

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Katedra analytické chemie

Psyllium – význam, výskyt

Barbora Kuchlerová

Bakalářská práce
2019

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Barbora Kuchlerová**
Osobní číslo: **C17247**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Název tématu: **Psyllium - význam, výskyt**
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. S využitím dostupných odborných literárních zdrojů vypracujte teoretickou rešerši zabývající se Psylliem. V první části popište, co to Psyllium je a jeho význam pro lidský organismus. V další části se zaměřte na jeho získávání z přírodních zdrojů, zpracování a výskyt v potravinách či potravinových doplncích. Popište i změny, ke kterým dochází při zpracování a to, jak je v organismu tato složka metabolizována.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**Odborná literatura týkající se dané problematiky, z většiny ne starší než 7 let.
Vědecké články dostupné v databázích Scopus, Web of science, PubMed,
Sciadirect.**

Vedoucí bakalářské práce:

RNDr. Lucie Korecká, Ph.D.

Katedra biologických a biochemických věd

Datum zadání bakalářské práce:

5. února 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

4. července 2019



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Karel Ventura, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2019

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 3. 7. 2019

.....
Barbora Kuchlerová

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce RNDr. Lucii Korecké, Ph.D. za její odbornou pomoc, konzultace a cenné rady, které mi pomohly při psaní této bakalářské práce.

ANOTACE

Práce se zabývá popisem polysacharidů, jejich vlastnostmi a rozdělením. Hlavní část je zaměřena na vlákninu, její účinky na lidský organismus a popisem metod stanovení vlákniny. V další části se práce věnuje psylliu, jako zdroji rozpustné vlákniny, jeho vlivu na zdraví člověka a využití v některých potravinách.

KLÍČOVÁ SLOVA

Polysacharidy, Vlákna, Psyllium, Stanovení vlákniny, Využití psyllia

TITLE

Psyllium – importance, occurrence

ANNOTATION

The work deals with the description of polysaccharides, their properties and distribution. The main part is focused on dietary fiber, its effects on the human organism and description of a methods for the determination dietary fiber. In the next part the thesis deals with psyllium, as a source of soluble fiber, its influence on human health and its use in some foodstuffs.

KEYWORDS

Polysaccharides, Fiber, Psyllium, Determination of fibre, Use of psyllium

OBSAH

ÚVOD.....	10
1. SACHARIDY V POTRAVĚ.....	11
1.1. POLYSACHARIDY, JEJICH VLASTNOSTI A ROZDĚLENÍ.....	11
1.2. VYUŽITELNÉ POLYSACHARIDY	12
1.2.1. Škrob	12
1.2.2. Glykogen	13
1.3. NEVYUŽITELNÉ POLYSACHARIDY.....	13
1.3.1. Celulóza.....	14
1.3.2. Chitin.....	14
1.3.3. Pektin.....	15
1.3.4. Inulin	16
2. POTRAVNÍ VLÁKNINA	17
2.1. DEFINICE VLÁKNINY.....	17
2.2. DOPORUČENÉ DÁVKY VLÁKNINY	17
2.3. FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY VLÁKNINY	17
2.4. ROZPUSTNÁ VLÁKNINA	18
2.5. SLOŽKY ROZPUSTNÉ VLÁKNINY	19
2.6. NEROZPUSTNÁ VLÁKNINA.....	19
2.7. ZDROJE VLÁKNINY	20
3. PSYLLIUM.....	22
3.1. VÝZNAM PRO LIDSKÝ ORGANISMUS.....	23
3.1.1. Vliv psyllia při léčbě obezity.....	23
3.1.2. Vliv psyllia na snížení hladiny LDL cholesterolu	23
3.1.3. Vliv psyllia při léčbě zácpy	24
3.1.4. Vliv psyllia na krevní tlak	24
3.1.5. Vliv psyllia při léčbě průjmu.....	24
3.1.6. Vliv psyllia při léčbě diabetes mellitus II. typu.....	24
3.1.7. Vliv psyllia na prevenci rakoviny tlustého střeva	27
3.1.8. Podávání psyllia dětem.....	27
4. METODY STANOVENÍ VLÁKNINY.....	28
4.1. HISTORIE A VÝVOJ METOD STANOVENÍ VLÁKNINY	28
4.2. METODY STANOVENÍ VLÁKNINY V POTRAVINÁCH.....	30
4.2.1. Neenzymaticko-gravimetrická metoda.....	31
4.2.2. Enzymaticko-gravimetrická metoda.....	31
4.2.3. Enzymaticko-chemická metoda.....	32
4.3. ANALYZÁTORY PRO STANOVENÍ VLÁKNINY	33
4.4. ZÍSKÁVÁNÍ A VYUŽÍVÁNÍ PSYLLIA	34
4.4.1. Vliv přídavku psyllia do pekařských výrobků.....	35
5. ZÁVĚR.....	39
6. BIBLIOGRAFIE	40

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Obsah škrobu a jeho složení ve významných zdrojích potravin	13
Tabulka 2: Obsah pektinů v čerstvém ovoci a zelenině	15
Tabulka 3: Využitelnost složek rozpustné vlákniny	19
Tabulka 4: Zastoupení jednotlivých složek vlákniny ovoce, zeleniny a cereálií, uvedeno v %	20
Tabulka 5: Množství rozpustné a nerozpustné vlákniny ve vybraných potravinách.....	21
Tabulka 6: Základní údaje o pacientech a hodnoty FBG a HbA _{1c} před začátkem studie	25
Tabulka 7: Výsledky vlivu psyllia na hladinu glukózy v krvi nalačno (mg/dl)	26
Tabulka 8: Výsledky vlivu psyllia na hladinu HbA _{1c} (%).....	27
Tabulka 9: Fyzikálně-chemické složení psyllia a pšeničné mouky.....	36

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: a – strukturní vzorec amylozy; b – strukturní vzorec amylopektinu	12
Obrázek 2: strukturní vzorec celulózy	14
Obrázek 3: strukturní vzorec chitinu	15
Obrázek 4: strukturní vzorec inulinu	16
Obrázek 5: a - rostlina <i>Plantago ovata</i> (Jitrocel indický), b - semena <i>Plantago ovata</i>	22
Obrázek 6: ANKOM ²⁰⁰	33
Obrázek 7: Fibertec TM 8000.....	34
Obrázek 8: Vliv množství psyllia a vody na výslednou kvalitu bezlepkového chleba	35
Obrázek 9: Vliv psyllia na obsah popela, vlhkosti, bílkovin a tuků po přidání do mouky v různých dávkách	37
Obrázek 10: Vodní aktivita sušenek s různým obsahem psyllia	37
Obrázek 11: Vliv psyllia na pevnost sušenek.....	38

SEZNAM ZKRATEK

AACC	Americká asociace cereálních chemiků (American Association of Cereal Chemists)
ADF	acido-detergentní vláknina (acido detergent fiber)
AOAC	Asociace oficiálních analytických chemiků (Association of Official Analytical Chemists)
ASCVD	aterosklerotické kardiovaskulární onemocnění (atherosclerotic cardiovascular disease)
CVD	kardiovaskulární onemocnění (cardiovascular disease)
FBG	krevní glukóza nalačno (fasting blood glucosa)
FDA	Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (food and drug administration)
GLC	plynová rozdělovací chromatografie (gas-liquid chromatography)
HbA _{1c}	glykovaný hemoglobin (hemoglobin A _{1c})
HDL	lipoprotein s vysokou hustotou (high-density lipoprotein)
HPLC	vysokoučinná kapalinová chromatografie (high-performance liquid chromatography)
LDL	lipoprotein s nízkou hustotou (low-density lipoprotein)
NDF	neutrálně-detergentní vláknina (neutral detergent fiber)
T2DM	cukrovka 2. typu (type 2 diabetes)
TDF	celková vláknina (total dietary fiber)

ÚVOD

Polysacharidy jsou skupinou sacharidů, které jsou tvořeny více než deseti cukernými jednotkami. Jejich hlavní funkcí je zásoba energie a funkce stavební. Polysacharidy můžeme rozdělit na využitelné a nevyužitelné. Mezi využitelné polysacharidy řadíme škrob a glykogen. Nevyužitelné polysacharidy můžeme souhrnně označit jako potravní vlákninu. Do této skupiny se řadí celulóza, hemicelulóza, pektin, chitin, lignin, rostlinné gummy a slizy.

Vláknina je důležitá část stravy. Na lidský organismus má pozitivní účinky a díky svým vlastnostem se podílí na prevenci různých onemocnění. Vláknina se rozděluje na rozpustnou (pektiny, slizy, inulin, agar) a nerozpustnou (celulóza, část hemicelulóz, lignin). Rozpustná vláknina na sebe váže vodu, zvětší svůj objem a vytvoří v žaludku viskózní roztok, který prodlouží pocit nasycení. Nerozpustná vláknina zvětšuje objem potravy, tím urychlí její průchod zažívacím ústrojím a zlepšuje střevní peristaltiku. Hlavními zdroji vlákniny jsou ovoce, zelenina, brambory, luštěniny a obiloviny.

V současné době se těší velké oblibě rozpustná vláknina izolovaná z rostliny *Psyllium*. Jedná se o jednoletou bylinu, která se nejvíce vyskytuje v Indii, ale pěstuje se i v Pákistánu, Iráku a Austrálii. Zdrojem rozpustné vlákniny jsou vyčištěné obaly semen *Plantago ovata*. Význam psyllia spočívá především v tom, že se podílí na regulaci trávení. Podporuje správný metabolismus tuků a napomáhá udržení optimální hladiny cholesterolu v krvi. U lidí postižených diabetes mellitus II. typu dopomáhá ke stabilnější hladině cukru v krvi. Přidáním psyllia do bezlepkového pečiva se zvýší obsah vlákniny,lepší se kvalita střídky i celkový vzhled.

Zvýšeným zájmem o vlákninu v potravinách se vyvíjejí i analytické metody jejího stanovení. V současné době jsou využívány tři základní metody: neenzymaticko-gravimetrická, enzymaticko-gravimetrická a enzymaticko-chemická metoda. Neenzymaticko-gravimetrická metoda zahrnuje stanovení hrubé vlákniny, acido-detergentní vlákniny a neutrálně-detergentní vlákniny. Enzymaticko-gravimetrická metoda se využívá pro stanovení rozpustné a nerozpustné vlákniny. Enzymaticko-chemická metoda se může dále rozdělit na enzymaticko-kolorimetrickou a enzymaticko-chromatografickou metodu, které složí ke stanovení jednotlivých složek vlákniny.

1. SACHARIDY V POTRAVĚ

Sacharidy se řadí mezi hlavní složky potravy společně s bílkovinami a tuky. Z potravy jsou přijímány jako jeden z hlavních zdrojů energie, kterou uvolňují při jejich metabolismu. V lidské výživě pokrývají až 50 % energetického přísunu (nejvíce ve formě škrobu). Sacharidy také mohou sloužit jako strukturní (stavební) a ochranné složky rostlinných pletiv (např. celulóza a hemicelulózy) a také fungovat jako biologicky aktivní látky [1].

Sacharidy mají velký vliv na barvu, chuť, texturu i trvanlivost potravin. Pomocí biochemického procesu fotosyntézy se sacharidy v přírodě tvoří v buňkách autotrofních organismů. V živočišných buňkách jsou sacharidy obsaženy jen v malém množství [1, 2].

Sacharidy jsou sloučeniny, které jsou tvořeny pouze atomy uhlíku, kyslíku a vodíku. Jako základní vzorec, který je společný pro všechny sacharidy se používá $C_x(H_2O)_y$ [1, 2].

1.1. Polysacharidy, jejich vlastnosti a rozdělení

Polysacharidy jsou vysokomolekulární látky, které jsou složeny z více než 10 monosacharidových jednotek, většinou však až z několika stovek a tisíců. Za základní stavební jednotky polysacharidů jsou někdy považovány disacharidy. Jednotky jsou vzájemně vázány α - nebo β -glykosidovými vazbami. Podle rozpustnosti ve vodě jsou některé polysacharidy ve vodě rozpustné na koloidní roztoky, nebo mají schopnost bobtnat, některé jsou ve vodě nerozpustné. Polysacharidy mají neredukující vlastnosti. Pokud jsou polysacharidy tvořeny jen hexózy nazýváme je hexózany, obsahují-li pentózy nazýváme je pentózany [3, 4]. Řetězce polysacharidů mohou být lineární či cyklické. Lineární řetězce pak nevětvené a větvené [5].

Polysacharidy můžeme rozlišit podle vázaných monosacharidů na homopolysacharidy (homoglykany) nebo heteropolysacharidy (heteroglykany) [6]. Homopolysacharidy jsou tvořeny monosacharidovými jednotkami stejného typu. Do této skupiny můžeme zařadit škrob, celulózu, glykogen, inulin apod. Naopak z více druhů monomerních jednotek nebo jejich derivátů jsou tvořeny heteropolysacharidy [3]. Sem můžeme zařadit většinu dalších polysacharidů [5].

