



**UNIVERZITA KARLOVA**  
**I. lékařská fakulta**

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Nutriční terapeut

**RNDr. Zuzana Šmídová, Ph.D.**

Probiotika, prebiotika, synbiotika – jsou vůbec účinná?

Probiotics, prebiotics, synbiotics – are they really effective?

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Hana Pejšová

Praha, 2019

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem řádně uvedl/a a citoval/a všechny použité prameny a literatury. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím/~~Nesouhlasím~~ s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 25. 04. 2019.

ZUZANA ŠMÍDOVÁ

.....

Podpis

### **Identifikační záznam**

ŠMÍDOVÁ, Zuzana. Probiotika, prebiotika, synbiotika – jsou vůbec účinná? [Probiotics, prebiotics, synbiotics – are they really effective?]. Praha, 2019. 83 s., 1 příl. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, 3. interní klinika. Vedoucí práce Pejšová, Hana.

## **ABSTRAKT**

Probiotika a prebiotika tvoří důležitou součást naší stravy a mají řadu pozitivních účinků na lidský organizmus. Jejich kombinací vznikají synbiotika. Cílem práce bylo v teoretické části vytvořit ucelený přehled dosavadních poznatků na daná témata a v praktické části zjistit úroveň informovanosti lidí s ohledem na jejich výskyt a účinky.

V praktické části bylo využito dotazníkového šetření. Po vyhodnocení všech dotazníků bylo zjištěno, že nejvíce lidem je známá problematika probiotik, mnohem méně lidem prebiotik a velmi nízkému procentu respondentů téma synbiotik. Mléčné kysané výrobky konzumuje 88,3 % respondentů, nejčastěji 2-3 x týdně; zbytek, který je nekonzumuje, tak činí hlavně z důvodu nechuti anebo nějaké formy intolerance. Respondenti znají i jiné kvašené výrobky (zelí, zelenina), které ale konzumují mnohem méně často než kysané mléčné výrobky. Nejméně často konzumují doplňky stravy obsahující tyto látky.

Vzhledem k nízké informovanosti lidí o prebiotických a synbioticích by bylo vhodné zlepšit informovanost veřejnosti, co by určitě přispělo k jejich vyšší konzumaci, hlavně ve formě jejich potravinových zdrojů.

**klíčová slova:** probiotika, prebiotika, synbiotika, zakysané mléčné výrobky, doplňky stravy

## **ABSTRACT**

Probiotics and prebiotics constitute an important part of our nutrition and possess many positive effects on human organism. Synbiotics represent combination of both of them. The aim of the theses in the theoretical aspect was to create a systematic review of available knowledge on the given topics and in the practical part to assess the level of awareness on these topics with regard to their presence and effects.

In the practical part of the theses the questionnaire survey methodology was used. After evaluation of all answers it was found out that most people are familiar with the term probiotics, less people with the term prebiotics and the least respondents with the term synbiotics. Fermented dairy products are consumed by 88,3 % of respondents, mostly 2-3 times a week. The rest not consuming them indicated mostly the reasons of bad flavour or some form of intolerance . The respondents know also other fermented foods (sauerkraut, vegetables), however, these are less consumed than fermented dairy products. The least often the food supplements containing these substances are consumed.

Due to the low level of awareness on prebiotics and synbiotics it would be very appropriate to improve public awareness on the given topics in order to increase their consumption, mainly in the form of their natural food sources.

**keywords:** probiotics, prebiotics, synbiotics, fermented dairy products, food supplements

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda upřímně poděkovala vedoucí práce Ing. Haně Pejšové za zodpovědné vedení a cenné rady a připomínky. Rovněž děkuji mé rodině a všem, kteří mě v mém studiu i při vypracování bakalářské práce trpělivě podporovali.

## Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b><u>Úvod</u></b> .....  | <b>8</b>  |
| <b><u>1. Teoretická část</u></b> .....  | <b>9</b>  |
| <u>1.1. Probiotika</u> .....  | 9         |
| <u>1.1.1. Nejvíce používaná probiotika</u> .....  | 10        |
| <u>1.1.2. Lidská střevní mikrobiota a její změny v průběhu života</u> .....                         | 14        |
| <u>1.1.3. Vliv stravy na mikrobiotu</u> .....   | 18        |
| <u>1.1.4. Účinky probiotik</u> .....  | 20        |
| <u>1.1.5. Vliv probiotik na parametry metabolického syndromu</u> .....                              | 24        |
| <u>1.1.6. Mikrobiota a diabetes 2. typu</u> .....   | 26        |
| <u>1.2. Prebiotika</u> .....  | 29        |
| <u>1.2.1. Fyziologické účinky prebiotik a jejich vliv na parametry metabolického syndromu</u> ..... | 32        |
| <u>1.3. Synbiotika</u> .....  | 35        |
| <u>1.3.1. Vliv synbiotik na parametry metabolického syndromu</u> .....                              | 35        |
| <u>1.4. Shrnutí</u> .....   | 36        |
| <b><u>2. Praktická část</u></b> .....   | <b>38</b> |
| <u>2.1. Cíl práce</u> .....   | 38        |
| <u>2.2. Metodika výzkumu</u> .....  | 38        |
| <u>2.3. Charakteristika souboru</u> .....   | 38        |
| <u>2.4. Výsledky</u> .....  | 39        |
| <u>2.5. Diskuse</u> .....   | 59        |
| <b><u>3. Závěr</u></b> .....  | <b>62</b> |
| <b><u>4. Seznam použité literatury</u></b> .....  | <b>63</b> |
| Seznam zkratk.....  | 75        |
| Seznam grafů.....   | 76        |
| Seznam tabulek.....   | 77        |
| Seznam obrázků.....   | 78        |
| Seznam příloh.....  | 79        |

## Úvod

Téma zdravého způsobu stravování je dnes velmi aktuální. Výživa je významným determinantem zdraví. Společně s ostatními rizikovými faktory se tak podílí na současném nárůstu incidence chronických neinfekčních onemocnění. Vysoká spotřeba cukru, slazených

nápojů, zpracovaných potravin, nevhodná skladba tuků v jídelníčku, vysoká spotřeba soli, nízký podíl rostlinné stravy, ovoce, zeleniny a vlákniny, jsou faktory, které negativně ovlivňují zdraví populace. Obsah vlákniny ve stravě má vliv na složení střevní mikrobioty. Dnes je již známé, že střevní mikrobiota ovlivňuje zdraví člověka, a při západním způsobu výživy dochází ke změně jejího složení. Její složení se mění též s věkem a obecně závisí na mnoha faktorech, z nichž jedním je i pohybová aktivita jedince. I u některých nemocí, nejen trávicího traktu, byla pozorována změněná skladba mikrobioty.

Vzhledem k současnému způsobu života, kam patří i snížená míra pohybu a času na relaxaci a zvýšená míra stresu a pracovního vytížení, je výživa aspektem, jenž je nutné přizpůsobit danému způsobu života a zařadit do něj potraviny, které mají na zdraví pozitivní vliv. Jedním z nich jsou potraviny s obsahem probiotických bakterií a prebiotické vlákniny. Tyto potraviny by se měly stát každodennou součástí naší stravy. Pro ty, kteří z nějakého důvodu tyto potraviny nekonzumují, jsou k dispozici doplňky stravy s jejich obsahem. Tyto mají svoje opodstatnění v určitých případech nebo v určitých obdobích života, ale nemohou nahrazovat vyváženou stravu a pravidelnou konzumaci potravin, které tyto zdraví prospěšné látky přirozeně obsahují.

Základem výživy by tedy měla být vyvážená strava s obsahem přirozených, průmyslově nezpracovaných potravin, které zabezpečí dostatečný příjem makro a mikroživin, a též vlákniny a probiotických bakterií. Vzhledem k důležitosti daného tématu je důležitá osvěta v této oblasti, nejen výměnou informací v odborných kruzích, ale i pro širokou veřejnost.

# 1. Teoretická část

## 1.1. Probiotika

První definici probiotik formuloval Fuller v roce 1989: jsou to živé mikrobiální potravní a krmné doplňky, které působí příznivě na hostitele tím, že zlepšují jeho střevní mikrobiotu (Fuller, 1989). Dnes definujeme probiotika podobně: Probiotika jsou živé mikroorganismy, které podávané v adekvátních množstvích poskytují hostiteli zdravotní benefit (FAO/WHO, 2002). Podle této definice se jako probiotika označují jenom živé mikroorganismy (Reid a kol., 2003). Preparáty usmrcených buněk nebo částí buněk mohou však rovněž vykazovat pozitivní vliv na zdraví (Lau, 2014), a označují se jako postbiotika (Tsilingiri a Rescigno, 2013). Celý trávicí trakt je osídlený různými mikroorganismy. Jako probiotika se ale označují mikroorganismy, žijící v tlustém střevě člověka.

Aby mohl být daný mikroorganismus využitý jako probiotikum, musí splňovat kritéria vztahující se k bezpečnostním, funkčním a technologickým vlastnostem (Saarela a kol. 2000). Ideální probiotikum splňuje následující podmínky: je nepatogenní (je označován jako "bezpečný"), je hostitelsky specifický, je odolný vůči žaludeční kyselině a žluči, je schopný efektivní adheze na střevní epitel a (alespoň přechodně) kolonizovat intestinální trakt, působí antagonisticky na patogenní bakterie, má krátkou generační dobu, je schopný přežít podmínky zpracování, není genotoxický, je geneticky stabilní, je producentem kyseliny mléčné a má klinicky prokázané pozitivní zdravotní účinky (Pandey a kol., 2015; Saarela a kol., 2000). Z technologického hlediska je zásadní schopnost zachování životaschopnosti těchto mikroorganismů od procesu výroby až po ukončení expirační doby produktu (Kaur a kol., 2002).

Při evaluaci probiotik se postupuje podle následujících bodů: 1. Identifikace kmene (mikroorganismu), 2. Jeho charakterizace s ohledem na probiotické vlastnosti a bezpečnost, 3. Hodnocení zdravotních účinků v klinických studiích, 4. Přesné značení ohledně použitého mikroorganismu, jeho obsahu a účinnosti během celé doby použitelnosti.

Obecně probiotika pomáhají při střevních potížích: zácpách, průjmeh, nadýmání, uplatňují se i při léčbě střevních zánětů různého původu. Pomáhají snižovat riziko vzniku infekcí močových cest a pohlavního ústrojí, snižují hladinu sérového cholesterolu a příznivě působí při osteoporóze, při prevenci kolorektálního karcinomu, zánětlivých střevních onemocněních a též stimulují imunitní systém hostitelského organismu. Pomáhají při prevenci a úlevě od symptomů alergií a atopického ekzému u dětí a při prevenci infekcí respiračního traktu (de Vrese a Schrezenmeir, 2008; Rada, 2010). Dále bylo zjištěno, že alergie jsou spojeny se změnami skladby mikrobioty brzy po narození, kdy se často vyskytují klostridie a a chybí bifidobakterie; záleží i na druhovém složení bifidobakterií – častější prevalence alergií je spojeno s *Bifidobacterium longum*, méně často s *Bifidobacterium bifidum*. Výskyt alergií též snížilo podávání nepatogenní *Escherichia coli* po narození (Lodinová-Žádníková a kol., 2003). Jeden z nejdůležitějších účinků probiotik je, že zmírňují nežádoucí účinky antibiotik a zažívací potíže způsobené chemoterapií a radioterapií (Pandey a kol., 2015). U nádorových onemocnění mají spíše účinek preventivní než terapeutický (Rada, 2010). Velký význam mají u starších lidí, kdy s věkem narůstá počet nepříznivě působících bakterií a zároveň mikrobiotu seniorů narušuje užívání většího množství léků vzhledem k různým komorbiditám, kterými trpí.

Zdrojem probiotických bakterií jsou například kysané mléčné výrobky, nepasterovaná brynza, kysané zelí, fortifikované výrobky obsahující probiotika, ale i doplňky stravy, kde jsou probiotika přítomny v koncentrovaném stavu a jsou ve formě kapek, tablet, lyofilizovaných, případně sušených prášků v kapslích a sáčcích. Probiotika ve formě doplňků stravy nepatří

mezi léčiva, proto se na ně vztahuje legislativa pro potraviny.

