsou obiloviny, pseudocereálie, luštěniny, ořechy, semínka, ovoce a zelenina. Obiloviny, především pšenice, oves, kukuřice a rýžové otruby, jsou velmi dobrým zdrojem nerozpustné vlákniny, množství vlákniny pocházející z obilovin se však liší v závislosti na zdroji. Ve vařené pšenici se nachází přibližně 16 g vlákniny na 100 g pšenice. Obiloviny obsahují také značné množství β -glukanů, tvořících rozpustnou vlákninu. Nejvyšší množství β -glukanů, se vyskytuje v ovesných (2,2 – 7,8 %) a ječných (2,5 – 11,3 %) otrubách. Ovoce obsahuje přibližně 25 – 55 % rozpustné vlákniny z celkového množství vlákniny přítomné v ovoci, z čehož přibližně 35 % tvoří pektin. Největší množství vlákniny bylo stanoveno v černém rybízu, malinách a banánech. Obsah vlákniny v zelenině tvoří 28 – 30 % sušiny a jedná se především o nerozpustnou vlákninu, nejvíce vlákniny bylo stanoveno v kořenové zelenině, mrkvi a celeru. Poměr nerozpustné a rozpustné vlákniny, by měl být 3:1. Skladováním, kulinární úpravou a průmyslovým zpracováním potravin se obsah vlákniny významně mění.

Vláknina je vynikající funkční složkou potravin, díky jejím fyziologickým a technologickým vlastnostem má vysokou využitelnost v potravinách. Zdroje vlákniny, které se využívají v potravinářském průmyslu, se dělí na hydrokoloidy, bioaktivní oligosacharidy a materiály buněčné stěny rostlin získané ze zeleniny, ovoce a obilných zrn.

Pro stanovení množství vlákniny a jejích složek v potravinách lze využít mnoho metod, avšak základní skupiny metod jsou neenzymaticko-gravimetrické, enzymaticko-gravimetrické a enzymaticko-chemické, které se dále dělí na enzymaticko-kolorimetrické a enzymaticko-chromatografické.

9 Seznam použité literatury

Anderson JW, Baird P, Davis RH, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, Waters V, Williams ChL. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews* **67**: 188-205.

Agarwal A, Dutta S. 2020. Obesity. Pages 497-508 in Parekattil SJ, Esteves SC, Agarwal A, editors. *Male Infertility: Contemporary Clinical Approaches, Andrology, ART and Antioxidants*. Springer, Cham.

Arndt T. 2018. *Psyllium husk*. Celostní medicína. Available from <https://www.celostnimedicina.cz/psyllium-husk.htm> (accessed March 2020).

ASMBS Clinical Issues Committee. 2013. Bariatric surgery in class I obesity (body mass index 30–35 kg/m²). *Surgery for obesity and related diseases : official journal of the American Society for Bariatric Surgery* **9**: e1-e10.

Bezpečnost potravin. 2010. Přednosti a potenciální rizika z konzumace inulinu. Informační centrum bezpečnosti potravin. Available from <https://www.bezpecnostpotravin.cz/prednosti-a-potencialni-rizika-z-konzumace-inulinu.aspx> (accessed March 2020).

Bialasová K. 2018. Laktobacily a jejich schopnost snižovat hladinu cholesterolu. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Available from <https://www.vscht.cz/popularizace/doktorandi-pisou/2018/laktobacily-a-jejich-schopnost-snizovat-hladinu-cholesterolu?jazyk=cs#> (accessed April 2020).

Butler G, Kirk J. 2020. Obesity. Pages 192-217 in Butler G, Kirk J, editors. Oxford University Press.

Carlberg C, Ulven SM, Molnár F. 2020. Obesity. Pages 113-129 in Carlberg C, Ulven SM, Molnár F., editors. *Nutrigenomics: How Science Works*. Springer, Cham.

Ciudad-Mulero M, Fernández-Ruiz V, Matallana-González MC, Morales P. 2019. Dietary fiber sources and human benefits: The case study of cereal and pseudocereals. Pages 83-134 in Ferreira I, Barros L, editors. *Advances in food and nutrition research* **90**. Academic Press.

Cloetens L, Ulmius M, Johansson-Persson A, Åkesson Björn, Önning G. 2012. Role of dietary beta-glucans in the prevention of the metabolic syndrome. *Nutrition reviews* **70**: 444-458.

Cui J, Lian Y, Zhao C, Du H, Han Y, Gao W, Xiao H, Zheng J. 2019. Dietary Fibers from Fruits and Vegetables and Their Health Benefits via Modulation of Gut Microbiota. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **18**: 1514-1532.