Dále můžeme polysacharidy rozdělit podle základních funkcí na stavební (strukturní), zásobní (reverzní) a mající jiné funkce. Důležitou vlastností stavebních polysacharidů je nerozpustnost ve vodě. Jejich funkcí je zpevňování pletiv rostlin (patří sem především celulóza, hemicelulóza) i tkání některých živočichů (chitin) [3]. Funkcí rezervních polysacharidů je tvořit zásobu chemické energie v živých systémech, která je získána v průběhu jejich odbourávání

v organismu. Jsou přítomné skoro ve všech typech organismů jako například v hlízách rostlin (škrob, inulin), v játrech a svalech živočichů (glykogen) i u mikroorganismů [7, 8]. Z hlediska jejich funkce ve výživě můžeme polysacharidy rozdělit na využitelné a nevyužitelné [5].

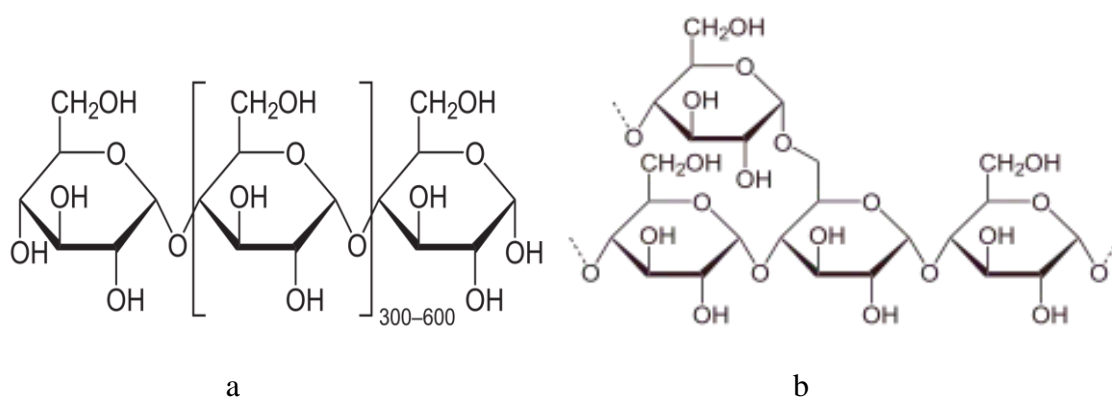
1.2. Využitelné polysacharidy

Příjem sacharidů ve stravě se mezi národnostmi různě liší. Jako minimální množství, kterou by měl člověk ve formě sacharidů přijmout je 50-500 g denně. Jestliže člověk ze své stravy úplně vynechá sacharidy, dojde k odbourávání tuků, v krvi se nahromadí oxosloučeniny a může dojít ke ketoacidóze [9]. Mezi využitelné polysacharidy patří především rostlinné škroby a živočišný glykogen [5].

1.2.1. Škrob

Škrob je hygroskopický bílý prášek [3]. Patří mezi fyziologicky a technologicky nejvýznamnější rezervní polysacharid, který je, v podobě zrněk, součástí semen, kořenů, hlíz a listů [2, 7, 10]. Je také přítomný v organelách cytoplasmy, v plastidech. V rostlinách slouží jako zásobní látka [3].

Škrob se skládá ze směsi dvou polysacharidů, amylozy (20 %) a amylopektinu (80 %), jejichž základní stavební jednotkou je glukóza. Amylóza (Obr. 1a) je lineární polymer glukózových jednotek, které jsou vzájemně vázány α -(1,4)-glykosidovou vazbou. V amylopektinu (Obr. 1b) je glukóza vázaná také α -1,4 glykosidovou vazbou, ale prostřednictvím α -(1,6)-glykosidových vazb dochází k větvení [1, 2, 10]. Amylóza je ve vodě rozpustná, naopak amylopektin je ve vodě nerozpustný, při vyšších teplotách dochází pouze k jeho bobtnání. V tabulce 1 je zobrazen obsah škrobu a amylozy ve významných potravinových zdrojích [3].



Obrázek 1: a – strukturní vzorec amylozy; b – strukturní vzorec amylopektinu [11]

Tabulka 1: Obsah škrobu a jeho složení ve významných zdrojích potravin [5]

Potravina	Škrob (%)	Amylóza (%)
Pšenice	59-72	24-29
Žito	52-57	24-30
Ječmen	52-62	38-44
Kukuřice	65-75	24-26
Rýže	70-80	8-37
Brambory	17-24	20-23

1.2.2. Glykogen

Glykogen patří také mezi zásobní polysacharidy [12]. Nenachází se pouze u živočichů, ale i v plísních, vyšších houbách, kvasinkách a bakteriích [3]. V podobě granulí je v největším množství v jaterních buňkách a ve svalech (především v srdečním svalu) [12]. Základní jednotkou glykogenu je glukóza a je tvořen z několika stovek tisíc těchto jednotek. Podobně jako u amylopektinu dochází k větvení, které je u glykogenu častější a větví se přibližně na každém desátém glukózovém zbytku [13]. Glykogen je syntetizován ze sacharidů, které přijímáme v potravě. Patří mezi rychlé zdroje glukózy [3].

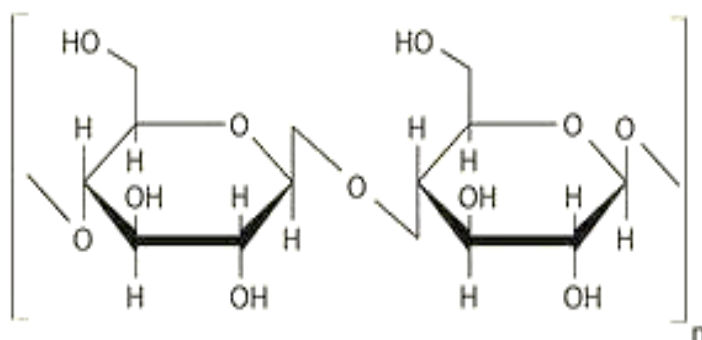
1.3. Nevyužitelné polysacharidy

Nevyužitelné polysacharidy, jinak nazývané také balastní nebo nestravitelné, můžeme souhrnně označit jako potravní vlákninu [9]. Do této skupiny můžeme zařadit např. celulózu, hemicelulózu, pektin, chitin, lignin, rostlinné gummy a slizy [5, 14]. Nevyužitelné polysacharidy způsobí zvětšení objemu stravy, ale bez navýšení energetického příjmu. Proto byly v minulosti tyto polysacharidy považovány za zcela neúčinné a jejich obsah ve stravě se snižoval. Tyto polysacharidy však slouží jako zdroj výživy pro bakterie, které štěpí sacharózu v tlustém střevě. Pro lidi trpící zácpou jsou balastní polysacharidy užitečné, protože strava, která obsahuje jejich větší množství, pomáhá k tomu, aby střeva pracovala intenzivněji a je tak nižší náchylnost k zácpě [9].

Působením sacharolytických bakterií vznikají ze sacharidů organické kyseliny, které slouží jako energie pro buňky tlustého střeva. Díky tomu dochází k obnově kolonocytů a působí jako prevence proti vzniku rakoviny tlustého střeva [9].

1.3.1. Celulóza

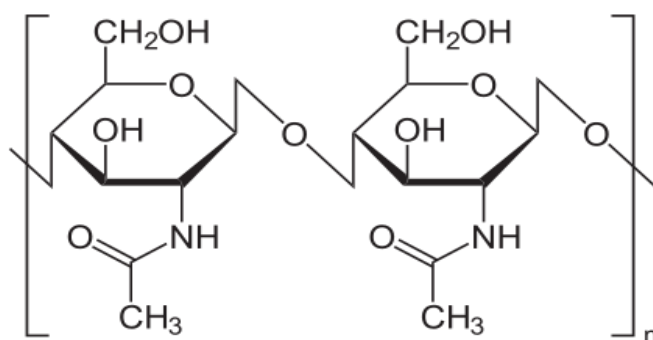
Celulóza (Obr. 2) patří mezi základní stavební polysacharid buněčných stěn vyšších rostlin [10]. Může se také vyskytovat v zelených řasách a houbách. Celulóza je obsažena v ovoci, zelenině, luštěninách, obilovinách i otrubách. Je také součástí dřevní hmoty, lněných a bavlněných vláken [2, 5]. Ve vodě, zředěných kyselinách a zásadách je zcela nerozpustná. Je tvořena z několika tisíců glukózových jednotek, které se vážou β -(1,4)-glykosidovými vazbami, do nerozvětveného řetězce. Při úplné kyselé hydrolyze se celulóza štěpí až na D-glukózu, při částečné hydrolyze vzniká směs di-, tri- a tetrasacharidů. Například obratlovci nemají enzymy, které štěpí vazby v celulóze, a proto je pro ně nestravitelná. Naopak býložravci mají v trávicím traktu obsaženy mikroorganismy, které vylučují specifické enzymy a díky nim jsou schopné celulózu štěpit až na glukózu [2, 3].



Obrázek 2: strukturní vzorec celulózy [15]

1.3.2. Chitin

Chitin patří mezi stavební polysacharid bezobratlých živočichů, který se nachází ve schránkách korýšů, v krovkách hmyzu a je také součástí buněčných stěn hub, plísni a řas. Je složen z molekul N-acetylglukosaminu navzájem spojených β -(1,4)-glykosidovou vazbou (Obr. 3) [2, 10, 16]. Chitin je ve vodě nerozpustný. V přírodě je po celulóze druhou nejvíce se vyskytující sloučeninou. Jelikož lidské tělo není úplně schopno štěpit chitin, nemůže člověk houby zcela strávit [3].



Obrázek 3: strukturní vzorec chitinu [15]

1.3.3. Pektin

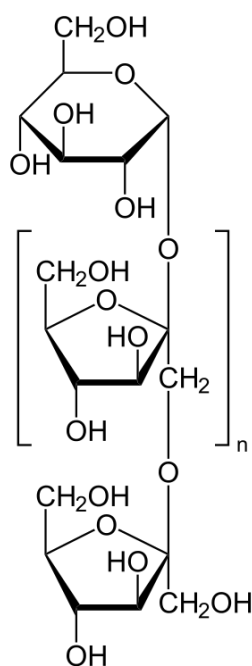
Pektin je polysacharid, který patří v přírodě k jednomu z nejrozšířenějších a je součástí buněčné stěny rostlin [17]. Jeho důležitou funkcí v krvi je snižování obsahu cholesterolu a je také schopný vázat ionty těžkých kovů [18]. Pektiny jsou ve vodě rozpustné, ale ve většině organických látek jsou nerozpustné. Přirozeně jsou přítomné ve všech druzích ovoce a zeleniny, kde se jejich obsah pohybuje kolem 1 % (Tab. 2). Jejich využití je zejména v potravinářském průmyslu [4, 5]. Používají se jako želírující látky k výrobě džemů a marmelád. Jejich vlastnosti lze využít i při výrobě sirupů, zmražených potravin, zmrzlině a želé bonbónů. [3].

Tabulka 2: Obsah pektinů v čerstvém ovoci a zelenině [5]

Zdroj	Pektin (%)
Jablka	0,5-1,6
Hrušky	0,4-1,3
Slupky pomerančů	3,5-5,5
Banány	0,7-1,2

1.3.4. Inulin

Inulin (Obr. 4) je krystalická, bílá látka s nasládlou chutí, která je rozpustná v horké vodě a vyskytuje se jako zásobní polysacharid hlíznatých nebo oddenkových rostlin. Je složen z fruktózových jednotek, které jsou spojeny β -(1,2)-glykosidovými vazbami a na konečné pozici se nachází D-glukóza [10, 19]. V tlustém střevě se nachází bakterie, které jsou schopné inulin štěpit, a tudíž funguje jako zdroj energie pro tyto střevní bakterie, tzn. že plní funkci probiotika [3].



Obrázek 4: strukturní vzorec inulinu [20]

2. POTRAVNÍ VLÁKNINA

2.1. Definice vlákniny

Stručně můžeme vlákninu definovat podle Americké asociace cereálních chemiků (AACC), kteří uvádí, že: „*Vlákninu potravy tvoří jedlé části rostlin nebo analogické sacharidy, které jsou odolné vůči trávení a absorpci v lidském tenkém střevě a jsou zcela nebo částečně fermentovány mikroorganismy v tlustém střevě* [1, 14].“ Znamená to tedy, že se jedná o složky potravy, které nejsou štěpitelné trávicími enzymy člověka ve střevech a v tenkém střevě se nevstřebávají [21].

2.2. Doporučené dávky vlákniny

V minulosti byla vláknina považována za látku, kterou bylo potřeba z organismu vyloučit. Postupně však bylo zjištěno, že má na trávicí trakt a celý organismus člověka pozitivní účinky [21]. Podle rozpustnosti ve vodě můžeme vlákninu rozdělit na rozpustnou a nerozpustnou [22]. Poměr rozpustné a nerozpustné vlákniny by měl být v poměru asi 1:3 [1].