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) dosud neschválil žádné zdravotní tvrzení, které se týká probiotik. Zdravotní tvrzení posuzuje vědecký tým složený z 21 uznávaných expertů, který obdržel 180 žádostí o schválení zdravotních tvrzení týkajících se probiotik. Deset tvrzení bylo hned zamítnuto a dalších 170 nebylo možné zhodnotit, protože nebylo možné identifikovat všechny složky zkoumaných výrobků a chyběl dostatek důkazů, které by podporovaly prospěšnost výhod zkoumaných probiotik pro zdraví. Závěr vědeckého týmu je, že prospěch probiotik nebyl prokázán a zdravotní tvrzení, že probiotika jsou dobrá pro zdraví, nelze používat (Anonym, 2015; EFSA, 2016).

Současná probiotika jsou již 4. generace, a jsou charakteristické tím, že představují čistou bakteriální kulturu ve formě biofilmu, tedy ve velmi podobné struktuře, v jaké jsou bakterie přítomné na střevní sliznici. Jsou odolnější vůči žaludeční kyselině (nizkému pH) i žluči, z čehož vyplývá dobré přežití při přechodu gastrointestinálním traktem, jsou stabilnější a schopné rychlého přilnutí na střevní sliznici. Biofilm – souvislá vrstva bakterií - vytváří na stěně střeva ochrannou bariéru. Během výroby vědci nahradili střevní sliznici speciální potravinářskými nosiči (Grossova a kol., 2017). Starší probiotika 1., 2. a 3. generace obsahují samostatné buňky, a mají následující charakteristiky: 1. generace - probiotika, kde bakteriální buňky nejsou nijak upravovány, 2. generace – enterosolventní probiotika, která jsou chráněná před kyselým pH žaludku, 3. generace – enkapsulovaná probiotika se zvýšenou stabilitou (Anonym, 2013). Enkapsulovaná (pektinové mikročástice obsahující *Lactobacillus acidophilus* La5 v/bez syrovátkového obalu) nebo imobilizovaná probiotika (*Lactobacillus* na bakteriální celulóze) přežívají v prostředí žaludku lépe než volné buňky (Fijalkowski a kol., 2016; Gebara a kol., 2013).

### 1.1.1. Nejvíce používaná probiotika

Probiotika se nachází v kysaných mléčných výrobcích, ve formě doplňků stravy a bývají i přidávány do náhradních kojeneckých výživ (Rada, 2010). Nejvíce užívané probiotické kmeny jsou rodu *Lactobacillus* a *Bifidobacterium* (Sanders a kol., 2013), konkrétně *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus reuteri*, bifidobakterie, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, dále *Bacillus coagulans*, *Escherichia coli* Nissle 1917, některé enterokoky, zejména *Enterococcus faecium* SF68, a kvasinky *Saccharomyces boulardii*, ale též kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* a plísně *Aspergillus oryzae* (Tabulka 1). Tyto mikroorganismy se přidávají do sýrů (bifidobakterie, propionové bakterie, laktobacily), kysaných mléčných výrobků (bifidobakterie, *Lactobacillus casei*), masných fermentovaných výrobků (bakterie mléčného kysání) a do náplní sušenek (*Enterococcus faecium*) (Rada, 2010). Jsou přidávány k potravinám buď samostatně anebo v kombinaci. Probiotické efekty jsou kmenovo-specifické. Určitý kmen může vykazovat jiné benefity když se použije samostatně a jiné zase v kombinaci. Některé studie poukázaly na vyšší účinnost probiotik, když byla použita v kombinaci (Chapman a kol., 2011). V probiotických potravinách a potravních doplňcích se využívají hlavně bifidobakterie a laktobacily, u kterých se též stanovuje celkový počet živých buněk u konce doby expirace. Testování probíhá podle IDF (International Dairy Federation) standardů a s použitím dalších metod. Z bifidobakterií se v kysaných mléčných výrobcích (Tabulka 1) nachází zejména druh *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, zatímco v lyofilizovaných výrobcích bývají zastoupeny také další druhy, jako *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidoacterium animalis* ssp. *lactis* a *Bifidobacterium bifidum*. Z laktobacilů bývají zastoupeny druhy *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* a *Lactobacillus casei* (Rada & Marounek, 2005).

Tabulka 1: Nejčastěji používané probiotické mikroorganismy (upraveno podle Rada a Marounek, 2005)

| Skupina                           | Druh, poddruh   |
|-----------------------------------|---|
| Bakterie mléčného kvašení         | <i>Enterococcus faecalis</i>                            |
|                                   | <i>Enterococcus faecium</i>                             |
|                                   | <i>Lactobacillus acidophilus</i>                        |
|                                   | <i>Lactobacillus brevis</i>                             |
|                                   | <i>Lactobacillus casei</i>                              |
|                                   | <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> |
|                                   | <i>Lactobacillus fermentum</i>                          |
|                                   | <i>Lactobacillus helveticus</i>                         |
|                                   | <i>Lactobacillus paracasei</i>                          |
|                                   | <i>Lactobacillus plantarum</i>                          |
|                                   | <i>Lactobacillus reuteri</i>                            |
|                                   | <i>Lactobacillus rhamnosus</i>                          |
|                                   | <i>Lactobacillus salivarius</i>                         |
|                                   | <i>Lactococcus lactis</i>                               |
|                                   | <i>Pediococcus pentosaceus</i>                          |
| <i>Streptococcus thermophilus</i> |   |
| Bifidobakterie                    | <i>Bifidobacterium bifidum</i>                          |
|                                   | <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. <i>lactis</i>      |
|                                   | <i>Bifidobacterium breve</i>                            |
|                                   | <i>Bifidobacterium infantis</i>                         |
|                                   | <i>Bifidobacterium longum</i>                           |
|                                   | <i>Bifidobacterium pseudolongum</i>                     |
|                                   | <i>Bifidobacterium thermophilum</i>                     |
| Ostatní bakterie                  | <i>Bacillus subtilis</i>                                |
|                                   | <i>Bacillus licheniformis</i>                           |
|                                   | <i>Bacillus mesentericus</i>                            |
|                                   | <i>Bacillus natto</i>                                   |
|                                   | <i>Bacillus cereus</i>                                  |
|                                   | <i>Bacillus toyoi</i>                                   |
|                                   | <i>Escherichia coli</i>                                 |
|                                   | <i>Clostridium butyricum</i>                            |
| Mikroskopické houby               | <i>Aspergillus oryzae</i>                               |
|                                   | <i>Candida pintolopesii</i>                             |
|                                   | <i>Saccharomyces cerevisiae</i>                         |

Doporučený postup pro výběr probiotika k použití do potravin zahrnuje identifikace a charakterizace mikroorganismu na úrovni rodu, druhu a kmene (molekulárně-genetické a fenotypové metody) a kmen musí být uložen v mezinárodní sbírce kultur. Dále následuje testování funkčních charakteristik testami *in vitro* a na zvířatech (rezistence na kyseliny, žluč, adherence na střevní epitel, produkce metabolitů), v dalším kroku je nutno prokázat bezpečnost a vyloučit patogenitu kultury (dvojitě-zaslepené, randomizované, placebem kontrolované

experimenty), a až pak následuje výroba probiotické potraviny se stanovením obsahu živých buněk a skladovacích podmínek (Rada, 2010). Na označení výrobku, který obsahuje probiotické mikroorganismy, musí být uvedeno označení rodu, druhu a kmene, a údaj o minimální koncentraci živých mikroorganismů do konce jeho záruční doby. Pro mléčné výrobky platí požadavek  $10^6$  v 1 g či 1 ml výrobku - tj. tzv. terapeutické minimum (Tabulka 2, Anonym; Rada, 2010), pro počet živých buněk obsažených v daném výrobku do konce doby expirace.

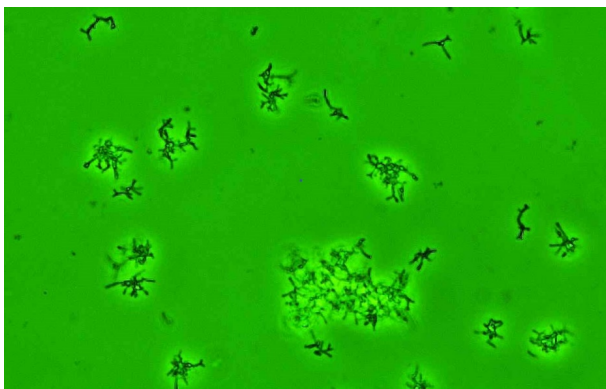
Tabulka 2. Mikrobiologické požadavky na jednotlivé mléčné výrobky a na druhy živých mikroorganismů mléčného kvašení v kysaných mléčných výrobcích (Anonym, Příloha č. 1 k vyhlášce č. 397/2016 Sb.).

| Druh výrobku   | Použité mikroorganismy   | Mléčná mikroflóra výrobku v 1 g                    |
|--|--|--|
| Kysané či zakysané mléčné výrobky dále neuvedené, např. kysané mléko, smetanový zákys, zakysané podmásli, zakysaná smetana, kysané mléčné nápoje | monokultury nebo směsné kultury bakterií mléčného kvašení  | $10^6$   |
| Acidofilní mléko   | <i>Lactobacillus acidophilus</i> a další mezofilní, příp. termofilní kultury bakterií mléčného kvašení   | $10^6$ <i>Lactobacillus acidophilus</i>            |
| Jogurty včetně jogurtového mléka   | protosymbiotická směs <i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i> a <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>   | $10^7$   |
| Kefír  | zákys připravený z kefírových zrn nebo kefírové kultury, jehož mikroflora se skládá z kvasinek zkvašujících laktózu <i>Kluyveromyces marxianus</i> i nezkvašujících laktózu <i>Sacharomyces unisporus</i> , <i>Sacharomyces cerevisiae</i> , <i>Sacharomyces exiguus</i> a dále <i>Leuconostoc</i> , <i>Lactococcus</i> a <i>Aerobacter</i> , rostoucí ve vzájemném společenství | bakterie mléčného kvašení $10^6$ a kvasinky $10^4$ |
| Kefírové mléko   | zákys skládající se z kvasinkových kultur rodu <i>Kluyveromyces</i> , <i>Torulopsis</i> nebo <i>Candida valida</i> a mezofilních a termofilních kultur bakterií mléčného kvašení v symbióze  | bakterie mléčného kvašení $10^6$ a kvasinky $10^2$ |
| Kysaný mléčný výrobek s bifidokulturou   | <i>Bifidobacterium</i> sp. v kombinaci s mezofilními a termofilními bakteriemi mléčného kvašení  | $10^6$ bifidobakterie                              |

Obsah probiotických bakterií (*Bifidobacterium*) byl testován například v doplňcích stravy v laboratoři Katedry mikrobiologie, výživy a dietetiky na České zemědělské univerzitě v Praze. Všechny sledované výrobky splňovaly normu (např. SPP, 2013).

Pro stanovení bifidobakterií se využívá Wilkins-Chalgrenův agar (s přidavkem mupirocinu a kyseliny octové) a pro stanovení laktobacilů se využívá MRS agar, nebo Rogosa agar. Celkový počet anaerobních mikroorganismů se stanovuje použitím BSK PCA (plate count agar) (GTK agar). Pro stanovení množství živých buněk jsou využívány např. metody RT-PCR, FISH, a pro

identifikaci jednotlivých druhů a kmenů např. sekvenze genů pro 16S rRNA a HSP60 (Pechar, osobní sdělení, 7.11.2018; Zoetendal a kol., 2004).