Čopíková J, Synytsya A. 2005. Polysacharidy, jejich význam a uplatnění. *Chemické listy* **99**: 621.

Davison KM, Temple NJ. 2018. Cereal fiber, fruit fiber, and type 2 diabetes: Explaining the paradox. *Journal of Diabetes and Its Complications* **32**: 240-245.

Delzenne NM, Olivares M, Neyrinck AM, Beaumont M, Kjølbæk L, Larsen TM, Benítez-Páez A, Romani-Pérez M, Garcia-Campayo V, Bosscher D, Sanz Y, van der Kamp JW. 2020. Nutritional interest of dietary fiber and prebiotics in obesity: Lessons from the MyNewGut consortium. *Clinical Nutrition* **39**: 414–424.

Dodevská MS, Djordjevic BI, Sobajic SS, Miletic ID, Djordjevic PB, Dimitrijevic-Sreckovic VS. 2013. Charakterisation of dietary fibre components in cereals and legumes used in Serbian diet. *Food Chemistry* **141**: 1624-1629.

Douchová Z. 2017. Zdravé pseudoobiloviny nejen pro celiaky. Přirozeně bez lepku. Vím, co jím. Available from https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-vyzive/Zdrave-pseudoobiloviny-nejen-pro-celiaky.-Prirozene-bez-lepku_s10010x10692.html (accessed April 2020)

EFSA (European Food Safety Authority). 2017. Dietary Reference Values for nutrients Summary Report. EFSA supporting publication 2017 **14**: e15121. 98 pp.

Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* **124**: 411–421.

Englyst HN, Hudson G J. 1996. The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chemistry* **57**: 15-21.

Gabrovská D, Chrpová D, Ouhřabková J, Slupková M, Vavreinová S, Faměra O, Kohout P, Pánek J, Skřivan P. 2015. Obiloviny v lidské výživě: Stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku. Svaz průmyslových mlýnů ČR. Available from <https://www.svazmlynu.cz/wp-content/uploads/2015/06/Obiloviny-ve-v%C3%BD%C5%BEiv%C4%9B-lepek.pdf> (accessed June 2020)

Gawai KM, Mudgal SP, Prajapati JB. 2017. Stabilizers, Colorants, and Exopolysaccharides in Yogurt. Pages 49-68 in Shah NP, editor. *Yogurt in Health and Disease Prevention*. Academic Press.

Gray J. 2006. Dietary fiber: Definition, analysis, physiology & health. ILSI Europe, Brussels, Belgium.

Guiné R, Duarte J, Ferreira M, Correia P, Leal M, Rumbak I, Baric I, Komes D, Satalic Z, Saric M, Tarcea M, Fazakas Z, Jovanoska D, Vanevski D, Vittadini E, Pellegrini N, Szucs V, Harangozó J, EL-Kenawy A, EL-Shenawy O, Yalçin E, Kösemeci C, Klava D, Straumite E. 2017. Benefits of dietary fibre to human health: study from a multi-country platform. *Nutrition and Food Science* **47**: 688-699.

Hassan B, Chatha SAS, Hussain A, Akhtar N. 2017. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* **109**: 1095-1107.

Hejda S. 1994. *Vláknina pro zdravé i nemocné. Společnost pro výživu*, Praha.

Hrstková H, Brázdová Z, Bajer M. 2008. Vlákna ve výživě dětí. *Hygiena* **53**: 52-53.

Jain A, Jain R, Jain S. 2020. Determination of Serum Total Cholesterol. Pages 213-216 in Jain A, Jain R, Jain S., editors. *Basic Techniques in Biochemistry, Microbiology and Molecular Biology*. Humana, New York, NY.

Jones JM. 2014. CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the 'fiber gap'. *Nutrition Journal* **13**.

Kalač P. 2003. *Funkční potraviny: kroky ke zdraví*. Dona, České Budějovice.

Kohout P. 2008. Může strava bohatá na vlákninu předcházet rakovině a infarktu? *Interní medicína pro praxi* **10**: 558-561.

Kováčiková E, Vojtaššáková A, Mosnáčková J, Pastorová J, Holčíková K, Simonová E, Košická M. 2003. *Vláknina v potravinách. Výzkumný ústav potravinářský, Bratislava*. Available from <http://www.vup.sk/index.php?mainID=1&navID=43> (accessed June 2020).

Kushwaha R, Maurya NK. 2019. Nutraceutical Potential of Dietary Fibers. Pages 1-16 in Hussain M, editor. *Research Trends in Medicinal Plant Sciences (Volume – 1)*. Akinik Puplication New Delhi.