Doporučený denní příjem vlákniny pro dospělého člověka se pohybuje kolem 20-30 g [5, 14]. V rozvojových zemích, kde je převážně rostlinná strava, je příjem vlákniny daleko vyšší. Pro zjištění denního doporučeného množství vlákniny pro děti lze použít vzorec: věk dítěte + 5 g vlákniny [23]. Nízký příjem vlákniny může přispívat ke vzniku chorob, jako je zácpa, nádorové onemocnění trávicího systému, žlučové kameny, onemocnění srdce a cév způsobené vysokou hladinou cholesterolu, vysoký tlak a obezita [21].

2.3. Fyziologické účinky vlákniny

Každá potravina má svůj glykemický index. Je to hodnota, která udává, jak rychle se z potravy uvolní glukóza do krve [24]. Čím je číslo vyšší, tím rychleji se glukóza dostává do krve. Tělo se snaží hodnotu glukózy v krvi snížit, a proto vyplaví hormon inzulín. Po rychlém převodu glukózy dochází následkem vysoké hladiny inzulínu ke snížení její hladiny v krvi a může nastat stav označovaný jako hypoglykémie [25]. Doporučuje se tedy konzumovat zdroje bohaté na vlákninu s nižším glykemickým indexem, protože zpomalují trávení a snižují rychlost, kterou vstupuje glukóza do krevního oběhu [26].

Dále pak je důležitá pro regulaci vstřebávání tuků a hladiny cholesterolu v tenkém střevě. Cholesterol se v játrech odbourává na žlučové kyseliny, které se žlučí dostávají do střev. Vláknina obsažená ve střevech na sebe tyto žlučové kyseliny naváže a zajistí tak jejich vyloučení z těla [26].

Má také vliv na vstřebávání vitamínů a minerálních látek [27]. Je schopná ředit toxické látky ve střevě, které pak lépe a rychleji opouštějí trávicí trakt. vyšší aktivitou střevních bakterií a zvýšenou vazbou vody je zvětšen i objem stolice a střeva jsou tak nucena zvýšit svoji aktivitu. Střevo tak přichází do kontaktu s ohrožujícími látkami na kratší dobu [26].

Je také známo, že vysoký příjem vlákniny má ochranný účinek proti obezitě. V žaludku potrava nabobtná, zvětší svůj objem a tím sníží pocit hladu [28]. To nemusí mít vždy pozitivní účinek, protože strava s vysokým obsahem vlákniny vyvolává pocit nasycenosti po delší dobu a má nízkou energetickou hodnotu. To může vést u starších lidí a dětí k nedostatečnému příjmu živin. Při příjmu vlákniny nad 70 g denně mohou nastat zažívací potíže jako je nadýmání, břišní křeče a projímavé účinky. Při konzumaci nadměrného množství celozrnných výrobků se může zhoršit využitelnost železa z potravy a to tak, že vnější části obiliek obsahují vysoký obsah kyseliny fytoové a ta váže železo do nevyužitelných forem [29].

Vlákninu můžeme rozdělit do těchto skupin [1]:

- nestravitelné polysacharidy: celulóza, hemicelulóza, fruktany, pektiny, gumy a slizy;
- nestravitelné oligosacharidy: fruktooligosacharidy (zejména inulin);
- složky příbuzné sacharidům: rezistentní škroby a modifikované celulózy;
- lignin a doprovodné látky (např. třísloviny)

2.4. Rozpustná vláknina

Rozpustná vláknina, jinak také měkká vláknina, je schopna absorbovat vodu (bobtnat). Poté se ní stane viskózní gel, který napomáhá ke zvýšení pocitu plnosti a nasycenosti [30]. Pro bakterie, které napomáhají trávení sacharidů v tenkém a tlustém střevě, funguje rozpustná vláknina jako hlavní substrát. Rozpustná vláknina má vliv na trávení a vstřebávání sacharidů v tenkém střevě, a navíc brání zpětnému vstřebávání žlučových kyselin, tuků a cholesterolu ze střeva do krve. Buňky sliznice tlustého střeva pak tyto mastné kyseliny využívají jako zdroj energie. Jen malá část rozpustné vlákniny projde až do stolice, větší část působí jako prebiotikum (nestravitelná složka potravin) [31]. To znamená, že je fermentována střevními bakteriemi, kterým slouží jako substrát, a tak mají pozitivní efekt na lidské zdraví [21].

V dřívějších dobách byli někteří pediatři znepokojeni tím, že rostoucí příjem vlákniny u dětí by mohl vytlačit více energeticky bohaté sacharidy a tím tak redukovat množství energie dostupné pro normální růst a vývoj. Pozdější studie však toto tvrzení vyvrátily. Naopak nedávná data ukazují, že mnoho dětí má nedostatečný příjem vlákniny [32].

2.5. Složky rozpustné vlákniny

K rozpustné vláknině se řadí pektiny, gummy a slizy, agar a polysacharidy mořských a sladkovodních řas [33]. Jejich využitelnost je popsána v tabulce 3. Také sem můžeme zařadit určitý podíl hemicelulóz, které jsou jak rozpustné, tak i nerozpustné. Sem řadíme např. asi třetinu arabinoxylanů obilovin a až polovinu β -glukanů ječmene [5].

Arabinoxylany, které patří mezi složku potravní vlákniny a vykazují pozitivní zdravotní účinky, ovlivňují především hodnotu potravin z nutričního hlediska a dále také jejich technologickou kvalitu (viskozitu těsta a kvalitu chleba a pečiva). U pšenice tvoří arabinoxylany 20-27 % aleuronové vrstvy, 23-32 % otrub a 2-4 % endospermu, u ječmene jsou převážně v aleuronové vrstvě a asi z 20 % v endospermu. Rozpustnost arabinoxylanů závisí na stupni větvení, takže když jsou molekuly více větvené, rozpustnost je větší. Jejich největší obsah je v žitě a to kolem 3-10 %. β -glukany se nacházejí ve všech semenech obilovin, a to nejvíce v ječmeni (kolem 4 %) a ovsu (kolem 8 %), kolem 2 % se nacházejí u žita nebo pšenice. Ve vodě rozpustné β -glukany nalezneme ve větším množství v ovsu. Jejich rozpustnost závisí na počtu (1,4) vazeb. Čím více těchto vazeb, tím se rozpustnost β -glukanů snižuje [1, 34].

Tabulka 3: Využitelnost složek rozpustné vlákniny [5]

Polysacharid	Využitelnost v %
hemicelulózy	19-85
pektin	65-97
guarová guma	76
arabská guma	71
agary	21-28
karagenany	9-16
dextran	78-90

2.6. Nerozpustná vláknina

Nerozpustná vláknina je omezeně bobtnavá a ve vodě se nerozpouští [1]. Mezi její hlavní složky patří celulóza, část hemicelulóz a lignin. Jejich obsah v ovoci, zelenině a cereáliích je popsán v tabulce 4. Vyšší obsah ligninu je přítomný v otrubách a v jádérkách nebo slupkách

ovoce a zeleniny. Nerozpustná vláknina odolává působení enzymů v tenkém střevě. Spolu s rozpustnou vlákninou je více nebo méně metabolizována pouze mikroorganismy tlustého a slepého střeva. Konečnými produkty jsou plyny (oxid uhličitý a voda, často i methan) a využitelné nižší mastné kyseliny (octová, propionová a máselná kyselina) [5].

2.7. Zdroje vlákniny

Vláknina se přirozeně vyskytuje téměř ve všech potravinách rostlinného původu. Jako významné zdroje pro člověka jsou především luštěniny, obiloviny, zelenina, ovoce a brambory [14]. Mezi zdroje vlákniny samozřejmě patří i výrobky z těchto surovin jako je mouka, chléb, pečivo, ovesné vločky aj. Její obsah v potravinách je ovlivňován různými faktory (odrůda rostliny, doba skladování, typ půdy apod.). Např. v celozrnné mouce, která je málo vymletá najdeme daleko více vlákniny než v mouce bílé, která je vysoce vymílaná, a to z důvodu toho, že obilné zrna obsahuje vlákninu zejména v povrchových vrstvách. Tyto zdroje z potravin však nemusí na člověka působit vždy pozitivně (nadýmaní), a proto se jako zdroje vlákniny využívají i potravinové doplňky, např. psyllium [30]. Množství rozpustné, nerozpustné a celkové vlákniny ve vybraných potravinách je stručně zobrazeno v tabulce 5 [5].

Tabulka 4: Zastoupení jednotlivých složek vlákniny ovoce, zeleniny a cereálií, uvedeno v % [5]

Zdroj vlákniny	Necelulóзовé polysacharidy	Celulóza	Lignin
	Průměr	Průměr	Průměr
ovoce	62,9	19,7	17,4
zelenina	65,6	31,5	3,0
cereálie	75,7	17,4	6,7

Tabulka 5: Množství rozpustné a nerozpustné vlákniny ve vybraných potravinách [5]

Potravina	Vláknina (% sušiny)		
	rozpustná	nerozpustná	celkem
ovoce			
jablka	5,6-5,8	7,2-7,5	12,8-13,3
broskve	4,1-7,1	3,4-6,4	7,5-13,5
jahody	5,1-7,7	6,8-10,6	11,9-18,3
pomeranče	6,5-9,8	3,9-5,2	10,4-15,0
zelenina			
mrkev	4,4-14,9	10,4-11,1	14,8-26,0
zelí	13,5-16,6	4,2-20,8	27,6-37,4
rajčata	0,8-3,5	3,2-12,8	6,7-13,6
hrášek	5,9	15,0	20,9
luštěniny			
fazole	7,2-12,4	9,1-9,6	16,8-21,5
brambory			
syrové	2,8-3,5	2,4-3,2	5,2-6,7
vařené	4,8	2,6	2,2
cereálie			
mouka pšeničná bílá	2,0	1,2	3,2
mouka pšeničná celozrnná	2,6	7,7	10,3
chléb pšeničný	1,6-2,7	1,1-2,9	2,7-5,6
chléb žitný	6,7	6,6	13,3

3. PSYLLIUM

Psyllium je jedním z největších zdrojů rozpustné vlákniny ve formě slizu, který se získává ze slupek semen byliny *Plantago psyllium* [35]. Další významná bylina z rodu *Plantago* je *Plantago ovata* (Obr. 5a), v České republice jí můžeme znát pod názvem jitrocel indický, někdy nazývaný jako jitrocel vejčitý [36]. Rod *Plantago* patří do čeledi *Plantaginaceae*, která obsahuje přibližně 200 druhů. *Plantago psyllium* je spíše známé jako hnědé, francouzské nebo španělské psyllium. *Plantago ovata* zase jako blond psyllium, Ispaghula nebo Ispagol [37].

Jedná se o jednoletou bylinu, která se nejvíce pěstuje ve středomořské oblasti, Indii, Číně a dalších regionech [38]. Dorůstá maximálně do 20 cm. Daří se jí v chladném a suchém počasí, před sklizní však musí být jasné, slunečné a suché počasí. Velké ztráty jsou způsobené dešťovými srážkami, které dopadají na zralé plodiny [39]. Plodem jsou dlouhé tobolky s víčky otevírající se poblíž středu, které obsahují po dvou semenech [36]. *Plantago ovata* ve srovnání s *Plantago psyllium* má větší semena v důsledku vyššího množství slizu [40]. V íránské tradiční medicíně je psyllium používáné v léčbě gastrointestinálních poruch [41].



a



b

Obrázek 5: a - rostlina *Plantago ovata* (Jitrocel indický) [42], b - semena *Plantago ovata* [43]

Semeno psyllia (Obr. 5b) obsahuje 35 % rozpustných a 65 % nerozpustných polysacharidů [44]. Obsahují sliz, bílkovinu, olej, celulózu a škrob [45]. Sliz ze psyllia obsahuje 22,6 % arabinózy, 74,65 % xylózy a stopová množství dalších cukrů [46]. Díky jeho vysoké absorpci vody je schopný vytvářet viskózní gely [47]. Může zvýšit obsah stolice a snížit tak její dobu průchodu střevem [41]. Psyllium bylo dlouho používáno jako bylina proti zácpě, ale jeho široké využití bylo objeveno až v několika posledních letech. Psyllium se v posledních době používá

ve zvýšené míře jako přídavná látka do řady výrobků, kde funguje především jako mechanické laxativum a zdroj vlákniny [48].

3.1. Význam pro lidský organismus

Psyllium je široce používaný vlákninový doplněk. Je cenově dostupný a bývá mnohem lépe snášen než jiné vlákninové doplňky [49]. Jako léčivý přírodní polysacharid je široce využíván k léčbě různých onemocnění [46]. Doplnění stravy o psyllium snižuje chuť k jídlu, zlepšuje hladinu glukózy v krvi, snižuje krevní tlak a má dobré účinky na lipidový profil jak u zvířat, tak i u lidí [49].