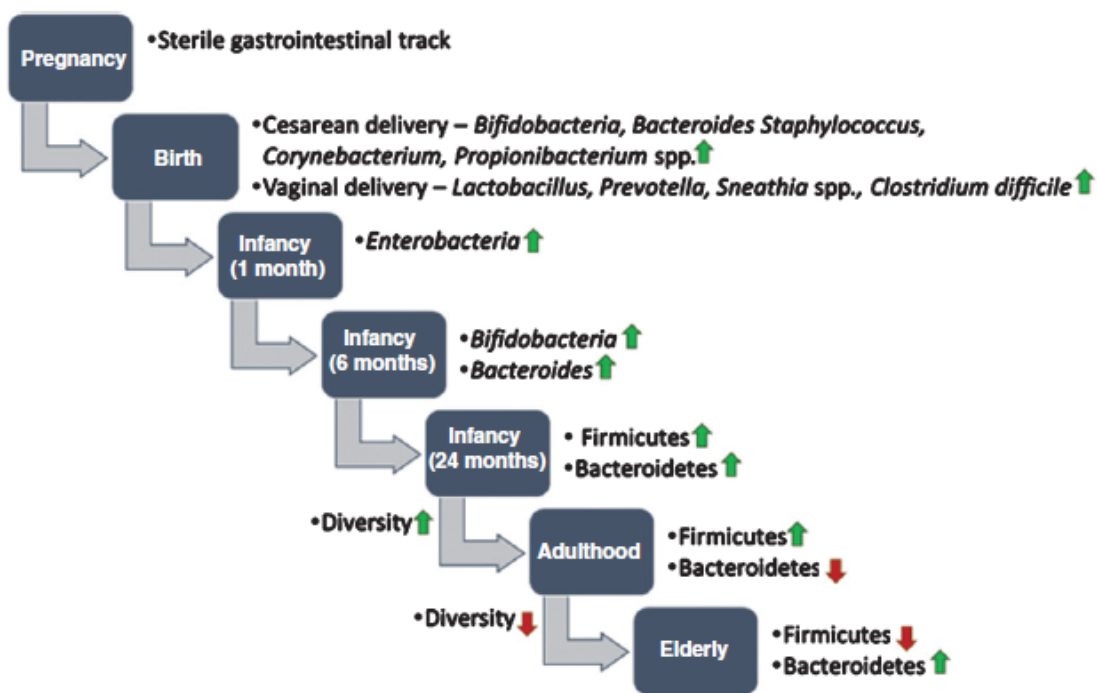
Obrázek 1: *Bifidobacterium bifidum* (400 x zvětšené), světelný mikroskop s fázovým kontrastem (foto Mgr. Radko Pechar, Ph.D., VÚPP)

Perspektivním probiotikem, typickým pro trávicí trakt člověka, je *Bifidobacterium bifidum* (Obrázek 1), které splňuje požadavky ideálního probiotika a je dobře využitelné pro podporu správné funkce trávicího traktu seniorů a jedinců s oslabenou imunitou. Častý je jeho výskyt u kojených novorozenců, kde využívá oligosacharidy mateřského mléka. V komerčních produktech je přítomen zejména v lyofilizovaných probiotických prášcích (kapsle, sáčky). Ke kultivačnímu stanovení tohoto mikroorganismu byl nedávno navržen tzv. MM agar (mucin, mupirocin agar) (Pechar a kol., 2014).

### 1.1.2. Lidská střevní mikrobiota a její změny v průběhu života

Lidská střevní mikrobiota představuje v průměru  $10^{11}$  -  $10^{12}$  mikroorganismů na gram obsahu lumen, celková biomasa váží více než 1 kg. Nachází se tam 500-1000 bakteriálních druhů a celkově 15 000 - 36 000 různých druhů. Celková lidská mikrobiota představuje přibližně  $10^{14}$  buněk, což představuje množství více než 10 krát vyšší než celkové množství buněk těla (Hattori a Taylor, 2009; Zoetendal a kol., 2004). Odchytky v skladbě jsou spojeny s mnohými metabolickými a zánětlivými onemocněními, např. obezitou, zánětlivé onemocnění střeva, syndromem dráždivého tračníku, steatózou jater, diabetem 1. a 2. typu, aterosklerózou, alergiemi a autizmem, a podávání probiotik by mohlo mít pozitivní efekt na tyto nemoci, jak bude ukázáno dále (např. Ley a kol., 2006; Han a Lin, 2014).

Bakteriální kolonizace gastrointestinálního traktu začíná hned po narození a záleží na mnohých faktorech - způsobu porodu, způsobu krmení dítěte, následná strava, hygienické podmínky, expozice antibiotikům, překonaná onemocnění. Většina fekální mikrobioty kojených dětí obsahuje bifidobakterie a menšinové frakce představují *Escherichia coli*, *Bacteroides* a klostridie (Obrázek 2). U dětí, které se narodily vaginálním porodem, převládají *Bifidobacteria*, *Bacteroides*, *Staphylococcus*, *Corynebacterium* a *Propionibacterium* spp., kdežto u dětí, které se narodily císařským řezem, jsou to *Lactobacillus*, *Prevotella*, *Sneathia* spp. a *Clostridium difficile*. Tyto děti nepřijou do kontaktu s bakteriemi porodních cest a jejich kontakt s bakteriemi matky je omezen též z důvodu antibiotické profylaxe při tomto typu porodu. Rozdíly v osídlení souvisí i s typem mléka, které novorozenci a kojenci konzumují: u kojených dětí převládají bifidobakterie a u dětí krmených náhradním kojeneckým mlékem *Escherichia coli*, *Clostridium difficile*, *Bacteroides* a *Lactobacilli* (Kelly a kol., 2007; Kumar a kol., 2016).

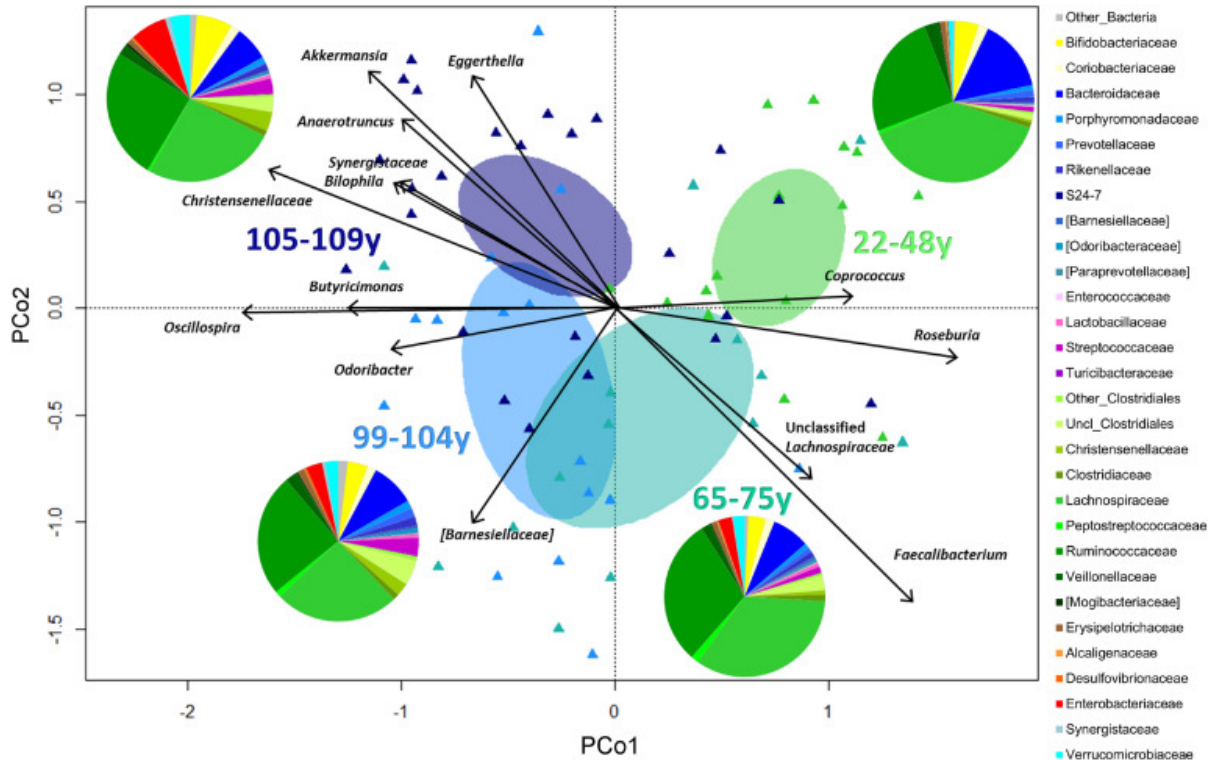


Obrázek 2. Vývoj lidské střevní mikrobioty od prenatálního období až po starší věk. Schéma též ukazuje vliv typu porodu na mikrobiotu novorozenců (Kumar a kol., 2016).

V dospělosti jsou ve střevě zastoupené hlavně dva anaerobní bakteriální kmeny, grampozitivní *Firmicutes* (2/3) a gramnegativní *Bacteroides* (1/3). Zástupci kmene *Firmicutes* jsou schopny fermentací některých složek stravy získat energii až 1000 kcal/den, z čehož mohou plynout důsledky pro obezitu, jak bude ukázáno dále. Celkově mikrobiota dospělých obsahuje převážně pět kmenů: *Firmicutes* (79,4 %), *Bacteroides* (16,9 %), *Actinobacteria* (1%), *Proteobacteria* (0,1 %) a *Verrucomicrobia* (0,1 %). Je specifická pro každého jedince, a záleží na způsobu porodu a následném stravování, věku, geografické oblasti, typu stravy, který často souvisí s danou geografickou oblastí, dále na genetických faktorech, fyziologickém stavu (zdraví), pohybové aktivitě, užívání antibiotik, environmentálních faktorech, konzumaci probiotik a prebiotik a přítomnosti stresu. Též pohyb má vliv na skladbu mikrobioty, jak ukázalo mnoho studií, např. O'Sullivan a kol. (2015) a Clarke a kol. (2014) u vrcholových sportovců, kdy byla pozorována větší mikrobiální diverzita a další autoři u myší a potkanů (např. Choi a kol., 2013; Evans a kol., 2014). U myší a potkanů, které měli fyzickou aktivitu, byl pozorován nárůst laktobacilů. Evans a kol. (2014) zjistili, že cvičení u myší zvýšilo podíl *Bacteroidetes* a snížilo podíl *Firmicutes* bez ohledu na stravu (normální vs vysokotuková) a zároveň poměr *Bacteroidetes/Firmicutes* inverzně koreloval s množstvím pohybu. Při porovnání zdravých a diabetických myší vykonávajících pohybovou aktivitu byly v obou skupinách pozorovány změny ve složení mikrobioty, ale nárůst podílu bifidobakterií byl zjištěn jen u myší bez diabetu, co poukazuje na to, že přítomnost diabetu tento efekt zrušil (Lambert a kol., 2015). Pohybová aktivita u potkanů rovněž vedla ke zvýšení množství butyrátu ve stolici a tyto změny souvisely se změnou množství bakterií produkujících butyrát (Matsumoto a kol., 2008). Je ještě nutno zdůraznit, že u sportujících jedinců je kromě fyzické aktivity potřeba vzít do úvahy i vliv složení jejich stravy a konzumace vlákniny.

V průběhu stárnutí organismu dochází zároveň s negativními fyziologickými změnami - např. pomalejší obnovou sliznice trávicího traktu, větší nemocností a větším množstvím užívaných léků též ke změnám ve stravování, hlavně co se týká kvality a složení přijímané potravy. To může vést ke změně skladby mikrobioty. Pro udržení dobrého zdraví ve vyšším

věku může mít velký význam vliv stravy na střevní mikrobiotu seniorů. Pozitivně působí konzumace probiotik. Vhodné jsou probiotika obsažené např. v mléčných kysaných produktech, které ale starší lidé konzumují méně (z různých důvodů), proto je vhodné seniorům doporučovat užívání doplňků stravy obsahujících probiotika (a případně i prebiotika).