La Peña MM, Odriozola-Serrano I, Oms-Oliu G, Martín-Belloso O. 2020. Dietary Fiber in Fruits and Vegetables. Pages 123-152 in Weltri-Chanes J, Serna-Saldívar S, Campanella O, Tejada-Ortigoza V, editors. *Science and Technology of Fibers in Food Systems*. Food Engineering Series. Springer, Cham.

Lewis BA. 2007. Dietary Fiber. Pages 341-354 in Wiley J, editor. *Kirk-Othmer Food and Feed Technology*, 2 Volume Set. John Wiley & Sons.

Mahenová L. 2009. Není vláknina jako vláknina. *Edukafarm farmiNews* **1**: 23.

Mahmood Z, Yameen M, Jahangeer M, Riaz M, Ghaffar A, Javid I. 2018. Lignin as Natural Antioxidant Capacity. Pages 181-206 in Poletto M, editor. Lignin - Trends and Applications. InTech.

Marounek M, Synytsya A, Čopíková J, Sirotek K. 2005. Určení dostupnosti amidovaných pektinů pro mikroorganismy tračníku. Chemické listy **99**: 591-593.

Mudgil D. 2017. The Interaction Between Insoluble and Soluble Fiber. Pages 35-59 in Samaan RA, editor. Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease. Academic Press.

Müllerová D, Aujezdská D, Aujezdská A. 2014. Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví. Karolinum, Praha.

Polák P. 2008. Vlákna – nenahraditelná složka potravin. Maso **19**: 30-32.

Qi X, Tester RF. 2019. Utilisation of dietary fibre (non-starch polysaccharide and resistant starch) molecules for diarrhoea therapy: A mini-review. International Journal of Biological Macromolecules **122**: 572-577.

Ramin S, Mysz MA, Meyer K, Capistrant B, Lazovich D, Prizment A. 2020. A prospective analysis of dietary fiber intake and mental health quality of life in the Iowa Women's Health Study. Maturitas **131**: 1-7.

Rodríguez R, Jiménez A, Fernández-Bolaños J, Guillén R, Heredia A. 2006. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. Trends in Food Science and Technology **17**: 3-15.

Salovaara H, Gates F, Tenkanen M. 2007. Dietary fibre components and functions. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.

Sarker M, Rahman M. 2017. Dietary fiber and obesity management - a review. Adv Obes Weight Manag Control **7**: 295-297.

Socratic Q&A. 2015. How are chitin and cellulose similar? Available from <https://socratic.org/questions/how-are-chitin-and-cellulose-similar#150203> (accessed April 2020).

Společnost pro výživu. 2015. Vlákna. Available from <http://www.vyzivaspol.cz/vlaknina/> (accessed April 2020).

Straka F. 2006. Bioplyn. Gas, Praha.

Sucharda P. 2008. Obezita a metabolický syndrom - od syndromu inzulínové rezistence k syndromu centrální obezity. *Interní medicína pro praxi* **10**: 165-166.

Šárka E, Smrčková P, Seilerová L. 2013. Rezistentní a pomalu stravitelný škrob. *Chemické listy* **107**: 929-935.

Štercová E, Straková E, Rusníková L, Hudečková P. 2012. Chemická analýza krmiv. Available from https://fvhe.vfu.cz/static/informace-o-fakulte/sekce-ustavy/uvv/chemicka_analyza_krmiv/vlaknina.html (accessed June 2020).

Theuwissen E, Mensink RP. 2008. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & behavior* **94**: 285-292.

Tunland B, Meyer D. 2002. Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **1**: 90-109.

Velderrain-Rodriguez G, Quiros-Sauceda A, Mercado-Mercado G, Ayala-Zavala JF, Astiazaran-Garcia H, Robles-Sanchez RM, Wall-Medrano A, Sayago-Ayerdi S, Gonzalez-Aguilar GA. 2016. Effect of dietary fiber on the bioaccessibility of phenolic compounds of mango, papaya and pineapple fruits by an in vitro digestion model. *Food Science and Technology* **36**: 188-194.

Velíšek J. 1999. *Chemie potravin 1*. Osis, Tábor.

Vymlátílová L. 2017. Rozpustná a nerozpustná vláknina. Available from <https://www.stobklub.cz/clanek/rozpustna-a-nerozpustna-vlaknina/> (accessed březem 2020)

Wick JY. 2012. Diverticular disease: eat your fiber! *Consult Pharm* **27**: 613-618.

Yangilar F. 2013. The application of dietary fibre in food industry: Structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre: A review. *Journal of food and nutrition research* **1**: 13-23.

Zamrazilová E, Mayzlík J. 1989. *Vláknina potravy - význam ve výživě a v klinické medicíně*. Avicenum, Praha.