3.1.1. Vliv psyllia při léčbě obezity

Potraviny s vyšší energetickou hustotou mají často nižší hodnoty indexu sytosti a produkují kratší intervaly mezi jídly než potraviny s nízkou energetickou hustotou. Potraviny, které mají vysoký obsah bílkovin a vlákniny, mají často vyšší index sytosti a jsou nejúčinnější na pocit hladu. Předpokládá se tedy, že používání rozpustné vlákniny ve formě slizu může dopomáhat pro dlouhodobé zdravé řízení hmotnosti. Rozpustná vláknina ve formě slizu, jako je psyllium, může zpomalit vyprazdňování žaludku a snížit rychlost absorpce tuku a glukózy [50].

3.1.2. Vliv psyllia na snížení hladiny LDL cholesterolu

Jedním z osvědčených způsobů, jak snížit riziko vzniku kardiovaskulárního onemocnění CVD (cardiovascular disease) je snížení hladiny LDL (low-density lipoprotein) cholesterolu v séru snížením příjmu nasycených tuků. Stále více se však uznává význam dalších dietních přístupů, jako je zvýšení příjmu ve vodě rozpustné dietní vlákniny. Je dokázáno, že čtyři hlavní typy rozpustné vlákniny ve vodě – psyllium, β -glukan, pektin a guarová guma – účinně snižují koncentrace LDL cholesterolu v séru, aniž by ovlivňovaly koncentrace HDL (high-density lipoprotein) cholesterolu nebo triacylglycerolů. Ve vodě rozpustná vláknina snižuje resorpci zejména žlučových kyselin [51]. Pro léčbu hyperlipidémie (zvýšená hladina lipidů v krevní plazmě) a k prevenci aterosklerotické kardiovaskulární nemoci ASCVD (atherosclerotic cardiovascular disease) se jako první léčba doporučují statiny. Ty slouží jako účinné léky na snížení hladiny cholesterolu v krvi. Doplnění stravy o rozpustnou vlákninu se doporučuje pro pacienty, kteří chtějí snížit dávky statinů a přesto dosáhnou snížení hladiny cholesterolu. Při používání doplňků stravy s psylliem, se zvyšuje účinnost statinů na snížení LDL cholesterolu. U osob, které trpí hyperlipidémií se ukázalo, že psyllium má významný účinek na snížení cholesterolu, naopak u zdravých osob se účinek samotného psyllia neprokázal [52].

3.1.3. Vliv psyllia při léčbě zácpy

Psyllium je široce používán u pacientů trpících chronickou zácpou, zejména u starších osob. Psyllium se však musí podávat s velkým množstvím tekutiny. Bez odpovídajícího příjmu tekutin by mohla být způsobena obstrukce jícnu nebo střev [53]. Jeho funkcí je zachycovat vodu ve střevě a zvětšovat objem a vlhkost stolice [54]. Na větší objem stolice reagují střeva zvýšenými peristaltickými pohyby [55].

3.1.4. Vliv psyllia na krevní tlak

Příjem dietní vlákniny, zejména viskózní rozpustné vlákniny, pomáhá snižovat hladinu triglyceridů v krvi, což může přispívat ke snížení krevního tlaku a ke snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění [56].

Studie, které se zúčastnilo 40 pacientů, potvrdila u pacientů s diabetem mellitus II. typu značné snížení hladiny triacylglycerolů po dvou měsících užívání psyllia [57].

Dřívější studie hodnotily celkový vliv příjmu vlákniny na hodnoty krevního tlaku jako malý nebo žádný. Ze studie, které se zúčastnilo 1430 účastníků bylo dokázáno, že malého, ale významného snížení systolického krevního tlaku a diastolického krevního tlaku se dosáhne především tak, že se viskózní rozpustná vláknina doplní o psyllium. Účastníkům bylo podáváno 8,7 g vlákniny denně po dobu 7 týdnů. Celkově je doporučeno, aby se příjem viskózní vlákniny v západních zemích značně zvýšil, a to z důvodu prevence vysokého krevního tlaku [56].

3.1.5. Vliv psyllia při léčbě průjmu

Na základě studie, které se zúčastnilo 39 lidí trpící průjmem, bylo zjištěno, že doplněním dietní vlákniny o psyllium bylo u pacientů dosažené snížení nedobrovolného úniku stolice a zlepšení konzistence stolice [58]. Díky bobtnavosti psyllia v přítomnosti vody se vytvoří gelová vrstva a dojde ke zpevnění stolice [55].

3.1.6. Vliv psyllia při léčbě diabetes mellitus II. typu

Diabetes mellitus je v dnešní době běžným problémem, který je způsoben sníženou tvorbou inzulínu nebo neschopností ho efektivně využívat. Inzulín je hormon, který reguluje množství glukózy v krvi. Je produkován buňkami slinivky břišní, tzv. Langerhansovými ostrůvky [59]. Diabetes je hlavní příčinou selhání ledvin, může nastat oslepnutí a způsobuje také srdeční onemocnění a mozkové příhody. Klinické studie dokázaly, že jediná dávka psyllia může u zdravých jedinců snížit hladinu glukózy po jídle, a že vícedenní dávkování psyllia před jídlem může snížit krevní glukózu nalačno (FBG-fasting blood glucose) i hladinu glykovaného

hemoglobinu (HbA_{1c}-hemoglobin A_{1c}) u pacientů s T2DM (type-2 diabetes mellitus). Tyto důkazy vedou k tomu, že požití psyllia před jídlem je účinnou doplňkovou léčbou k lékům pro zlepšení kontroly glykémie, jak u jedinců s pre-diabetem, tak i u pacientů s T2DM [60].

Byl proveden výzkum, kdy se 37 pacientům (25 mužů a 12 žen) léčených na T2DM, zařadilo do 3. léčebných skupin, kterým bylo podáváno placebo (8 lidí), psyllium 3,4 g (15 lidí) a psyllium 6,8 g (14 lidí) (Tab. 6). Dávky psyllia se podávaly vždy těsně před snídaní a večeří. V tabulce 6 jsou informace o průměrném věku, hmotnosti a hodnotách FBG a HbA_{1c} před začátkem studie u mužů, kteří se jí zúčastnili. Studie probíhala ve dvou fázích. První fáze byla úvodní fáze, která trvala po dobu 8 týdnů a za ní následovala druhá, léčebná, fáze, která trvala 12 týdnů. Výsledky studie (Tab. 7 a 8) ukázaly, že obě dávky psyllia významně snížily hladinu glukózy v krvi nalačno ve 4., 8. a 12. týdnu. Také ukázala, že obě dávky psyllia významně snížily hladinu HbA_{1c} oproti placebu v 12.týdnu [60].

Tabulka 6: Základní údaje o pacientech a hodnoty FBG a HbA_{1c} před začátkem studie [60]

Parametr	Placebo	Psyllium 3,4 g	Psyllium 6,8 g
Muž (%)	6 (75%)	10 (67%)	9 (64%)
Průměrný věk (rok)	56,5	61,8	64,8
Průměrná hmotnost (kg)	87,0	81,5	83,7
Průměrná hodnota FBG (mg/dl)	212,5	201,7	186,2
Průměr HbA_{1c} (%)	7,6	7,4	7,6

Tabulka 7: Výsledky vlivu psyllia na hladinu glukózy v krvi nalačno (mg/dl) [60]

Doba podávání léčby	Léčba*	Změna od základní hodnoty
2 týdny	Placebo	-2,26
	Psyllium 3,4 g	-8,47
	Psyllium 6,8 g	-16,89
4 týdny	Placebo	19,28
	Psyllium 3,4 g	-15,96
	Psyllium 6,8 g	-23,91
8 týdnů	Placebo	16,72
	Psyllium 3,4 g	-9,42
	Psyllium 6,8	-14,18
12 týdnů	Placebo	22,91
	Psyllium 3,4 g	-7,73
	Psyllium 6,8 g	-17,81

* podáváno vždy těsně před snídaní a večeří

Tabulka 8: Výsledky vlivu psyllia na hladinu HbA_{1c} (%) [60]

Doba podávání léčby	Léčba*	Změna od základní hodnoty
4 týdny	Placebo	0,06
	Psyllium 3,4 g	-0,15
	Psyllium 6,8 g	-0,14
8 týdnů	Placebo	0,22
	Psyllium 3,4 g	-0,13
	Psyllium 6,8 g	-0,36
12 týdnů	Placebo	0,26
	Psyllium 3,4 g	-0,27
	Psyllium 6,8 g	-0,39

* podáváno vždy těsně před snídaní a večeří

3.1.7. Vliv psyllia na prevenci rakoviny tlustého střeva

Jako doplněk dietní vlákniny má psyllium dlouholetou historii. Psyllium je využíváno především pro jeho mírné projímavé účinky. Je také důležité v léčbě a prevenci střevních onemocnění jako je divertikulóza, syndrom dráždivého tračníku, zánětlivé střevní onemocnění a může hrát roli i v prevenci rakoviny tlustého střeva [61].

3.1.8. Podávání psyllia dětem

Včasné podávání psyllia zlepšuje lipidový profil a glykemickou odpověď u dětí a dospívajících s nadváhou nebo obezitou. U zdravých dětí bylo prokázáno, že podávání psyllia snižuje hladinu LDL cholesterolu, ale nemá žádný významný vliv na krevní tlak [32].

4. METODY STANOVENÍ VLÁKNINY

V následující kapitole jsou uvedeny metody, které jsou využívány pro stanovení obsahu vlákniny. Pro stanovení psyllia, jakožto součásti vlákniny, neexistuje samostatná metoda, která by stanovila jeho obsah. Existují pouze metody, které stanovují celkovou, rozpustnou a nerozpustnou vlákninu. S vývojem poznatků o složkách a účincích potravinové vlákniny se vyvíjí i analytické metody jejího stanovení [62]. Bylo navrženo velké množství metod pro stanovení vlákniny. Při výběru metody je nutné brát v úvahu účel stanovení, složení výrobku i finanční a časovou náročnost [63].

4.1. Historie a vývoj metod stanovení vlákniny

První pokusy, jak oddělit od sebe složku stravitelnou od složky nestravitelné, se začaly objevovat začátkem 19. století, kdy H. Einhof provedl kyselou a zásaditou hydrolyzu. Izolovat celulózu hydrolyzou v prostředí kyseliny, louhu a chlorové vody se snažil v roce 1832 Sprengel. Pojem vláknina se objevil až v roce 1953. V roce 1857 pak vyvinul Schluzer metodu, ve které využil oxidační hydrolyzu v prostředí kyseliny dusičné a chlorečnanu draselného [64].

V roce 1860 bylo navrženo stanovení vlákniny podle W. Henneberga a F. Stohmanna, kde byl stanovován obsah hrubé vlákniny [64]. Hrubá vláknina zahrnuje především celulózu a pouze část hemicelulóz a ligninu. Vláknina se v této metodě stanoví gravimetricky, jako nezhydrolyzovatelný zbytek vzorku po dvoustupňové hydrolyze. Tato metoda dala základ pro tzv. Weendenskou analýzu krmiv pro zvířata. Vzorek krmiva je vařen 30 minut v roztoku 5 % kyseliny sírové, poté je promýván horkou vodou až do neutrální reakce a znovu je vařen v roztoku 5 % hydroxidu draselného. Po promytí horkou vodou je pevný zbytek promyt acetonem, vysušen a zvážen. Poté je vložen do muflové pece a při 550 °C je spálen. Získaný popel je po ochlazení zvážen a odečten od hmotnosti zbytku [65].

V roce 1931 navázal K. Scharrer a K. Kürschner na oxidační metody, kdy se balastní (nestravitelné) látky rozruší kyselou hydrolyzou, např. směsí kyseliny octové, dusičné a trichloroacetové [64]. Vzorek je v kyselém roztoku vařen pod zpětným chladičem po dobu 30 minut. Vroucí tekutina je zfiltrovaná a pevný podíl v kelímku je promyt vroucí vodou, ethanolem a diethyletherem. Kelímek je usušen, zvážen a jeho obsah je spálen. Poté se postupuje stejně jako u metody podle Henneberga a Stohmanna [66]. Tato metoda se jeví jako časově méně náročná a v konečném výsledku poskytuje podobné výsledky jako metoda podle Henneberga a Stohmanna [64].

Později byla snaha o nové modifikace analytických metod, které by lépe vyjadřovaly štěpení polysacharidů v zaživacím ústrojí [64].

V roce 1963 zavedl P. J. Van Soest pojmy neutrálně-detergentní vláknina (NDF-Neutral Detergent Fiber), acido-detergentní vláknina (ADF-Acido Detergent Fiber) a acido-detergentní lignin (ADL-Acido Detergent Lignin) [64]. Tyto pojmy sloužily pro přesnější určení skutečného obsahu vlákniny v krmivech [65]. Cílem je oddělit obsah buněčných stěn od buněčného obsahu a zároveň jednoduchým postupem rozdělit buněčné stěny na celulózu, hemicelulózu a lignin [64].