Obrázek 3: Porovnání skladby střevní mikrobioty v různých věkových skupinách (Biagi a kol., 2016)

Skladbu mikrobioty trávicího traktu na základě analýzy stolice popisují práce více autorských kolektivů (např. Bartosch a kol., 2004; Mariat a kol., 2009; Rajilić-Stojanović a kol., 2009; Biagi a kol., 2010, 2016). Sumárně, většina prací analyzuje skladbu mikrobioty na základě jejího složení ve stolici, vhodnější by ale bylo analyzovat mikrobiotu získanou přímo ze střeva.

Proces stárnutí ovlivňuje složení střevní mikrobioty (Obrázek 3). Biagi a kol. (2010, 2016) se zabývali analýzou skladby střevní mikrobioty metodou HITChip v různých věkových kategoriích: mladší lidi (20-40 let), starší lidi (60-80 let) až lidi velmi staří - ve věku 100 a více let (Obrázek 4). Hodnocené osoby byly fenotypicky dobře charakterizované (jejich fyzický a kognitivní zdravotní stav), představovaly obecnou populaci konkrétní zeměpisné oblasti (severní Itálie) a představují tak relativně homogenní kohortu s ohledem na životní styl či stravovací návyky. Analýza mikrobioty ze stolice stoletých a starších ukazuje, že změny v ekosystému s ohledem na jeho složení a rozmanitost nekorelují lineárně s věkem. Skladba a diverzita střevní mikrobioty mladých dospělých a starších lidí byla relativně podobná, ale významně se lišila mezi lidmi staršími a stoletými. U mladých a starších dospělých při srovnatelné struktuře střevní mikrobioty dominovaly kmeny *Bacteroidetes* a *Firmicutes* (představovaly přibližně 95% všech bakterií), v menší míře byly zastoupeny *Actinobacteria* a *Proteobacteria* (Ley a kol., 2006). Autoři Biagi a kol. (2010) zjistili, že *Bacteroidetes* a *Firmicutes* přispívali k fekální mikrobiotě stoletých z 93%, a z 95% u starších i mladých dospělých. Samotné *Bacteroidetes* přispívali k celkové mikrobiotě stoletých z 20 %, starších dospělých z 16 % a mladých dospělých z 19%. Poměr *Firmicutes/Bacteroidetes* představoval hodnoty 3,9 u mladých dospělých; 5,1 u starších a 3,6

u stoletých. U stoletých osob byla pozorována remodelace skladby bakterií kmene *Firmicutes*. Střevní mikrobiota stoletých však ještě navíc obsahovala fakultativně anaerobní bakterie, patřící do skupiny *Fusobacterium*, *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Micrococcaceae* a velké množství zástupců *Proteobacteria* (např. *Escherichia coli*, *Haemophilus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Leminorella*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Vibrio* a *Yersinia*) a *Bacilli* (*Bacillus*, *Staphylococcus*). Mnoho zástupců *Proteobacteria* je ve střevním ekosystému minoritní složkou a za určitých okolností (např. zánět) můžou uniknout kontrole a vyvolat patologii. Množství bakterie *Faecalibacterium prausnitzii* a příbuzných druhů u stoletých pokleslo, zatím co *Clostridium leptum* a příbuzných druhů vzrostlo. Pokles množství *Faecalibacterium prausnitzii* je v objektu zájmu, protože tato bakterie ovlivňuje zánětlivé procesy ve střevě (v tračníku, jako je např. Crohnova nemoc) svojí protizánětlivou aktivitou nezávislou od butyrátu (Sokol a kol., 2008, 2009). Pokles množství *Faecalibacterium prausnitzii* u nemocných s Crohnovou nemocí indikuje inverzní vztah mezi množstvím jedinců této populace a zánětlivými chorobami tračníku (De Palma a kol., 2009). Zároveň byl u stoletých zaznamenán pokles bifidobakterií v porovnání s mladými dospělými. Jako znamení dlouhého života byla identifikovaná bakterie *Eubacterium limosum* (producent butyrátu) a její příbuzní, jejichž množství bylo u stoletých více než desetinásobně zvýšené (Biagi a kol., 2010). Na druhé straně Rajilić-Stojanović a kol. (2009) pomocí HITChip analýzy zjistili, že skladba mikrobioty u mladších a starších dospělých byla významně odlišná: u starších jedinců průměrného věku 71 let převládaly bakterie rodu *Bacilli* a u mladých dospělých průměrného věku 33 let převládaly bakterie rodu *Bacteroidetes*.

Fekální mikrobiota je pro hostitele specifická a v průběhu života relativně stabilní, i když při hloubkové analýze se ukázalo, že některé populace vykazují variace s časem (např. *Lactobacillus*), a jiné ne (*Bifidobacterium*, *Bacteroides fragilis*) (Vanhoutte a kol., 2004).

Mueller a kol. (2006) též zkoumali skladbu střevní mikrobioty u dospělých osob, konkrétně dvou věkových kategorií – 20-50 let a nad 60 let ve 4 evropských zemích – Itálii, Německu, Francii a Švédsku. Zjistili rozdíly mezi evropskými zeměmi jen v množství bifidobakterií, kdy jejich množství bylo 2-3 krát vyšší u Italů než u dobrovolníků z jiných zemí, a nezáviselo na věku. U všech starších dobrovolníků (nad 60 let) bylo zjištěno vyšší množství enterobakterií bez ohledu na lokalitu. Ve skupině *Bacteroides-Prevotella* byl pozorován rozdíl mezi muži a ženami, přičemž muži jich obsahovali více. Největší množství bakterie *Faecalibacterium prausnitzii* bylo zjištěno ve skupině švédských dospělých, a pak u italských dospělých. Ze starších lidí měla nejvyšší množství této bakterie švédská skupina.

Bylo též zaznamenáno významné snížení počtu *Bacteroides* a *Bifidobacteria* s věkem a s tím související snížení amylolytické aktivity ve střevě. Zároveň byla pozorována změna v množství jednotlivých zástupců bifidobakterií s věkem: ze starších jedinců (65 a více let) byly izolovány hlavně *Bifidobacterium angulatum* a *Bifidobacterium adolescentis*; na druhé straně *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium catenulatum*, *Bifidobacterium boum* a *Bifidobacterium infantis* byly izolované jenom z mladých jedinců (19-35 let). Vyšší množství proteolytických bakterií (*Fusobacterium*, *Clostridium*, *Propionibacterium*) bylo pozorováno ve stolici starších jedinců léčených antibiotiky ve věku více než 73 let (Woodsmansy a kol., 2004).

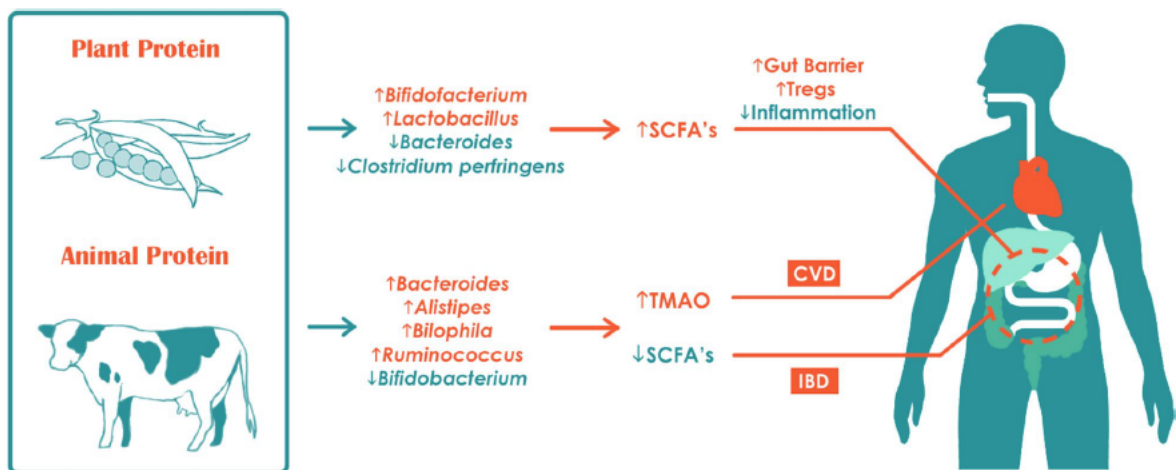
### 1.1.3. Vliv stravy na mikrobiotu

Další zajímavou informací je, že náhradní sladidla mohou indukcí změny skladby a funkce střevní mikrobioty vést k intoleranci glukózy, inzulinorezistenci a působit diabetogenně. Většina náhradních sladidel prochází gastrointestinálním traktem člověka bez štěpení a tím se přímo potkává se střevní mikrobiotou. Jejich konzumace vede ke snížení množství bifidobakterií, klostridií a laktobacilů a ke zvýšení množství zástupců *Bacteroides* (Suez a kol., 2016).

2014; Zlatohlávek a kol., 2016). Na druhé straně je důsledná vegetariánská dieta, která je schopna měnit střevní mikrobiotu v pozitivním směrem a působit antidiabeticky (Zlatohlávek a kol., 2016).

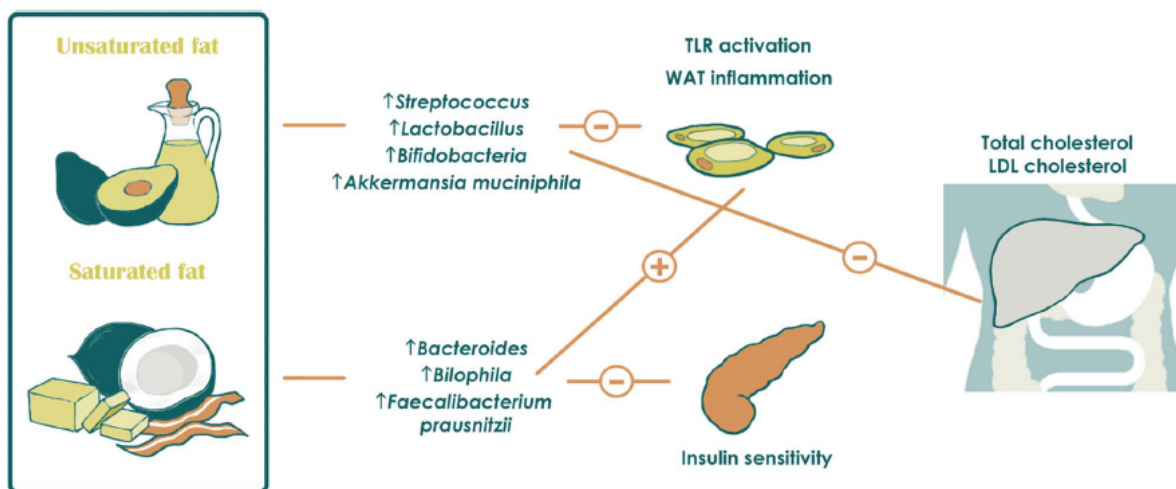
Konzumace živočišných proteinů (červené maso) vede ke zvýšené tvorbě proatherogenní sloučeniny trimethyl N-oxid, vyššímu množství zástupců *Bacteroides* a sníženému množství bifidobakterií a mastných kyselin s krátkým řetězcem (Singh a kol., 2017).

Rostlinná strava s vyšším obsahem vlákniny vede k převaze přítomnosti bakteriálních druhů, které štěpí polysacharidy, např. laktobacilů a bifidobakterií (Obrázek 4) (Dethlefsen a kol., 2006; Kumar a kol., 2016; Cerdá a kol., 2016).



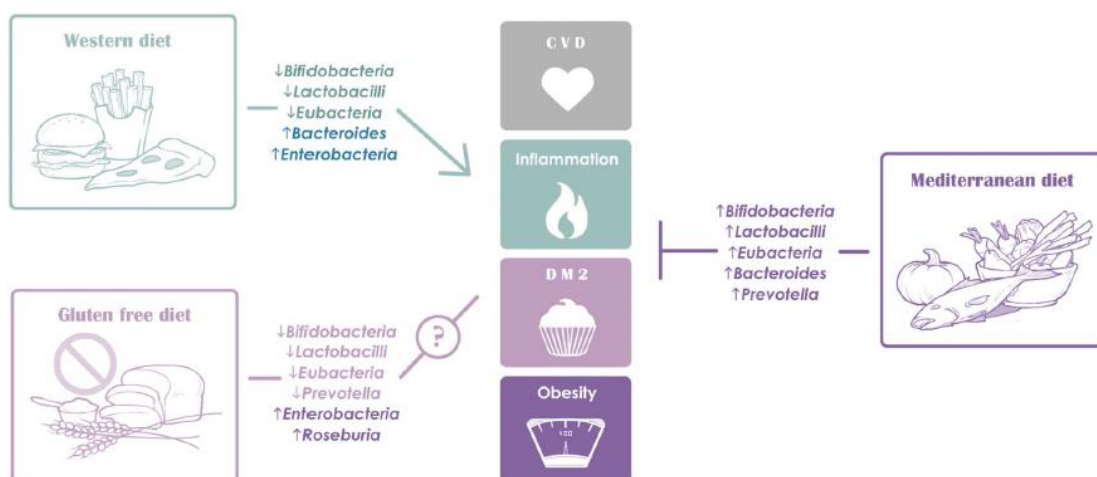
Obrázek 4. Vliv konzumace rostlinných a živočišných proteinů na skladbu mikrobioty a její zdravotní důsledky (Singh a kol., 2017). CVD - kardiovaskulární onemocnění, Tregs - regulační T buňky, IBD - nemoc dráždivého tračníku, TMAO - trimethylamin N-oxid

Také druh konzumovaných tuků má vliv na skladbu mikrobioty (Obrázek 5), kdy příjem nenasycených mastných kyselin vede ke zvýšenému množství zdravých prospěšných bakterií (laktobacilů, bifidobakterií a *Akkermansia muciniphila*) (Singh a kol., 2017).



Obrázek 5. Vliv druhu konzumovaných tuků na skladbu mikrobioty (Singh a kol., 2017). WAT - bílá tuková tkáň, TLR - toll-like receptor.

Autoři De Palma a kol. (2009) sledovali vliv každodenní konzumace bezlepkové diety po dobu jednoho měsíce na skladbu střevní mikrobioty u zdravých dospělých jedinců průměrného věku 30 let. Rozdíl oproti normální stravě spočíval ve sníženém množství polysacharidů. Následně byla analyzována fekální mikrobiota analyzována metodou FISH a kvantitativní PCR. Bezlepková dieta vedla ke snížení počtu bakterií považovaných za prospěšné lidskému zdraví, konkrétně bifidobakterií, laktobacilů a *Faecalibacterium prausnitzii*, (Obrázek 6) a k nárůstu počtu oportunistických patogenů, jako je *Escherichia coli* a celkově *Enterobacteriaceae*. Poměr *Lactobacillus-Bifidobacterium* ku *Bacteroides-Escherichia coli* byl významně snížen u dětských pacientů s celiakií bez nebo s bezlepkovou dietou vzhledem ke kontrole (Nadal a kol., 2007). Tito autoři pomocí biopsie duodena a následní fluorescenční in situ hybridizace spojené s průtokovou cytometrií dále zjistili, že množství celkových bakterií a gram-negativních bakterií byl významně vyšší u dětských pacientů s aktivní celiakií nedodržujících bezlepkovou dietu než u asymptomatických dětských pacientů na bezlepkové dietě a zdravých kontrol. Množství zástupců *Bacteroides* a *Escherichia coli* bylo významně vyšší u pacientů s celiakií bez diety než u zdravých kontrol, přičemž tato odchylka v zastoupení bakterií byla u asymptomatických celiaků normalizovaná. Podobný negativní vliv na skladbu mikrobioty má i západní způsob stravování spojený s konzumací zpracovaných potravin. Opačný vliv má středomořská strava (Obrázek 6).



Obrázek 6. Vliv různých typů stravování na skladbu mikrobioty (Singh a kol., 2017).

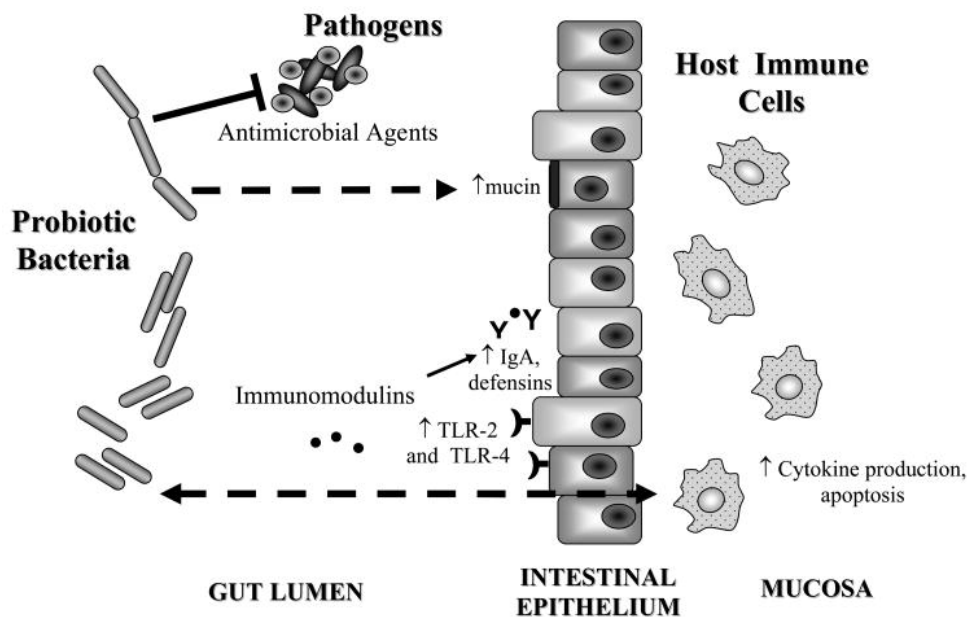
#### 1.1.4. Účinky probiotik

Mechanismů působení probiotik je více a zahrnují například (Pandey a kol., 2015):

1. Tvorba inhibujících látek, jako  $H_2O_2$ , bakteriocíny, organické kyseliny, defenziny, aj.
2. Blokování míst pro adhezi patogenních bakterií (bariérový efekt), produkce živin pro střevní buňky (butyrát), pokles pH.
3. Kompetice s patogenními bakteriemi o nutrienty.
4. Degradace toxinů a blokování receptorů pro toxiny.
5. Modulace imunitní odpovědi (podpora fagocytózy, produkce cytokinů a protilátek).

Různé kmeny probiotik mohou imunitní odpověď stimulovat nebo suprimovat. Stimulace imunity je realizována například zvýšením tvorby protilátek, exprese prozánětlivých cytokinů a tvorbou defensinu, suprese je manifestována poklesem exprese cytokinů a zvýšením apoptózy (

Obrázek 7). V procesu imunomodulace se uplatňují povrchové proteiny, např. receptory TLR-2 a TLR-4 (Saulnier a kol., 2009).

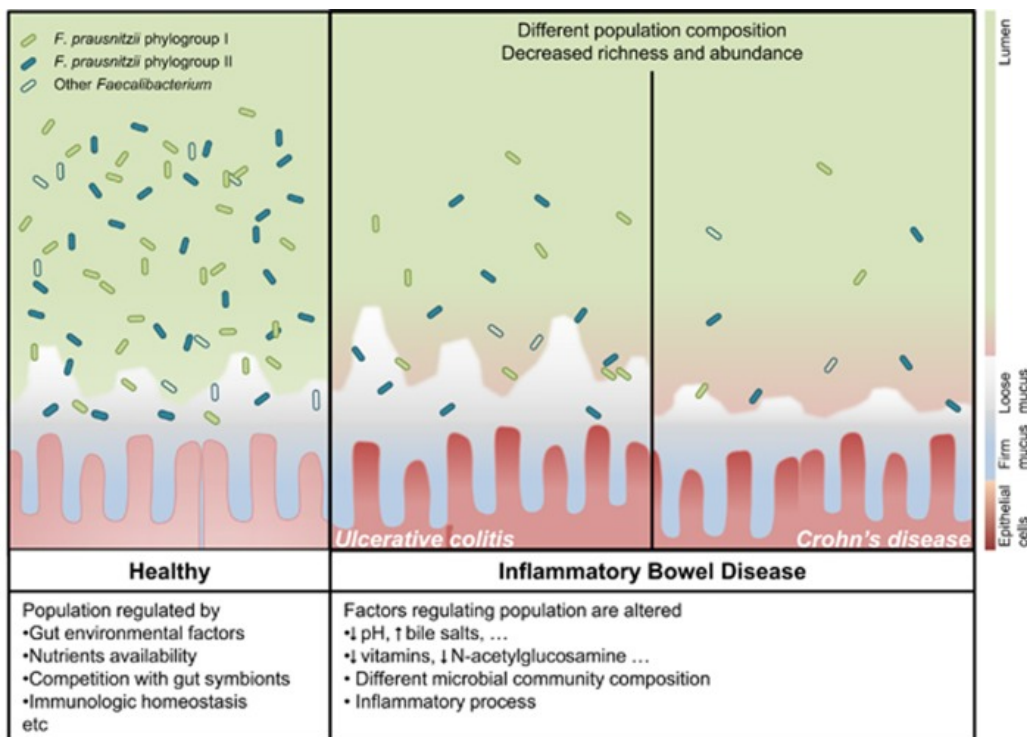


Obrázek 7. Účinky probiotik v gastrointestinálním traktu savců (Saulnier a kol., 2009).

Nejlépe zdokumentované pozitivní zdravotní účinky probiotik je prevence průjmu - akutního dětského (rotavirového) průjmu, cestovatelského, indukovaného antibiotiky, dále zácpy, vliv na metabolismus žlučových kyselin, a antibakteriální a protizánětlivé účinky. Při průjmech jsou účinné kmeny: při antibiotiky indukovaném průjmu např. bakterie *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus GG*, *Lactobacillus delbrückii*, *Lactobacillus fermentum* a kvasinka *Saccharomyces boulardii*, při cestovatelském průjmu bakteriálního původu *Saccharomyces boulardii* a virového a idiopatického původu *Lactobacillus GG*. Kmeny jako *Lactobacilli*, *Bifidobacteria*, *Enterococci* a *Streptococci* have se ukázali jako účinné v prevenci cestovatelských průjmů (McFarland, 2006). Při úlevě od negativních symptomů provázejících syndrom dráždivého tračníku (nadýmání, břišní diskomfort) se uplatňují například VSL#3, směs 8 probiotických kmenů a *Lactobacillus plantarum* (Chapman a kol., 2011), *Bifidobacterium infantis*, *Lactobacillus rhamnosus GG*, dále směs různých probiotik jako je *Lactobacillus rhamnosus GG*, *Lactobacillus rhamnosus LC705*, *Bifidobacterium breve Bb99* a *Propionibacterium freudenreichii ssp. shermanii* (Hatakka a kol., 2008) a též *Bifidobacterium bifidum MIMBb75* (Guglielmetti a kol., 2011). Konzumace probiotických bakterií (*Lactobacillus rhamnosus LC705* a *Propionibacterium freudenreichii ssp shermanii*) vedla k nárůstu množství *Lactobacillů* a *propionových* bakterií ve stolici dobrovolníků a k poklesu aktivity beta-glukozidázy, ureázy a beta-glukuronidázy, které vedou k rozvoji rakoviny tlustého střeva tím, že generují karcinogeny (Hatakka a kol., 2008). Navržený mechanismus anti-tumorové aktivity probiotik (např. *Lactobacillus bulgaricus*) zahrnuje například antiproliferativní účinky cestou regulace apoptózy a diferenciace buněk a potlačení produkce enzymů jako je beta-glukozidáza, ureáza, nitroreduktáza, aj., produkované střevními patogeny jako je *Escherichia coli* a *Clostridium perfringens*. Probiotická *Escherichia coli* Nissle 1917 byla zvláště účinná u pacientů se změněnou střevní mikroflórou po gastroenterokolitidě nebo po podávání antibiotik (Kruis a kol., 2012). Podobně je to i při zánětlivých onemocněních tračníku - při Crohnově nemoci působí pozitivně *Escherichia coli* Nissle 1917, *Saccharomyces boulardii*, *Lactobacillus rhamnosus GG*, VSL#3 (Jonkers a kol., 2012), při ulcerózní kolitidě například *Bifidobacterium bifidum* a *Saccharomyces*

*boulardii* (Kelesidis and Pothoulakis, 2012). Fekální mikrobiota jedinců se zánětlivými onemocněními tračníku se liší od zdravých jedinců: byl pozorován snížený počet bakterií rodu *Firmicutes*, *Bifidobacteria* a druhu *Faecalibacterium prausnitzii* v porovnání se zdravými jedinci a též nižší poměr *Firmicutes/Bacteroidetes* (Sokol a kol. 2009). Nedávno publikované výsledky metaanalýzy třicet jedna klinických studií zaměřených na incidenci pseudomembranózní kolitidy vyvolané *Clostridium difficile* prokázaly, že incidence byla u pacientů podstupujících profylaxi probiotiky nižší než u kontrol, které dostávaly placebo (1,5 % vs 3,9 %) a u pacientů konzumujících probiotika byl i nižší výskyt nežádoucích účinků v porovnání s kontrolou: 14,3 % vs 17 % (Goldenberg a kol., 2017). U tohoto průjmu je také účinná transplantace fekální mikrobioty.