Acido-detergentní vláknina je lignocelulózový zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv, který se stanoví vázkově po hydrolýze vzorku v kyselém prostředí H_2SO_4 s obsahem cetyltrimethylamonium bromidu [67].

Neutrálně-detergentní vláknina se stanoví jako zbytek buněčných stěn (celulóza, hemicelulóza a lignin), který se získá po hydrolýze vzorku za varu v neutrálním roztoku laurylsulfátu sodného [67].

Již zcela nestravitelnou složkou ADF je acido-detergentní lignin. Je to tedy zbytek hmoty, která zůstane po rozpuštění celulózy a jiných organických látek obsažených v ADF působením 72 % H_2SO_4 [68].

Technika Southgate (1976) se zabývá stanovením rozpustné i nerozpustné vlákniny. Tato metoda zahrnuje i stanovení obsahu ligninu. Jednou z nevýhod bývá neúplné odstranění škrobu z některých potravin [14].

V roce 1982 O. Theander a P. Aman vynalezli metodu, která poskytuje jednu z nejlepších dostupných technik pro stanovení celkové, rozpustné a nerozpustné vlákniny. Tato metoda však neodděluje celulózu od nerozpustných polysacharidů, které celulózu neobsahují [14].

Další metody, které se využívají ke stanovení vlákniny jsou metody enzymatické. Principem těchto metod je postupná degradace rostlinných materiálů vlákniny celulolytickými, amylolytickými a hydrolytickými enzymy. Jedná se tedy o simulaci průběhu trávení v zaživacím traktu [69]. Jako první začali využívat enzymy R. D. Williams a W. D. Olmsted v roce 1935. Pro odstranění škrobu a proteinu byl použit pankreatin (směs enzymů produkovaných ve slinivce břišní [70]), následovala kyselá hydrolýza a stanovení jednotlivých cukerných frakcí [64].

V roce 1975 Hellendoor a kol. využívali pepsin pro hydrolyzu proteinu a pankreatin pro následnou hydrolyzu škrobu. Izraelsen zase používal pro separaci vlákniny pepsin, pankreatin a teplotně stabilní α -amylázu [64].

V roce 1985 L. Prosky a kol. vyvinul enzymaticko-gravimetrickou metodu na stanovení celkové vlákniny (TDF-Total Dietary Fiber). Princip metody byl založen na rozpuštění jednoduchých cukrů 78 % ethanolem a odstranění škrobu pomocí α -amylázy a amyloglukosidázy [64]. Vzorek byl želatinizovaný termostabilní α -amylázou ve vroucí vodě po dobu 15 minut. Poté byl enzymaticky štěpen proteázou (60 °C, pH 7,5, 30 min) pro odstranění proteinu. V dalším kroku proběhla inkubace amyloglukosidázou (60 °C, pH 4,5, 30 min) pro odstranění škrobu. Následovala filtrace, byl promyt vodou, 95 % ethanolem a acetonem. Poté byl vzorek vysušen, zvážen a stanovena nerozpustná vláknina. K filtrátu byl přidán ethanol, sraženina byla přefiltrována a promyta 80 % ethanolem a acetonem. Zbytek byl vysušen, zvážen a stanovena rozpustná vláknina. Od nerozpustného zbytku bylo nutné odečíst bílkoviny, které se nerozrušily působením proteázy a popel. Celková vláknina byla stanovena jako součet nerozpustné a rozpustné vlákniny [71]. Tato metoda byla přijata jako oficiální metoda pro analýzu vlákniny a následně byla přijata AOAC (Association of Official Analytical Chemists) jako metoda AOAC 985.29. Metoda je relativně rychlá [72].

Stanovení obsahu vlákniny metodami schválenými AOAC jsou velmi důležitá především ve Spojených státech amerických. Úřadu pro kontrolu potravin a léčiv (FDA-Food and Drug Administration) jsou předávány informace, jestli daná potravina obsahuje vlákninu. Tato informace se pak uvádí na etikety. V Evropě se běžně používají ke stanovení analytické postupy jako je metoda Uppsala, která je popsána níže v kapitole o enzymaticko-chemických metodách (přijata AOAC jako 994.13) a Englystova metoda [73]. Englystova metoda stanovuje vlákninu jako neškrobové polysacharidy. V této metodě je zahrnuta enzymatická hydrolyza škrobu, vysrážení neškrobových polysacharidů v ethanolu, jejich kyselá hydrolyza a následné měření uvolněných složek neškrobových polysacharidů. To je provedeno buď plynovou chromatografií, vysokoučinnou kapalinovou chromatografií nebo kalorimetricky [74].

4.2. Metody stanovení vlákniny v potravinách

Metody stanovení vlákniny v potravinách prošly během posledních let rozsáhlým vývojem. V současné době je nejrozšířenější a nejpoužívanější metoda enzymaticko-gravimetrická Proskyho metoda, jejíž postup je doporučený a schválený v nejméně 10 zemích (např. i v USA). Další velmi rozšířenou metodou je enzymaticko-chemická Englystova metoda, která je oficiální metodou ve Velké Británii [75].

Pro běžná stanovení vlákniny a jejich složek v potravinách byly vypracovány tři základní skupiny metod [62]:

- 1) Neenzymaticko-gravimetrické
- 2) Enzymaticko-gravimetrické
- 3) Enzymaticko-chemické
 - a. enzymaticko-kolorimetrické
 - b. enzymaticko-chromatografické (GLC/HPLC)

4.2.1. Neenzymaticko-gravimetrická metoda

Tato metoda patří k nejstarší a nejčastěji používané metodě [76]. U většiny potravin však tato metoda nezachytává značnou část potravinové vlákniny. V této metodě je zahrnuté stanovení hrubé vlákniny, kterou tvoří celulóza, lignin a hemicelulózy [62]. Je zde zahrnuta i Van Soest metoda, která se používá pro stanovení acido-detergentní vlákniny a která stanovuje vlákninu jako sumu ligninu, celulózy a kyselý detergentní vlákniny. Touto metodou se také stanovuje neutrálně-detergentní vláknina, která stanovuje vlákninu jako sumu ligninu, celulózy a neutrálně detergentní hemicelulózy. Patří sem i metoda podle Henneberga a Stohmanna, která je popsána na začátku této kapitoly. Neenzymaticko-gravimetrická metoda neměří složky, které jsou rozpustné ve vodě, a proto neudává obsah dietní vlákniny [76].

4.2.2. Enzymaticko-gravimetrická metoda

Tato metoda byla vyvinuta v 80. letech [62]. Ze začátku se tato metoda používala pro stanovení celkové vlákniny, ale později byla upravena a mohla být použita i pro stanovení rozpustné a nerozpustné vlákniny. Důležitým pro tuto metodu je enzymatické odstranění škrobu enzymatickou fragmentací na jednoduché sacharidy a proteinu [76]. Při stanovení celkové dietní vlákniny jsou použity 2 podíly vzorku, které jsou vařeny při 100 °C s termostabilní α -amylázou, aby bylo dosaženo želatinace, hydrolýzy a depolymerace škrobu. Dále jsou pak podíly vzorku inkubovány s proteázou při 60 °C, aby došlo k depolymeraci proteinů a s amyloglukosidázou pro hydrolýzu škrobu na glukózu. Pro vysrážení rozpustné vlákniny a odstranění depolymerizovaných látek proteinů a glukózy se ke vzorkům přidá ethanol. Zbytek je přefiltrován, promyt 78 % ethanolem, 95 % ethanolem, acetonem, vysušen a zvážen. Jeden duplikát je použit pro stanovení proteinu a druhý podíl se inkubuje při 525 °C pro stanovení popela. Po odečtení hmotnosti proteinu a popela od hmotnosti zfiltrovaného a vysušeného vzorku získáme hmotnost celkové vlákniny [77].

Za pomoci enzymaticko-gravimetrické metody lze stanovit polysacharidy, lignin, některé rezistentní škroby a vosky. Naproti tomu oligosacharidy se touto metodou stanovit nedají. Okhuma, Matsuda, Katta, Tsuji a později i Gordon a Okuma však vyvinuli metodu, která je založena na metodě od Leehe a Proskyho a zahrnuje už i stanovení nestrávitelných oligosacharidů. Principem je, že rozpustná frakce vlákniny je složena z rozpustné vlákniny s vysokou molekulovou hmotností. Po vysrážení ethanolem se filtrát stanovuje kapalinovou chromatografií a stanoví se rozpustná vláknina obsahující sacharidy s nízkou molekulovou hmotností, tj. oligosacharidy [76].

4.2.3. Enzymaticko-chemická metoda

Metoda vychází z principů metody podle Southgate. Dietní vláknina je zde stanovována jako neškrobový polysacharid. Prvním krokem je enzymatická hydrolyza škrobu s následným vysrážením neškrobových polysacharidů v ethanolu, kyselou hydrolyzou neškrobových polysacharidů a měřením uvolněných složek cukrů, které se stanoví pomocí plynové rozdělovací chromatografie (GLC-gas-liquid chromatography), vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC-high performance liquid chromatography) nebo kalorimetrií (slouží k měření tepla) [74].

Patří sem i metoda podle Uppsala, při které se stanovuje množství neutrální cukrů, zbytků uronových kyselin a tzv. Klason ligninu (nerozpustný zbytek po odstranění popela kyselou hydrolyzou rostlinných tkání). Principem je stanovení celkové vlákniny (nerozpustná a rozpustná) po odstranění škrobu, který se vysráží 80 % ethanolem. Poté je nerozpustná a rozpustná vláknina hydrolyzována kyselinou sírovou. Neutrální cukry jsou stanoveny pomocí plynové chromatografie, kalometricky jsou stanoveny uronové kyseliny a gravimetricky Klason lignin [74, 78, 79].

Při stanovení vlákniny mohou nastat různé chyby. Častým zdrojem chyb je vynechání proteázy do postupu a tím se vynechá enzymatické štěpení. Další chybou může být srážení ethanolem. Toto srážení může zahrnovat dva možné zdroje chyb. Prvním zdrojem chyb je koprecipitace nevlákninových složek. To znamená, že se vysráží i látky, které nejsou součástí vlákniny. Druhým zdrojem chyb je neúplné vysrážení složek rozpustné vlákniny (např. pektiny). Třetí chybou může být zahrnutí proteinů, popela a slepých pokusů ve zbytku vlákniny. Posledním zdrojem chyb je stanovení ligninu. Množství ligninu se stanoví jako zbytek po kyselé hydrolyze nerozpustné vlákniny. Někteří autoři však tvrdí, že tento zbytek neobsahuje pouze lignin, ale obsahuje i další nerozpustné složky po kyselé hydrolyze [80, 81, 82].

4.3. Analyzátoři pro stanovení vlákniny

V současné době se pro stanovení vlákniny využívají analyzátoři. Jejich výhodou je automatizace celého procesu a snížení nákladů na analýzu [83].

ANKOM²⁰⁰

ANKOM²⁰⁰ (Obr. 6) je analyzátor pro stanovení kyselé detergentní vlákniny, neutrální detergentní vlákniny a hrubé vlákniny v rostlinách, potravinách, krmivech, krmných směsích a podobných materiálech pomocí technologie filtračních sáčků. Přístroj je vhodný pro zpracování až 24 vzorků současně [84].

Do prázdného sáčku je navážen vzorek, důkladně je svařen a utěsněn. Sáček je propláchnut v uzavřené nádobě petroletherem, acetonem a nechán okapat a odvětrat. Sáčky jsou vloženy do nosiče a nosič se je dává do přístroje. Sáček je zalit kyselinou sírovou, přístroj se uzavře a zapne. Asi po 45 minutách je kyselina opatrně vypuštěna a sáček propláchnut vodou. Poté je nalit roztok hydroxidu sodného a přístroj se opět zapne. Po 45 minutách je hydroxid vypuštěn a sáček propláchnut vodou. Po přenesení sáčku do uzavíratelné nádoby je přelit acetonem, poté vyjmut a nechán okapat a oschnout. Následně je vložen do sušárny asi na 4 hodiny, ochlazen v exsikátoru a zvážen. Poté je vložen do spalovací misky a do muflové pece a spalován asi 2 hodiny. Sáček je zchlazen a opět zvážen. Ztráta váhy vyplývající ze zpopelnění odpovídá přítomnosti hrubé vlákniny v testovaném vzorku. Tímto postupem stanovíme hrubou vlákninu pomocí přístroje ANKOM²⁰⁰ [85].



Obrázek 6: ANKOM²⁰⁰ [67]

Fibertec™ 8000

Fibertec™ 8000 (Obr. 7) je plně automatizovaný systém pro stanovení hrubé vlákniny, neutrálně-detergentní vlákniny, kyselé detergentní vlákniny, acido-detergentního ligninu a souvisejících parametrů dle standardních referenčních metod jako je metoda dle Weende, van Soesta, v surovinách, které se používají v krmivech a finálních krmivářských výrobcích [86].

Výhodou tohoto laboratorního přístroje je to, že se vzorky nemusí nijak přenášet. Se vzorky se manipuluje odděleně ve standardních filtračních kelímcích, které jsou používány jako nedílná součást sestavy během extrakce, oplachování a filtrace a jako nádoby pro vzorek během vážení, sušení a spalování. Zbytky vzorku zůstávají v kelímku během celého postupu, aby se zabránilo přenosu vzorku a s tím spojenému riziku chyb [87].



Obrázek 7: Fibertec™ 8000 [86]

4.4. Získávání a využívání psyllia

Pravé psyllium je získáváno z osemení, což je vnější vrstva semene, která se namele a podrtí a vzniká čistá, bezbarvá směs s jemnou vůní [88]. Nazývá se psylliová slupka a má hydrokoloidní povahu [89].

Vzhledem k jeho fyzikálně-chemickým vlastnostem, nutričním vlastnostem, stabilitě při různých teplotách a hodnotách pH byly obsáhle studovány účinky psyllia při přidání jeho obsahu do pšeničné a bezlepkové mouky [47].

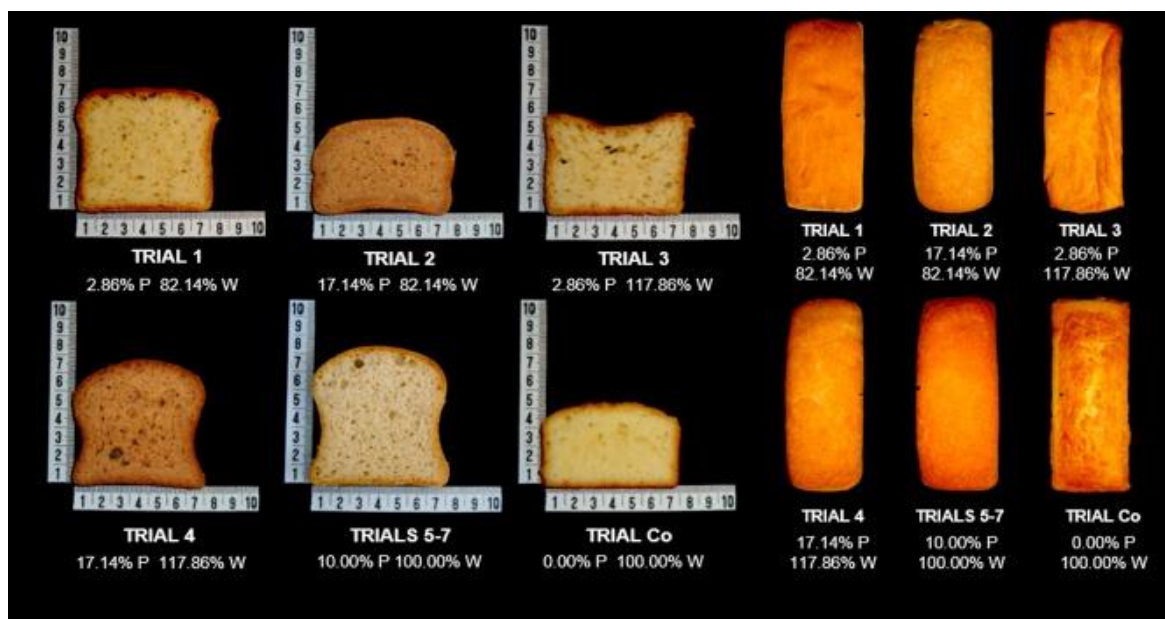
Výsledky několika studií dokazují, že po přidavku psyllia je zvýšena absorpce vody a je prokazatelně lepší zpracovatelnost těsta. Přídavek psyllia má také vliv na želatinaci škrobu a jeho retrogradaci. Psyllium také ovlivňuje objem bochníku chleba, jeho vzhled a strukturu. Může přispět i k delší trvanlivosti pečených výrobků [47].

4.4.1. Vliv přidavku psyllia do pekařských výrobků

Lidé trpící celiakií mají autoimunitní onemocnění způsobené celoživotní nesnášenlivostí lepku. Doporučenou léčbou bývá dodržování bezlepkové diety. Tito lidé mají obecně nízký příjem bílkovin a vlákniny, což je způsobené právě bezlepkovou dietou. Bezlepkové výrobky se často vyznačují nízkou nutriční hodnotou a smyslovou kvalitou oproti výrobkům z pšenice [90]. Proto byla vytvořena studie, jak může psyllium zlepšit obsah vlákniny bezlepkového chleba. Přidání psyllia může také vést ke snížení glykemické odezvy. To je důležité, protože celiakie je často spojena s diabetes mellitus I. typu [91].

Na obrázku 8 jsou zobrazeny bezlepkové chleby s různým množstvím psyllia a vody. Obsah psyllia v těstě se pohyboval v rozmezí od 2,86 % do 17,14 % a množství vody od 82,14 % do 117,96 %. Chléb s obsahem 2,86 % psyllia a 117,86 % vody měl vyšší ztráty při pečení, než chléb obsahující 82,14 % vody, a tím horší celkový vzhled. Důvodem je vliv přebytečné vody na střídku chleba a kůrku. Chléb s obsahem 17,14 % psyllia a 82,14 % vody měl hustší těsto, a proto kynutí těsta a následné pečení probíhalo obtížněji. Byl také horší i celkový vzhled bochníku. Zvýšením množství vody na 117,86 % byl zvýšen objem bochníku a celkově zlepšen vzhled [91].

Na obrázku 8 lze také pozorovat vzhled kůrky a střídky chleba. U pokusu č. 1, 4 a 5 je vidět lepší vzhled, zaoblený tvar bochníku a kůrka nebyla popraskaná. Pokus č. 2 a 3 měl zhoršenou strukturu střídky [91].



Obrázek 8: Vliv množství psyllia a vody na výslednou kvalitu bezlepkového chleba [91]

Studie ukázala, že přidavek psyllia zlepšil kvalitu bezlepkového chleba a je tedy dobré tuto vlákninu využívat. Přídavek psyllia zlepšil objem bochníku, střídka chleba byla měkčí a celkový vzhled byl také zlepšen. Nejoptimálnější forma chleba byla s obsahem 2,86 % psyllia a 82,14 % vody, protože splňovala kritéria přijatelnosti podobné jako u chlebů z pšeničné mouky. Obsah vlákniny byl navíc zvýšen z 2,5 % na 4,0 %. Jako další přijatelnou formou bezlepkového chleba je chléb s obsahem 17,14 % psyllia a 117,86 % vody. Obsah vlákniny je zde zvýšen až o čtyřnásobek [91].

V roce 2014 studie pod vedením A. Raymundo, P. Frandinho a M. C. Nunes zjišťovala vliv psyllia na texturní a reologické vlastnosti sušenek. Studie se zabývala přidáváním psyllia do výroby sušenek bez předchozích úprav. Sledovaly se texturní a reologické vlastnosti těsta a sušenek. Nejprve bylo připraveno těsto z mouky (od 39 % do 54 %), cukru (15 %), margarínu (14 %), vody (16 %), prášku do pečiva (1 %) a vlákniny psyllium (od 3 % do 15 %). Z těsta se vytvořily sušenky, které se upekly. Po vychladnutí byly uloženy do skleněných nádob a chráněny před světlem až do testování. Před stanoveními byly sušenky rozdrčeny [92].

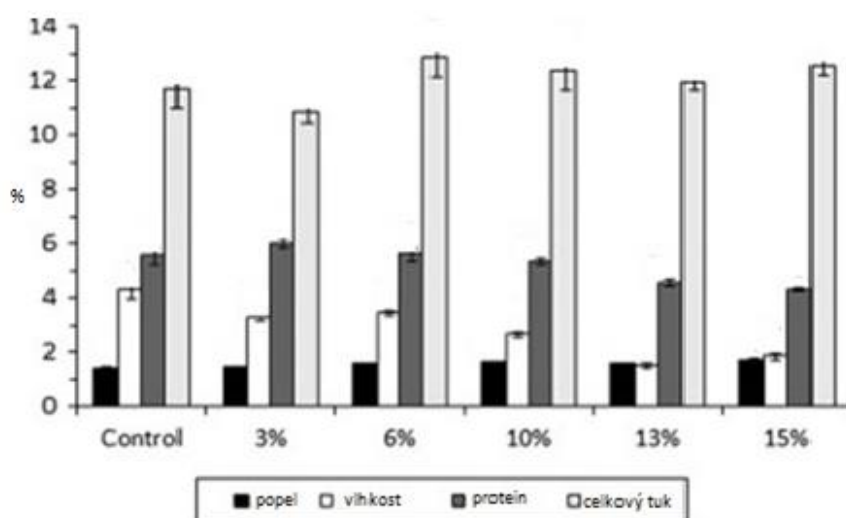
U sušenek se stanovovala vlhkost podle metody AOAC 935.29 a popel. Dále se stanovoval obsah tuků, proteinů a sacharidů. Podle metody AOAC 991.43 se stanovovala rozpustná, nerozpustná a celková vláknina v psylliu [92].

V tabulce 9 je popsáno, jak se liší fyzikálně-chemické složení pšeničné mouky a psyllia. Psyllium obsahuje mnohem nižší obsah bílkovin, ale naopak obsah popela a vlákniny je vyšší než u pšeničné mouky. Zejména obsah rozpustné vlákniny je u psyllia velmi vysoký [92].

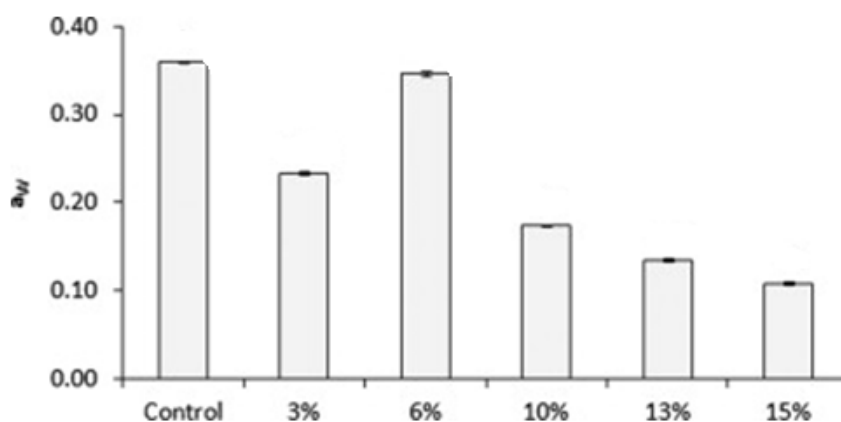
Tabulka 9: Fyzikálně-chemické složení psyllia a pšeničné mouky [92]

	Psyllium [%]	Pšeničná mouka [%]
Proteiny	1,38	9,03
Celkový obsah lipidů	0,95	1,44
Vlhkost	12,55	11,88
Popel	2,25	0,5
Sacharidy	82,87	77,15
Vláknina	71,42	16,4
Rozpustná vláknina	67,2	9,91
Nerozpustná vláknina	4,21	6,49

Na obrázku 9 je shrnuto, jaký vliv mělo přidávání psyllia do těsta. Lze vidět, že se mírně zvýšil obsah popela se zvýšením přídatku psyllia, což může být způsobeno minerálními látkami obsaženými v psylliu. Dále můžeme vidět mírný pokles obsahu proteinů se zvyšujícím se přídatkem psyllia. Vlhkost sušenky je výrazně vyšší bez přídatku psyllia, a to z důvodu vysoké absorpce vody psyllia (asi 17g vody/1 g psyllia). Vzhledem k tomu, že obsah tuku má pšeničná mouka i psyllium podobné, žádný významný rozdíl po přídatku psyllia do sušenek nenastal. Na obrázku 10 je vidět, že aktivita vody se značně snížila s přídatkem psyllia. To může přispívat k větší trvanlivosti sušenek obohacených o vlákninu [92].