Bakterie *Faecalibacterium prausnitzii* je považována za klíčovou pro udržení zdravého střeva a dobrého zdraví hostitele (Obrázek 8). Je producentem butyrátu ve střevě, který je hlavním zdrojem energie pro kolonocyty a má ochranný účinek před kolorektálním karcinomem a zánětlivými onemocněními tračníku. Butyrát snižuje zánět střevní mukózy inhibicí interferonu gama, interleukinu IL-12 a inhibicí aktivace transkripčního faktoru NF- $\kappa$ B. Dále zvyšuje sekreci protizánětlivých interleukinů IL-10, IL-8 a upreguluje tvorbu regulačních T-buněk. *Faecalibacterium prausnitzii* dále snižuje míru zánětu uvolněním metabolitů, které zlepšují bariérovou funkci střeva a ovlivňují paracelulární permeabilitu přes expresi některých proteinů těsných spojení (Sokol a kol., 2008).



Obrázek 8. Populace *Faecalibacterium prausnitzii* ve zdravém střevě u pacientů se zánětlivými onemocněními tračníku (ulcerózní kolitida a Crohnova nemoc) (Lopez-Siles a kol., 2017).

Co se týká laktóзовé intolerance, výsledky studií ukazují na pozitivní efekt při úlevě od symptomů při konzumaci probiotik. Enzym beta-galaktosidáza (laktáza), který se uplatňuje při této intoleranci, je tvořen mnohými bakteriemi, např. zástupci kmenů *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria* (*Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*). Negativní příznaky laktóзовé intolerance zmírňují intervence probiotickými bakteriemi, jako např. *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium longum* a *Lactobacillus acidophilus*, a

kombinace *Lactobacillus casei* Shirota a *Bifidobacterium breve* Yakult. Byla též navržena teze, že pravidelná konzumace kysaných mléčných výrobků vzhledem k produkci laktázy bakteriemi mléčného kysání, obsaženými v těchto výrobcích, zmírňuje laktózovou intoleranci. Další studie týkající se zmírnění příznaků bifidobakteriemi a laktobacily udávají protichodní výsledky, takže není možné vyslovit závěr, že by probiotické bakterie představovaly účinný způsob léčby laktózové intolerance (Vonk a kol., 2012).

Probiotika mají rovněž imunomodulační a protizánětlivé účinky, sekretují faktory zodpovědné za modulaci imunitních odpovědí, ovlivňují humorální i buněčnou imunitu (Pandey a kol., 2015). Rovněž přispívají k syntéze nutrientů a zlepšují jejich dostupnost. Dále bylo prokázáno, že poskytují úlevu od symptomů alergie a infekcí respiračního a močového traktu. Existují rovněž studie, které poukazují na jejich souvislost s obezitou a diabetem 2. typu, jak bude ukázáno v další kapitole.

Dalším zajímavým tématem v oblasti výzkumu probiotik a též prebiotik je osa mozek-střevo, příp. osa mikrobiota-střevo-mozek, jejichž vztah je oboustranný a v jejich vzájemné komunikaci jsou klíčovými cestami neuroendokrinní a neuroimunitní cesty, sympatické a parasympatické větve autonomního nervového systému a enterický nervový systém. Mozek moduluje enterický nervový systém a tím gastrointestinální funkce, a na druhé straně mikrobiota střeva může ovlivňovat mozkové funkce, poznávací schopnosti, chování, emoce, úzkost nebo odpověď na stres (Cryan a Dinan, 2012). Například autoři Messaoudi a kol. (2011) ukázali, že denní konzumace kombinace probiotik *Lactobacillus helveticus* R0052 a *Bifidobacterium longum* R0175 mělo u potkanů anxiolytické účinky a u zdravých lidských dobrovolníků snižovalo duševní napětí. Střevní mikrobiota dokáže syntetizovat tryptofan a serotonin, a tímto způsobem ovlivňovat depresi a úzkost (Lyte, 2014). Osa střevo-mozek se též uplatňuje při kontrole příjmu potravy prostřednictvím ghrelinu, cholecystokininu a jiných hormonů (Konturek a kol., 2004).

### 1.1.5. Vliv probiotik na parametry metabolického syndromu

Jak již bylo zmíněno, grampozitivní *Firmicutes* fermentací některých součástí stravy mohou získat za den velké množství energie, z čehož možno usuzovat, že modelací poměrů dvou hlavních kmenů ve střevě (*Firmicutes* a *Bacteroides*) je možné ovlivnit rozvoj obezity a metabolického syndromu (Solař, 2010). Existuje větší množství studií zabývajících se vlivem skladby mikrobioty na tělesnou hmotnost. Některé ukázaly, že obézní jedinci mají nižší poměr zástupců kmene *Bacteroides* k *Firmicutes* než štíhlí jedinci a též se u nich častěji objevuje inzulinorezistence (Ley, 2010; Ley a kol., 2005; Lopez-Cepero a Palacios, 2015; Sanz a kol., 2013). Ley a kol. (2006) ukázali, že u obézních jedinců klesá relativní množství zástupců kmene *Bacteroidetes* a zvýšení jejich počtu koreluje se snížením tělesné hmotnosti. Opačné výsledky, tj. nižší poměr *Firmicutes* ku *Bacteroidetes* u dospělých s nadváhou publikovali Schwartz a kol. (2010) a žádnou souvislost mezi obezitou a zastoupením těchto mikroorganismů nenašli autoři Duncan a kol. (2008), kteří však u obézních jedinců, kteří podstupovali dietu za účelem hubnutí, detekovali snížené množství mikroorganismů kmene *Firmicutes*, produkujících butyrát. Obě autorské skupiny analyzovali mikrobiotu ze stolice dobrovolníků. Schwartz a kol. (2010) zjistili, že celkové množství mastných kyselin s krátkým řetězcem (short chain fatty acids, SCFA) bylo vyšší u obézních jedinců než u štíhlých. U osob obézních a osob s nadváhou bylo změněno zastoupení jednotlivých SCFA v prospěch kyseliny propionové a poměr *Firmicutes* k *Bacteroidetes* v prospěch *Bacteroidetes*. Výsledky zároveň ukazují, že metabolismus SCFA by mohl mít významnou úlohu při obezitě.

K dispozici je hodně prací zabývajících se sledováním vlivu diety s přítomností probiotik či synbiotik na změnu BMI, krevních lipidů a dalších faktorů metabolického syndromu. Z práce autorů Gobel a kol. (2012) vyplývá, že 12týdenní dieta s probiotiky typu *Lactobacillus salivarius*

neměla žádný pozitivní vliv na faktory metabolického syndromu u obézních adolescentů. Avšak jiní autoři však u obézních jedinců během 12týdenní diety s přítomností *Lactobacillus gasseri* zjistili nižší BMI i menší množství abdominálního (viscerálního) tuku (Kadooka a kol., 2010; Kadooka a kol., 2013). Snížení systolického krevního tlaku a hladiny LDL-cholesterolu (a nárůst hladiny fibrinogenu) v krvi byla zjištěna u pacientů, jejichž dieta obsahovala dva kmeny *Streptococcus thermophilus* a jeden kmen *Enterococcus faecium* (Agerholm-Larsen a kol., 2000). Žádná změna parametrů metabolického syndromu však nebyla pozorována u obézních postmenopauzálních žen, které konzumovaly dietu s obsahem *Lactobacillus paracasei* po dobu 6 týdnů (Brahe a kol., 2015). Ejtahed a kol. (2011) podávali jedné skupině pacientů s diabetem 2. typu po dobu 6 týdnů jogurt obsahující probiotické kultury (*Lactobacillus acidophilus* a *Bifidobacterium lactis*) a druhé skupině konvenční jogurt. U skupiny s probiotickým jogurtem pozorovali snížení hladiny LDL-cholesterolu o 7,5 % a celkového cholesterolu o 4,5 % v porovnání s druhou skupinou a pokles poměru LDL:HDL cholesterolu, ale nepozorovali žádné změny v hladině triacylglycerolů ani HDL-cholesterolu. Vzhledem k tomu, že cholesterolu je absorbován ve střevě, má střevní mikrobiota významnou úlohu v metabolismu lipidů. V jiných pracích byly jedincům s hypercholesterolemií (Jones a kol., 2012) nebo nadváhou (Rajkumar a kol., 2014) podávány enkapsulované probiotické kmeny, případně i spolu s n-3 polynenasycenými mastnými kyselinami (Rajkumar a kol., 2014), a bylo rovněž pozorováno snížení LDL-cholesterolu a celkového cholesterolu. Při současném příjmu probiotik a n-3 polynenasycených mastných kyselin byl pozorován silnější vliv na zvýšení hladiny HDL cholesterolu a inzulinovou senzitivitu (Rajkumar a kol., 2014). Autoři Naruszewicz a kol. (2002) u zdravých kuřáků středního věku, kteří denně konzumovali nápoj s *Lactobacillus plantarum* po dobu 6 týdnů, nepozorovali významné změny v plazmatické koncentraci celkového cholesterolu, triacylglycerolů ani lipoproteinů. Avšak u těchto jedinců vzrostla hladina HDL-cholesterolu o 10 %, hladina LDL-cholesterolu se snížila o 12 %, koncentrace leptinu se výrazně snížila o 37 %, fibrinogenu o 21 %, interleukinu IL-6 o 41 % a koncentrace inzulinu se snížila nevýznamně (o 28 %). Zároveň byl pozorován významný pokles systolického tlaku krve (průměrně o 13 mmHg). Autoři Ha a kol. (2006) pozorovali vliv *Lactobacillus plantarum* CK 102 na snížení hladiny celkového, volného a LDL-cholesterolu a triacylglycerolů u potkanů.

U probiotických mikroorganismů byl pozorován též vliv na kontrolu hypertenze. Autoři Ong a Shah (2008) zjistili u sýru čedar vyšší ACE- (angiotenzin-konvertující enzym) inhibiční aktivitu po 24 týdnech zrání při 4 a 8 °C za přítomnosti probiotik *Lactobacillus casei* a *Lactobacillus acidophilus* než při nepřítomnosti mikroorganismů, přičemž nejvyšší ACE-inhibiční aktivita byla zjištěna u sýru s přísadkou *Lactobacillus acidophilus* LAFTI® L10. Několik autorských kolektivů sledovalo pacienty s hypertenzí konzumující fermentované mléko po dobu několika týdnů a zjišťovalo změny v jejich systolickém a diastolickém tlaku (Seppo a kol., 2003; Agerholm-Larsen a kol., 2000; Aihara a kol., 2005, aj.). V těchto studiích byl pozorován pokles systolického a diastolického tlaku po konzumaci výrobků nebo tablet obsahujících probiotické kmeny *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* a *Enterococcus faecium*. Výše uvedení autoři Naruszewicz a kol. (2002) pozorovali u kuřáků po konzumaci nápoje s *Lactobacillus plantarum* po dobu 6 týdnů významný pokles systolického tlaku (v průměru o 13 mm Hg).