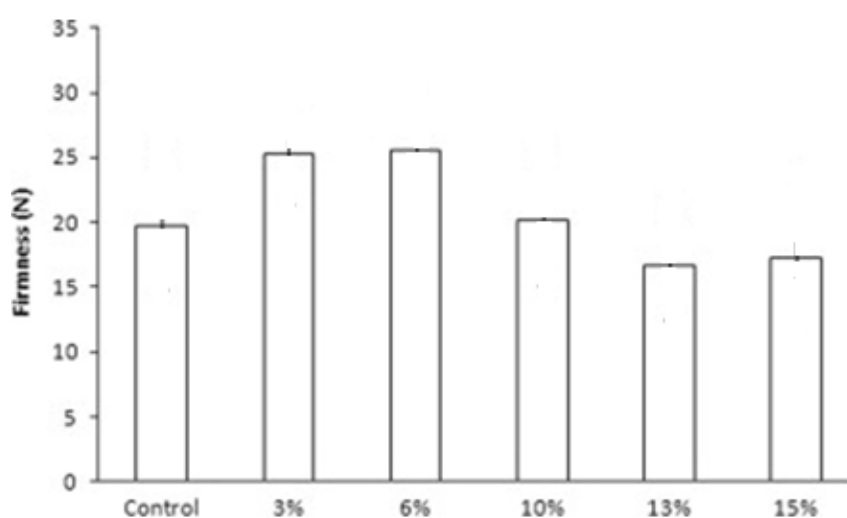
Obrázek 9: Vliv psyllia na obsah popela, vlhkosti, bílkovin a tuků po přidání do mouky v různých dávkách [92]



Obrázek 10: Vodní aktivita sušenek s různým obsahem psyllia [92]

Z hlediska tvaru sušenek bylo zjištěno, že čím více těsto obsahovalo psyllia, tím méně zachovávalo původní tvar. Studie také prokázala, že přidavkem psyllia dojde ke ztmavnutí sušenek. To může být zapříčiněno výraznějším neenzymatickým hnědnutím, protože vláknina obsahuje odlišné složení cukru než pšeničná mouka. Dalším důvodem může být, že psyllium je daleko tmavší než pšeničná mouka [92].

Na obrázku 11 je zobrazen vliv psyllia na pevnost sušenky. Sušenky byly nejpevnější, když bylo do těsta přidáno 3 % a 6 % psyllia. Přídavkem 13 % a 15 % psyllia byla pevnost sušenky podobná jako bez přídavku psyllia [92].



Obrázek 11: Vliv psyllia na pevnost sušenek [92]

Závěrem lze říci, že sušenky obohacené o psyllium mohou být považovány za výhodný způsob, jak zahrnout tuto vlákninu podporující zdraví do lidské výživy. Z důvodu vysoké absorpce vody se doporučuje obsah psyllia v těstě kolem 9 %. Výsledný vzhled sušenek se odráží od množství vlákniny [92].

5. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit vliv vlákniny, především rozpustné vlákniny, konkrétně pak psyllia, na lidský organismus. V první kapitole byla pozornost věnována rozdělení polysacharidů. Bylo vysvětleno, do jaké skupiny polysacharidů vláknina patří a stručný popis základních stavebních složek vlákniny.

V další kapitole byla popsána definice vlákniny. Existuje několik definic vlákniny, které se stále mění na základě přijatých nových poznatků o vláknině. Dále se kapitola zabývala rozdělením vlákniny na rozpustnou a nerozpustnou. Bylo uvedeno, jakými vlastnostmi se od sebou odlišují a jejich pozitivní vliv na lidské zdraví především jako prevence před různými nemocemi. Příjem vlákniny je v současné době u lidí daleko menší, než je doporučená denní dávka.

Práce se především zabývala popisem rozpustné vlákniny, získané ze slupek semen *Plantago ovata*, zvané jako psyllium. Byly popsány důležité vlastnosti psyllia na lidský organismus. Bylo zjištěno, že psyllium může hrát důležitou roli v léčbě některých civilizačních chorob jako jsou obezita, snížení LDL cholesterolu, chronická zácpa, diabetes mellitus II. typu i jako prevence střevních onemocnění. Pro lidi trpící celiakií je psyllium velmi užitečné. Jeho přidáním do bezlepkového těsta se zvýší příjem vlákniny. Ne však vždy je příjem psyllia spojen pouze s pozitivními účinky. Nedodržení pitného režimu může mít naopak za následek zácpu. Také na sebe váže i některé minerální látky, které pak naše tělo už nedokáže vstřebat a využít.

Závěrečná kapitola se zabývala možnostmi stanovení vlákniny. V kapitole byl popsán historický vývoj v oblasti stanovení vlákniny a rozdělení metod, které se pro stanovení vlákniny využívají v současné době. Metody byly popsány i s analyzátory, které se ke stanovení používají.

6. BIBLIOGRAFIE

- [1] SLUKOVÁ M, *Výroba potravin a nutriční hodnota*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-947-1.
- [2] LICHTENTHALER F.W, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry: Carbohydrates: Occurrence, Structures and Chemistry. *Wiley online library*. b.r. DOI: 10.1002/14356007.a05_079.pub2.
- [3] HOZA I, *Potravinářská biochemie I*. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011. ISBN 978-80-7318-936-5.
- [4] VORAGEN A. C. J., ROLIN C., MARR B. U., CHALLEN I., RIAD A., LEBBAR R. a KNUTSEN S. H., *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry: Polysaccharides*. b.r. DOI: 10.1002/14356007.a21_a25.pub2.
- [5] VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J., *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [6] WANG Q., WANG F., XU Z., DING Z., Bioactive Mushroom Polysaccharides: A Review on Monosaccharide Composition, Biosynthesis and Regulation. *Molecules.*, **22**(6), 2017. DOI: 10.3390/molecules22060955.
- [7] VODRÁŽKA Z., KRÁLOVÁ B., *Potravinářská biochemie: ... učebnice pro vysoké školy chemickotechnologické*. 2., dopln. a přeprac. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.
- [8] DONALD A. M., Polysaccharide Crystallization. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*. Elsevier, 2001, 7714-7718. DOI: 10.1016/B0-08-043152-6/01385-1.
- [9] PÁNEK J., *Základy výživy*. Praha: Svoboda Servis, 2002. ISBN 80-863-2023-5.
- [10] FERENČÍK M., *Biochémiá*. Bratislava: Slovak Academic Press, 2000. ISBN 80-88908-58-2.
- [11] GARRETT R. H., GRISHAM Ch. M., *Biochemistry: international edition*. 4th ed. Boston: Thomson Brooks/Cole, 2010. ISBN 978-0-495-11464-2.
- [12] ENGELKING L. R., Glycogen. *Textbook of Veterinary Physiological Chemistry*. Elsevier, 2015, 147-152. DOI: 10.1016/B978-0-12-391909-0.50023-2. ISBN 9780123919090.
- [13] BERG J. M., TYMOCZKO J. L., STRYER L., *Biochemistry: Glycogen Metabolism* [online]. New York, b.r. [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21190/>
- [14] DHINGRA D., MICHAEL M., RAJPUT H., PATIL R. T., Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*. **49**(3), 2012, 255-266. DOI: 10.1007/s13197-011-0365-5.
- [15] VOET D., VOET J. G., *Biochemie*. Praha: Victoria Publishing, 1995. ISBN 80-856-0544-9.
- [16] KODÍČEK M., *chitin.*, *Biochemické pojmy : výkladový slovník* [online]. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2019-07-03]. Dostupné z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002/ebook.html?p=chitin
- [17] FLUTTO L., PECTIN | Properties and Determination. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. Elsevier, 2003, 4440-4449. DOI: 10.1016/B0-12-227055-X/00901-9.
- [18] ČOPÍKOVÁ J., SYNYTSYA A., Polysacharidy, jejich význam a uplatnění. *Chemické listy* 99. b.r., **2005**(621), 621.

- [19] SINGH R.S., SINGH T., LARROCHE Ch., Biotechnological applications of inulin-rich feedstocks. *Bioresource Technology*. **273**, 2019, 641-653. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.11.031.
- [20] *Inulin* [online]. b.r. [cit. 2019-06-26]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Inulin.svg>
- [21] KOHOUT P., *Potraviny - součást zdravého životního stylu*. Olomouc: Solen, 2010. ISBN 978-80-87327-39-5.
- [22] CHAKRABORTY P., WITT T., HARRIS D., ASHTON J., STOKES J. R., SMYTH H. E., Texture and mouthfeel perceptions of a model beverage system containing soluble and insoluble oat bran fibres. *Food Research International*. **120**, 2019, 62-72. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.01.070.
- [23] Vlákna v dětském jídelníčku. *Výživa dětí* [online]. b.r. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://vyzivadeti.cz/zdrava-vyziva/tema-mesice/vlakhna-v-detskem-jidelnicku/>
- [24] PEN J. J., KHOROSHEVA G., VAN DE VELDE U., DEBROYE C., HUYGHEBAERT A., ROTTIERS R., KEYMEULEN. B., Zústo: A new sweetening agent with low glycemic index. *Clinical Nutrition ESPEN*. **23**, 2018. DOI: 10.1016/j.clnesp.2017.11.009.
- [25] PFEIFFER A. F. H., KEYHANI-NEJAD F., *High Glycemic Index Metabolic Damage – a Pivotal Role of GIP and GLP-1*. **29(5)**, 2018, 289-299. DOI: 10.1016/j.tem.2018.03.003.
- [26] LATTIMER J. M., HAUB M. D., Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. *Nutrients*. **2(12)**, 2010, 1266-1289. DOI: 10.3390/nu2121266.
- [27] Physiological Effects of Dietary Fibre. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [online]. b.r. [cit. 2019-06-27]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/w8079e/w8079e0l.htm>
- [28] TAN C., WEI H., ZHAO X., XU Ch., PENG J., *Effects of dietary fibers with high water-binding capacity and swelling capacity on gastrointestinal functions, food intake and body weight in male rats*. **61(1)**, 2017. DOI: 10.1080/16546628.2017.1308118.
- [29] KALÁČ P., Výživa a potraviny 6: Soudobý pohled na vlákninu potravy. *Společnost pro výživu* [online]. b.r. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <http://www.vyzivaspol.cz/wp-content/uploads/2015/09/vyziva-6-2008.pdf>
- [30] BENEŠOVÁ L., *Potravinářství 91*. Praha: Středisko potravinářských informací, 1991. ISBN 80-85120-26-7.
- [31] ČEGAN A., KORECKÁ L., *Obecná a potravinářská biochemie pro bakalářské studium* [online]. Univerzita Pardubice, 2010 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: https://www.upce.cz/sites/default/binary_www_old/fcht/kbbv/ofbb/veda/skripta-potr-biochem.pdf
- [32] JANE M., MCKAY J., PAL S., Effects of daily consumption of psyllium, oat bran and polyGlycopleX on obesity-related disease risk factors: A critical review. *Nutrition*. **57**, 2019, 84-91. DOI: 10.1016/j.nut.2018.05.036.
- [33] SLAVIN J., Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. *Nutrients*. **5(4)**, 2013, 1417-1435. DOI: 10.3390/nu5041417.
- [34] SLUKOVÁ M., Sacharidy obilovin a obilná vláknina. *Žitné centrum* [online]. b.r. [cit. 2019-06-22]. Dostupné z: <https://www.zitnecentrum.cz/2016/01/05/sacharidy-obilovin-a-obilna-vlakhna/>
- [35] NIU Y., XIA Q., JUNG W., YU L., Polysaccharides-protein interaction of psyllium and whey protein with their texture and bile acid binding activity. *International Journal of Biological Macromolecules*. **126**, 2019, 215-220. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.221.

- [36] Jitrocel indický, Jitrocel vejčitý (*Plantago ovata*). *Bylinná lékárna* [online]. Plzeň, b.r. [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <https://www.bylinnalekarna.cz/jitrocel-indicky-jitrocel-vejcity-plantago-ovata>
- [37] RAHIMI M., NAZARI L., KORDROSTAMI M., SAFARI P., SCoT marker diversity among Iranian *Plantago* ecotypes and their possible association with agronomic traits. *Scientia Horticulturae*. **233**, 2018, 302-309. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.01.009.
- [38] WEI Z-h., WANG H., CHEN X-y., WANG B-s., RONG Z-x., WANG B-s., SU B-h., CHEN H-z., Time- and dose-dependent effect of psyllium on serum lipids in mild-to-moderate hypercholesterolemia: a meta-analysis of controlled clinical trials. *European Journal of Clinical Nutrition*. **63**(7), 2009, 821-827. DOI: 10.1038/ejcn.2008.49.
- [39] Psyllium. *New Crop Resource Online Program* [online]. b.r. [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/psyllium.html>
- [40] SHAHRIARI Z., HEIDARI B., DADKHODAIE A., RICHARDS Ch. M., Analysis of karyotype, chromosome characteristics, variation in mucilage content and grain yield traits in *Plantago ovata* and *P. psyllium* species. *Industrial Crops and Products*. **123**, 2018, 676-686. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.07.009.
- [41] BAGHERI S. M., ZARE-MOHAZABIEH F., MOMENI-ASL H., YADEGARI M., MIRJALILI A., ANVARI M., Antiulcer and hepatoprotective effects of aqueous extract of *Plantago ovata* seed on indomethacin-ulcerated rats. *Biomedical Journal* [online]. **41**(1), 2018, 41-45. DOI: 10.1016/j.bj.2018.01.001.
- [42] *Plantago ovata* Forssk. *Flora of Israel Online: Analytical flora* [online]. b.r. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://flora.org.il/en/plants/PLAOVA/>
- [43] ABOUT PSYLLIUM PRODUCT. *Abhyuday industries* [online]. b.r. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: http://www.abhyudaypsyllium.com/all_psyllium_product.php
- [44] PAWAR H., VARKHADE Ch., Isolation, characterization and investigation of *Plantago ovata* husk polysaccharide as superdisintegrant. *International Journal of Biological Macromolecules*. **69**, 2014, 52-58. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2014.05.019.
- [45] RAMAVANDI B., Treatment of water turbidity and bacteria by using a coagulant extracted from *Plantago ovata*. *Water Resources and Industry*. **6**, 2014, 36-50. DOI: 10.1016/j.wri.2014.07.001.
- [46] RAO M. R. P., WARRIER D. U., GAIKWAD S. R., SHEVATE P. M., Phosphorylation of psyllium seed polysaccharide and its characterization. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. **85**, 2016, 317-326. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.12.043.
- [47] PEJ CZ E., SPYCHAJ R., WOJCIECHOWICZ-BUDZISZ A., GIL Z., The effect of *Plantago* seeds and husk on wheat dough and bread functional properties. *LWT* . **96**, 2018, 371-377. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.05.060.
- [48] TÓTH A., HALÁSZ K., Characterization of edible biocomposite films directly prepared from psyllium seed husk and husk flour. *Food Packaging and Shelf Life*. **20**, 2019. DOI: 10.1016/j.fpsl.2019.01.003.
- [49] PAL S., MCKAY J., JANE M., HO S., Using Psyllium to Prevent and Treat Obesity Comorbidities. *Nutrition in the Prevention and Treatment of Abdominal Obesity*. Elsevier, 2019, s. 245-260. DOI: 10.1016/B978-0-12-816093-0.00019-7.
- [50] BRUM J. M., GIBB R. D., PETERS J. C., MATTES R. D., Satiety effects of psyllium in healthy volunteers. *Appetite*. **105**, 2016, 27-36. DOI: 10.1016/j.appet.2016.04.041.
- [51] THEUWISSEN E., MENSINK R. P., Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & Behavior*. **94**(2), 2008, 285-292. DOI: 10.1016/j.physbeh.2008.01.001.

- [52] BRUM J., RAMSEY D., MCRORIE J., BAUER B., KOPECKY S. L., Meta-Analysis of Usefulness of Psyllium Fiber as Adjuvant Antilipid Therapy to Enhance Cholesterol Lowering Efficacy of Statins. *The American Journal of Cardiology*. **122**(7), 2018, 1169-1174. DOI: 10.1016/j.amjcard.2018.06.040.
- [53] HEFNY A. F., AYAD A. Z., MATEV N., BASHIR M. O., Intestinal obstruction caused by a laxative drug (Psyllium): A case report and review of the literature. *International Journal of Surgery Case Reports*. **52**, 2018, 59-62. DOI: 10.1016/j.ijscr.2018.10.001.
- [54] JALANKA J., MAJOR G., MURRAY K. et al., The Effect of Psyllium Husk on Intestinal Microbiota in Constipated Patients and Healthy Controls. *International Journal of Molecular Sciences*. **20**(2), 2019. DOI: 10.3390/ijms20020433.
- [55] HOSSEINI M., SALARI M., SALARI R., Psyllium seed may be effective in the treatment of gastroesophageal reflux disease (GERD) in patients with functional constipation. *Journal of Medical Hypotheses and Ideas*. **9**(2), 2015, 4-7. DOI: 10.1016/j.jmhi.2015.11.002.
- [56] KHAN K., JOVANOVSKEI E., HO H. V. T., MARQUES A. C. R., ZURBAU A., MEJIA S. B., SIEVENPIPER J. L., VUKSAN V., The effect of viscous soluble fiber on blood pressure: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. **28**(1), 2018, 3-13. DOI: 10.1016/j.numecd.2017.09.007.
- [57] SARTORE G., REITANO R., BARISON A. et al. The effects of psyllium on lipoproteins in type II diabetic patients. *European Journal of Clinical Nutrition*. **63**(10), 2009, 1269-1271. DOI: 10.1038/ejcn.2009.60. ISSN 0954-3007.
- [58] BLISS D. Z., JUNG H.-J., SAvIK K., LOWRY A., LEMOINE M., JENSEN L., WERNER Ch., SCHAFFER K., Supplementation With Dietary Fiber Improves Fecal Incontinence. *Nursing Research*. **50**(4), 2001, 203-213. DOI: 10.1097/00006199-200107000-00004.
- [59] SINGH B., CHAUHAN N., Dietary fiber psyllium based hydrogels for use in insulin delivery. *International Journal of Diabetes Mellitus*. **2**(1), 2010, 32-37. DOI: 10.1016/j.ijdm.2009.12.014.
- [60] FEINGLOS M. N., GIBB R. D., RAMSEY D. L., SURWIT R. S., MCRORIE J. W., Psyllium improves glycemic control in patients with type-2 diabetes mellitus. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. **1**(2), 2013, 156-161. DOI: 10.1016/j.bcdf.2013.02.003.
- [61] WÄRNBERG J., MARCOS A., BUENO G., MORENO L. A., FUNCTIONAL BENEFITS OF PSYLLIUM FIBER SUPPLEMENTATION. *CURRENT TOPICS IN NUTRACEUTICAL RESEARCH* [online]. b.r., (7), 55-63 [cit. 2019-05-12]. ISSN 1540-7535. Dostupné z: https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=E316Ulz4NBjDGlgPtsE&page=2&doc=18&cacheurlFromRightClick=no
- [62] KOVÁČIKOVÁ E., VOJTAŠŠÁKOVÁ A., MOSNÁČKOVÁ J., PASTOROVÁ J., HOLČÍKOVÁ K., SIMONOVÁ E., KOŠICKÁ M., Vlákna v potravinách. *Národní poľnohospodárske a potravinárske centrum: Výskumný ústav potravinársky* [online]. Bratislava, 2003 [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <http://www.vup.sk/index.php?mainID=1&navID=43&start>
- [63] KOPÁČOVÁ O., *Vlákna potravy a nutriční hodnota potravin* [online]. Praha: Výzkumný ústav potravinářský Praha, b.r. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <http://www.agroporadenstvi.cz/service.asp?act=print&val=31558>

- [64] KRČOVÁ S., PYROCHTA V., *Význam vlákniny ve výživě a krmení hospodářských zvířat*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, b.r.
- [65] ŠTERCOVÁ E., STRAKOVÁ E., RUSNÍKOVÁ L., HUDEČKOVÁ P., Chemická analýza krmiv. *DOCPLAYER* [online]. b.r. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16420272-Chemicka-analyza-krmiv.html>
- [66] DAVÍDEK J., *Laboratorní příručka analýzy potravin*. 2., nezm. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981. ISBN (váz.).
- [67] ŠTERCOVÁ E., STRAKOVÁ E., RUSNÍKOVÁ L., HUDEČKOVÁ P., Stanovení obsahu vlákniny. *Chemická analýza krmiv* [online]. 2012 [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: https://fvhe.vfu.cz/static/informace-o-fakulte/sekce-ustavy/uvv/chemicka_analyza_krmiv/metodiky/adfndf.pdf
- [68] ZBÍRAL J., *Jednotné pracovní postupy - zkoušení krmiv* [online]. b.r. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/246177/_10070._1_Stanoveni_obsahu_ADF_ADL_a_vy_pocet_obsahu_hrube_celulozy.pdf
- [69] JANČÁROVÁ M., *Stanovení vlákniny v cereálních výrobcích*. Zlín, 2009. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [70] Pankreatin. *Velký lékařský slovník* [online]. b.r. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <http://lekarske.slovniky.cz/pojem/pankreatin>
- [71] YAICH H., GARNA H., BCHIR B., BESBES S., PAQUOT M., RICHEL A., BLECKER Ch., ATTIA H., Chemical composition and functional properties of dietary fibre extracted by Englyst and Prosky methods from the alga *Ulva lactuca* collected in Tunisia. *Algal Research*. **9**, 2015, 65-73. DOI: 10.1016/j.algal.2015.02.017.
- [72] *Dietary Reference Intakes Proposed Definition of Dietary Fiber: Development and Evolution of Methods Used to Extract and Measure Dietary Fiber* [online]. b.r. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <https://www.nap.edu/read/10161/chapter/10>
- [73] TUROWSKI M., DESHMUKH B., HARFMANN R., CONKLIN J., LYNCH S., A method for determination of soluble dietary fiber in methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose food gums. *Journal of Food Composition and Analysis*. **20**(5), 2007, 420-429. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.09.006.
- [74] ENGLYST H. N., HUDSON G. J., The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chemistry*. **57**(1), 1996, 15-21. DOI: 10.1016/0308-8146(96)00056-8.
- [75] MAÑAS E., BRAVO L., SAURA-CALIXTO F., Sources of error in dietary fibre analysis. *Food Chemistry*. **50**(4), 1994, 331-342. DOI: 10.1016/0308-8146(94)90201-1.
- [76] ELLEUCH M., BEDIGIAN D., ROISEUX O., BESBES S., BLECKER Ch., ATTIA H., Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. *Food Chemistry*. **124**(2), 2011, 411-421. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077.
- [77] TOTAL DIETARY FIBER: ASSAY PROCEDURE. *MEGAZYME* [online]. b.r. [cit. 2019-06-19]. Dostupné z: https://secure.megazyme.com/files/booklet/k-tdfr_data.pdf
- [78] CHEN ., Lignocellulose biorefinery feedstock engineering. *Lignocellulose Biorefinery Engineering*. Elsevier, 2015, 37-86. DOI: 10.1016/B978-0-08-100135-6.00003-X.
- [79] THEANDER O., AMAN P., WESTERLUND E., GRAHAM H., *Enzymatic/chemical analysis of dietary fiber* [online]. b.r., **77**(3), 703-709 [cit. 2019-06-19]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7516754>
- [80] MAÑAS E., BRAVO L., SAURA-CALIXTO F., Sources of error in dietary fibre analysis. *Food Chemistry*. **50**(4), 1994, 331-342. DOI: 10.1016/0308-8146(94)90201-1.

- [81] *DIETARY FIBRE CONTENT AND EFFECT OF CEREAL PROCESSING TECHNOLOGY: Obilná vláknina: vlastnosti, funkce a význam* [online]. b.r. [cit. 2019-06-21]. Dostupné z: http://www.ctpp.cz/data/files/Prezentace_vlknina.pdf
- [82] MAÑAS E., Ethanol precipitation: A source of error in dietary fibre determination. *Food Chemistry*. **47**(4), 1993, 351-355. DOI: 10.1016/0308-8146(93)90176-G.
- [83] ANKOM 2000 Automated Fiber Analyzer. *ANKOM Technology* [online]. b.r. [cit. 2019-07-02]. Dostupné z: <https://www.ankom.com/product-catalog/ankom-2000-automated-fiber-analyzer>
- [84] ANKOM200 Fiber Analyzer. *INTERTEC* [online]. b.r. [cit. 2019-06-21]. Dostupné z: <https://www.laboratorneprirotoje.sk/stanovenie-vlkniny/455-Stanovenie-vlkniny.html>
- [85] Stanovení hrubé vlákniny. *Stanovení obsahu vlákniny* [online]. b.r. [cit. 2019-06-21]. Dostupné z: https://fvhe.vfu.cz/static/informace-o-fakulte/sekce-ustavy/uvv/chemicka_analyza_krmiv/metodiky/hrubavlaknina.pdf
- [86] Fibertec 8000. *MILCOM servis a.s.* [online]. b.r. [cit. 2019-06-21]. Dostupné z: <http://www.milcomservis.cz/index.php/laboratorni-pristroje/krmivo/fibertec-8000-detail>
- [87] Fibertec™ 8000. *FOSS* [online]. Dánsko, b.r. [cit. 2019-06-21]. Dostupné z: <https://www.fossanalytics.com/en/products/fibertec-8000>
- [88] Psyllium - Plantago ovata. *Salvia paradise shop* [online]. b.r. [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: https://www.salviaparadise.cz/herbar-rostlin-psyllium-plantago-ovata-c-736_884.html
- [89] AHMADI R., KALBASI-ASHTARI A., OROMIEHIE A., YARMAND M-S., JAHANDIDEH F., Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (*Plantago ovata* Forsk). *Journal of Food Engineering*. **109**(4), 2012, 745-751. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.11.010.
- [90] CAPPACAPPA C., LUCISANO M., MARIOTTI M., Influence of Psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality. *Carbohydrate Polymers*. **98**(2), 2013, 1657-1666. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.08.007.
- [91] FRATELLI C., MUNIZ D. G., SANTOS F.G., CAPRILES V. D., Modelling the effects of psyllium and water in gluten-free bread: An approach to improve the bread quality and glycemic response. *Journal of Functional Foods*. **42**, 2018, 339-345. DOI: 10.1016/j.jff.2018.01.015.
- [92] RAYMUNDO A., FRADINHO P., NUNES M. C., Effect of Psyllium fibre content on the textural and rheological characteristics of biscuit and biscuit dough. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. **3**(2), 2014, 96-105. DOI: 10.1016/j.bcdf.2014.03.001.