Je ale nutno připomenout, že navzdory výše uvedeným zdravotním benefitům při užívání probiotik, EFSA zatím nepotvrdila zdravotní tvrzení vztahující se k pozitivním účinkům probiotických mikroorganismů (EFSA, 2016).

Zajímavé výsledky, opačného charakteru jak bylo výše uvedeno, přinesl článek Zmora a kol. (2018) v časopisu Cell. Autoři zjistili, že skladba mikroorganismů ve stolici neodráží skladbu mikrobioty ve střevech, výsledky vycházející ze zkoumání stolice jsou nepřesné a nesprávné, a tudíž by studie ohledně vlivu probiotik měly zkoumat skladbu mikrobioty uvnitř

střeva (endoskopicky, kolonoskopicky) a ne ve stolici. Dále zjistili, že osídlování střeva mikroorganismy je vysoce individuální. Pokud probiotika u některých lidí gastrointestinální trakt kolonizovali, u jiných je jejich mikrobiom vyloučil, a na základě analýzy stolice se nedá říct, do které skupiny lidí patří. Takže se zdá, že ne každý, kdo užívá probiotické suplementy, z nich má užitek. Ve skupině, která po užívání antibiotik dostávala probiotika, tyto ochotně a snadno kolonizovali střeva. Avšak překvapující bylo zjištění, že tyto probiotika bránily návratu původního normálního mikrobiomu jedince až po dobu šesti měsíců. Opačný efekt byl zaznamenán u pacientů, kteří po léčbě antibiotiky dostali dávku jejich vlastního před-antibiotického mikrobiomu cestou transplantace fekální mikrobioty; u nich došlo k návratu jejich normálního nativního mikrobiomu v rámci dní (Zmora a kol., 2018).

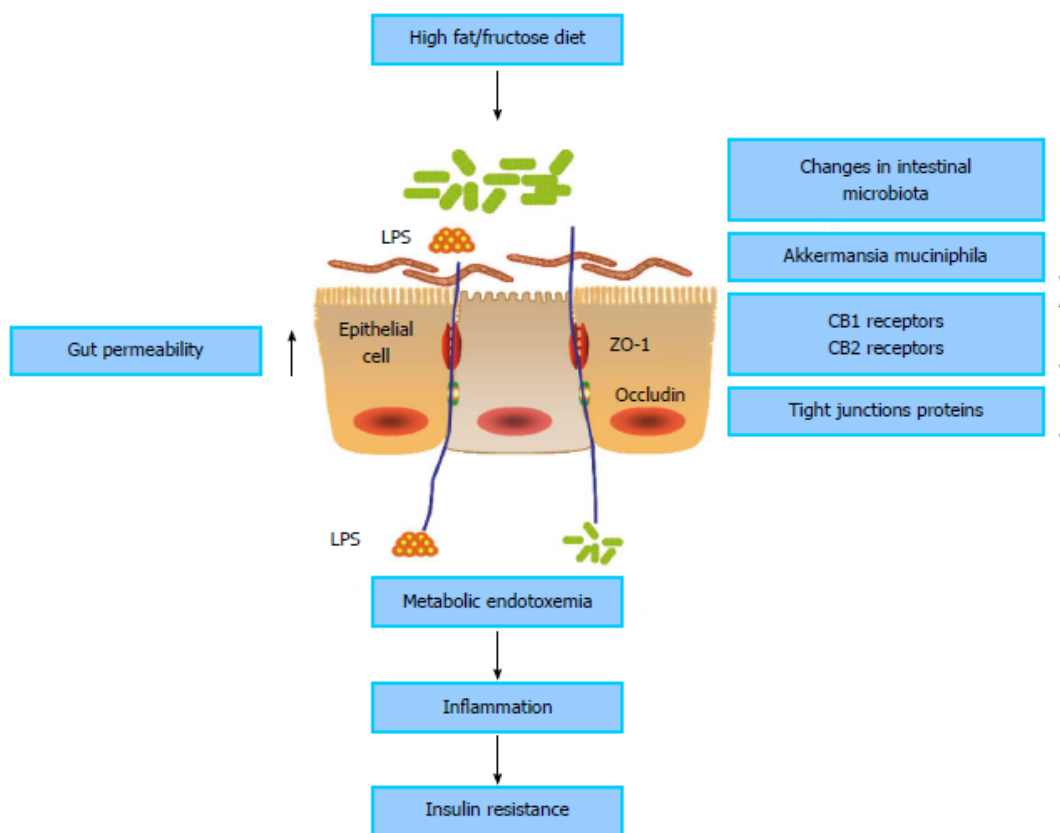
### 1.1.6. Mikrobiota a diabetes 2. typu

K porovnání s DM2, rozvoj DM1 byl u potkanů spojený s vyšším množstvím *Bacteroides* sp. (Brugman a kol., 2006). Z nejnovějších studií vyplývá, že složení mikrobioty úzce souvisí s rozvojem diabetu 2. typu, jak bude ukázáno dále (Han a Lin, 2014). Larsen a kol. (2010) ukázali, že diabetici 2. typu mají odlišné složení mikrobioty ve srovnání se zdravými jedinci: u diabetiků zjistili menší zastoupení mikroorganismů kmene *Firmicutes* a naopak větší množství zástupců *Bacteroidetes* a *Proteobacteria*. Poměr zástupců *Bacteroidetes* k *Firmicutes* významně pozitivně koreloval s koncentrací glukózy v plazmě. Na druhé straně Remely a kol. (2014) pozorovali významně vyšší poměr *Firmicutes*/*Bacteroidetes* u diabetiků 2. typu v porovnání se štíhlými a obézními jedinci bez diabetu. Hlavní rozdíl byl zjištěn u bakterií mléčného kvasení, jejichž množství bylo nejvyšší u diabetiků 2. typu, dále nižší u obézních a pak štíhlých dobrovolníků. Co se týká *Faecalibacterium prausnitzii*, její nejvyšší zastoupení bylo zjištěno u štíhlých jedinců a nejnižší u diabetiků 2. typu. Střevní mikrobiota diabetiků a obézních pravděpodobně účinněji štěpí polysacharidy a tuk, čímž zvyšuje energetický příjem. Změna v zastoupení jednotlivých mikrobiálních kmenů je zahrnuta v regulaci zánětlivých reakcí a zvyšuje riziko inzulinové rezistence. Sun a Buys (2015) ve své metaanalýze zjistili, že konzumace probiotik snižovala riziko kardiovaskulárních onemocnění a vedla k účinnému snížení hladiny lipidů. Statisticky významný vliv probiotik byl zjištěn na snížení celkového cholesterolu, LDL-cholesterolu, BMI, obvodu pasu a markerů zánětu. Statisticky významný vliv probiotik na snížení celkového a LDL-cholesterolu byl pozorován v případě konzumace fermentovaného mléka nebo jogurtu v porovnání s konzumací kapslí, při konzumaci trvajících nejméně osm týdnů a při použití více kmenů probiotik. Významné snížení LDL-cholesterolu bylo zjištěno při použití kmene *Lactobacillus acidophilus* v porovnání s jinými kmeny.

Klinické studie s pacienty s diabetem 2. typu, kteří konzumovali v období 4-8 týdnů stravu obsahující probiotické kmeny *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium animalis*, *Bifidobacterium longum* a *Bifidobacterium lactis* ukázaly, že u těchto pacientů došlo ke snížení hladiny triacylglycerolů, LDL-cholesterolu, glykémie a glykovaného hemoglobinu HbA1c (např. Asemi a kol. 2013; Ejtahed a kol., 2011; Ejtahed a kol., 2012; Tonucci a kol., 2017). U obézních myší konzumace *Lactobacillus casei* zlepšila glukózovou intoleranci a inzulinovou rezistenci (Naito a kol., 2011) a byl u nich pozorován menší nárůst hladiny glukózy v plazmě po konzumaci glukózy bez významných změn hladiny inzulinu v plazmě.

Změny skladby a funkční změny mikrobioty by mohly být přímo propojené s rozvojem diabetu 2. typu (DM2) cestou ovlivnění hmotnosti, metabolismu žlučových kyselin, prozánětlivé aktivity, inzulinové rezistence a ovlivnění hormonů střeva (např. inkretinu GLP-1 [glucagon-like peptide 1], GLP-2, PYY [peptid YY]) (Han a Lin, 2014). Mají mnoho funkcí - například GLP-1 sekreci inzulinu závislou na glukóze, inhibici uvolnění glukagonu a vyprazdňování žaludku. GLP-2 je sekretován spolu s GLP-1 a snižuje permeabilitu střeva. Anorexigenní peptid YY například snižuje pankreatickou a střevní sekreci a reguluje chuť k jídlu

- potlačuje chuť k jídlu, jako i GLP-1. Střevní mikrobiota může být modulována použitím probiotik, prebiotik, antibiotik a transplantací fekální mikrobioty, s pozitivním efektem na zlepšení metabolismu glukózy a inzulínové rezistence hostitele (Han a Lin, 2014). Mechanismy objasňující vliv mikrobioty na inzulínovou rezistenci a DM2 zahrnují (Obrázek 9) metabolickou endotoxemii (Cani a kol., 2007), změny v sekreci inkretinů (GLP-1) po fermentaci prebiotik (Cani a kol., 2009) a tvorbu SCFA (Psichas a kol., 2014). Posledně zmínění po aplikaci propionátu to tračníku pozorovali stimulace sekrece PYY a GLP-1 u myši a potkanů. Avšak u hlodavců deficientních v receptoru FFA2 (free fatty acid receptor 2) pozorovali zhoršení sekrece těchto hormonů střeva. SCFA zprostředkovávají některé z jejich biologických účinků přes receptory mastných kyselin FFA2 a FFA3 spojené s G-proteinem. Nedávno bylo ukázané, že receptor FFA2 chrání myš před přejídáním, obezitou a inzulínovou rezistencí při stravě s vysokým obsahem tuků (Kimura a kol., 2013). Myši deficientní na receptor FFA2 vykazovaly porušenou glukózovou toleranci na normální stravě (Tolhurst a kol., 2012).



Obrázek 9. Vliv střevní mikrobioty na permeabilitu střeva a inzulínovou rezistenci. Změny ve střevní mikrobiotě vedou ke snížení množství proteinů těsných spojení a zvyšují permeabilitu střeva, čímž podporují metabolickou endotoxemii a inzulínovou rezistenci (Han a Lin, 2014).

Zvýšená endotoxemie koreluje se zvýšenou permeabilitou střeva a sníženou expresí proteinů těsných spojů (zonula occludens a occludin). Dalším mechanismem spojeným se zánětem, diabetem a permeabilitou střeva je endokanabinoidový systém (Cani a kol., 2014), přičemž střevní mikrobiota moduluje jeho expresi a endokanabinoidový systém moduluje střevní permeabilitu přes distribuci a lokalizaci proteinů těsných spojů. Permeabilitu střeva, metabolickou endotoxemii, zánět a glukózovou intoleranci upravují změny v skladbě mikrobioty po podání prebiotik. Dalším regulačním faktorem je propionát-produkující mukoprotein-degradující bakterie *Akkermansia muciniphila*, která kolonizuje mukózu a její množství je sníženo u

myší obézních a s diabetem 2. typu a též inverzně koreluje s hmotností u lidí. Denní podávání této bakterie obézním myším po dobu 4 týdnů vedlo k snížení jejich hmotnosti a množství tuku v těle (Everard a kol., 2013; Karlsson a kol., 2012). Množství *Akkermansia muciniphila* inverzně koreluje s obezitou, diabetem, kardiometabolickými chorobami a mírným zánětem (Cani a de Vos, 2017).

Konzumace životaschopné *Akkermansia muciniphila* podporuje expresi endokannabinoidového systému. Její konzumace je bezpečná a mohla by představovat možnost terapie obezity u lidí. Pasterizace *Akkermansia muciniphila* zvyšuje její stabilitu a účinnost - schopnost snižovat rozvoj tukové hmoty, inzulinovou rezistenci a dyslipidemii u myší (Plovier a kol., 2016). Osídlení střeva touto bakterií zvyšuje lék metformin. *Akkermansia muciniphila* zlepšuje inzulinovou senzitivitu a sekreci, podobně jako *Eubacterium halli* z kmene *Firmicutes*. Zlepšenou inzulinovou citlivost možno získat i transplantací stolice. Dále je střevní mikrobiotu možné ovlivnit i bariatrickou terapií, kdy dochází ke snížení množství laktobacilů (Zlatohlávek a kol., 2016).

V mezenterální tukové tkáni obézních, ale jinak zdravých lidí, byla identifikována 16S rRNA bakterií, z nichž jednu představuje gram-negativní *Ralstonia*. Bylo zjištěno, že fekální abundance bakterie *Ralstonia pickettii* bylo zvýšeno u obézních jedinců s pre-diabetem a diabetem 2. typu. Tato bakterie proniká ze střeva a vede ke snížené glukózové toleranci a zvýšené hladině endotoxinů, které se uplatňují v chronickém zánětu a inzulinové rezistenci. Fekální hladiny *Ralstonie pickettii* korelují s plazmatickými hladinami adiponektinu jako markeru zhoršené metabolické kontroly. Střevní bakterie, jako *Ralstonia pickettii*, souvisí s patofyziologií inzulinové rezistence při obezitě (Udayappan a kol., 2017).

## 1.2. Prebiotika

Polysacharidy z potravy se podle schopnosti být štěpeny enzymy v zažívacím traktu dělí na využitelné (stravitelné) a nevyužitelné polysacharidy. Mezi stravitelné patří většina polysacharidů škrobové povahy, které jsou při trávení v organismu dále štěpeny na oligosacharidy a monosacharidy a slouží jako zdroj energie. Část škrobových polysacharidů (rezistentní škroby) je spolu s neškrobovými polysacharidy rezistentní k hydrolýze trávicími enzymy a absorpci v tenkém střevě, a tudíž jsou nevyužitelné. Tyto látky (sacharidy) se společně s ligninem označují jako vláknina potravy. Procházejí v nezměněné formě tenkým střevem a mohou být štěpeny až enzymy v tlustém střevě (fermentovány) za vzniku využitelných mastných kyselin (octová, propionová, máselná). Konečnými produkty fermentace vlákniny jsou oxid uhličitý, vodík, metan (Svačina a kol., 2008). Vláknina má hlavně funkci ochrannou, působí při prevenci chronických neinfekčních onemocnění (napomáhá eliminovat některé rizikové faktory kardiovaskulárních onemocnění, podporuje nasycení a úbytek hmotnosti, čímž působí preventivně proti obezitě) a též některých onemocnění trávicího ústrojí, např. Crohnovy choroby, divertikulární choroby, nádorů tlustého střeva, aj. Pro některé druhy vlákniny byla přijata zdravotní tvrzení, např. pro beta-glukany - přispívají k udržení normální hladiny cholesterolu v krvi a omezení nárůstu hladiny glykemie po konzumaci stravy, která je obsahuje (ječmen, oves) (Tláškal a kol., 2016).

Vlákninu podle účinku v těle dělíme:

- rozpustná - pektin, inulin, některé hemicelulózy, beta-glukany, psyllium, rostlinné slizy, gummy (guarová guma), rezistentní škroby, fruktooligosacharidy; je přítomna v ovoci, ječmenu, ovsu, sladu, luštěninách, bramborách. Rozpustná (viskózní) vláknina v tenkém střevě omezuje absorpci některých živin, např. cholesterolu, má tedy hypocholesterolemický účinek a zpomaluje rychlost resorpce glukózy - snižuje vzestup glykemie. Fruktooligosacharidy působí ve střevě jako prebiotika, jsou substrátem pro bakterie střeva. Ve střevě jsou fermentovány a podporují růst prospěšných bifidobakterií a jiných bakterií mléčného kysání snižováním pH

lumenu cestou produkce SCFA. SCFA také stimulují absorpci vody a elektrolytů ve střevě a tak snižují riziko průjmu a dehydratace. Též zvyšují proliferaci kolonocytů a tvorbu metabolické energie (van den Abbeele a kol., 2010) a stimulují tvorbu hlenu (Solař, 2010).

- nerozpustná (nefermentovatelná) – lignin, celulóza, některé hemicelulózy; je přítomna v zelenině, otrubách a celozrnných výrobcích. Nerozpustná vláknina váže vodu, zvětšuje objem stolice, zředuje koncentraci toxických látek ve střevě, omezuje jejich vstřebávání, má hrubou čistící funkci střeva (Svačina a kol., 2008, Velíšek, 1999). Zároveň zrychluje pasáž gastrointestinálním traktem, změkčuje stolicí, ulehčuje defekaci a brání zácpě (Solař, 2010).

Většinou jsou v potravinách zastoupeny v určitém poměru oba druhy. Například jablečná i ovesná vláknina obsahují přibližně 40 % rozpustné vlákniny, žitná vláknina 25-30 %, inulin z kořene čekanky 100 %.

Denní příjem vlákniny by měl u dospělého člověka představovat přibližně 30 gramů. Příjem vlákniny se u nás odhaduje na méně než 25 g, v rozvojových zemích až 80-100 g za den. I u nás byla v minulosti vyšší spotřeba vlákniny, ale pak došlo k jejímu snížení vlivem rafinace potravin a stoupající spotřebě cukru a tuku (Tláskal a kol., 2016). Poměr nerozpustné a rozpustné vlákniny v potravě by měl být 3:1. Abychom splnili průměrný příjem 30 g vlákniny/den, je třeba sníst asi 500 g ovoce nebo zeleniny. Výživové doporučení vedoucí ke zvýšení příjmu vlákniny zahrnují například náhradu bílého pečiva za celozrnné, resp. z tmavých mouk, pravidelnou konzumaci luštěnin, celozrnných obilovin a výrobků z nich (jáhly, pohanka, ovesné vločky, rýže natural), skořápkových plodů (ořechů), zeleniny a ovoce. Vláknina by měla být hrazena spíše z přírodních zdrojů, než z koncentrátů vlákniny.

Vysoký příjem vlákniny snižuje vstřebávání minerálních látek a vitaminů, proto není vhodný pro děti do dvou let věku, protože může ohrozit dostatečný příjem potravin důležitých pro růst, a pro starší osoby, jež mají nízký celkový energetický příjem (Tláskal a kol., 2016).

Prebiotika jsou nestravitelné složky potravy, které mají pozitivní vliv na zdraví hostitele tím, že selektivně stimulují růst a/nebo aktivitu probiotik („určitých bakterií“) v zažívacím traktu (Gibson a Roberfroid, 1995). Podle de Vrese a Schrezenmeir (2008) jsou prebiotika většinou nestravitelné (sacharidové) složky potravy, které přinášejí hostiteli zdravotní užitek tím, že selektivně stimulují růst a/nebo aktivitu některých kmenů mikroorganismů ve střevě, zejména laktobacilů a bifidobakterií. Kmeny *Lactobacillus* a *Bifidobacterium* představují tedy preferované cílové organizmy prebiotik (Gibson a Fuller, 2000). FAO/WHO definuje prebiotikum jako neživou složku potravy, která poskytuje hostiteli zdravotní benefit v souvislosti s modulací mikrobioty (Pineiro a kol., 2008). Modulace mikrobioty indukovaná prebiotiky je aktuálně považována za hlavní důvod pozitivního vlivu prebiotik na zdraví (Hutkins a kol., 2016). Bird a kol. (2010) dále upřesňuje, že prebiotika jsou nestravitelné sacharidové složky potravy, které jsou fermentovány bakteriemi tlustého střeva, čímž poskytují mastné kyseliny s krátkým řetězcem (SCFA). Novější definice společnosti ISAPP (International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics) definuje prebiotikum jako selektivně fermentovanou složku potravy, která vede ke specifickým změnám skladby a/nebo aktivity gastrointestinální mikrobioty, čímž pozitivně přispívá ke zdraví hostitele (Blatchford a kol., 2013). Prebiotika tvoří rozpustnou vlákninu.

Prebiotikum by mělo splňovat následující kritéria: 1. Jsou odolné vůči žaludeční kyselině, hydrolýze savčími enzymy a neabsorbují se gastrointestinálním traktem; 2. Jsou fermentovatelné střevní mikrobiotou; 3. Selektivně stimulují růst a/nebo aktivitu střevních bakterií, čímž přispívají k zdraví hostitele. Většina prebiotik působí v gastrointestinálním traktu, i když jejich cílem můžou být i jiné části organismu (Venema a do Carmo, 2015).

Potrava bohatá na prebiotika byla konzumována již v prehistorických dobách, kdy se odhaduje denní příjem fruktanů dospělého muže, lovce-sběrače, na přibližně 135 g. Jejich příjem v současné evropské a severoamerické stravě se odhaduje na několik gramů za den (Slavin, 2013).

Zdrojem prebiotik jsou: mateřské mléko, topinabury, kořen čekanky, soja, oves, pšenice (otruby), ječmen, česnek, cibule, chřest, pórek, slupka bergamotu, mořské řasy, agáve, slupka z lískových oříšků a mandlí, mungo fazole, aj. (např. Bode, 2009; Genta a kol., 2009; Mandalari a kol., 2007).

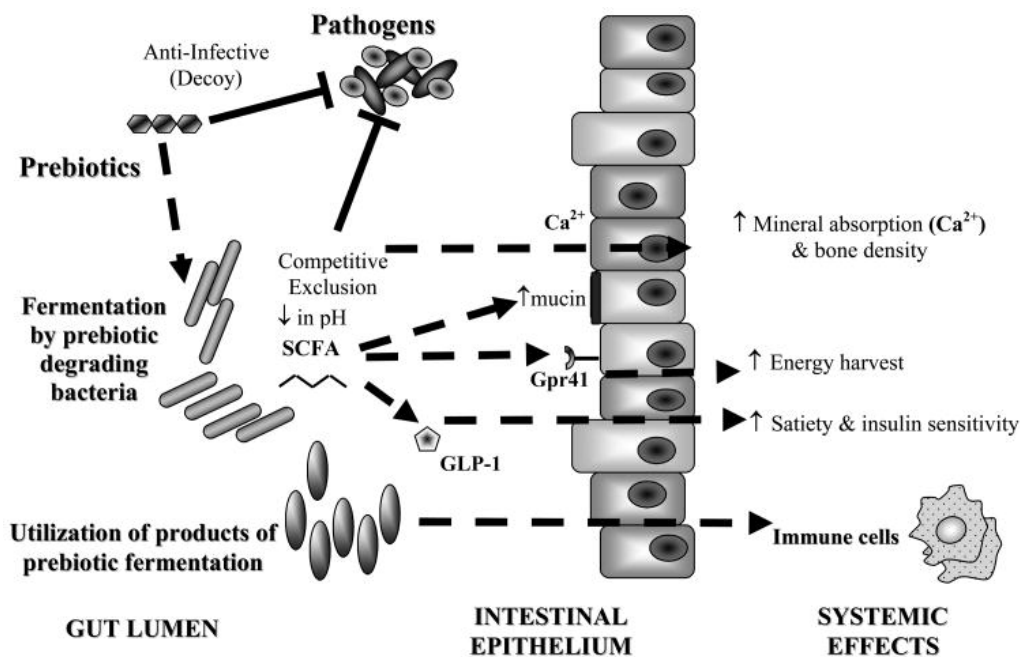
Oligosacharidy mateřského mléka (HMO) jsou hlavním faktorem, který determinuje vysoký počet bifidobakterií u kojených dětí. V mateřském mléce jsou však ještě přítomny další látky, které objasňují bifidogenní charakter mateřského mléka, např. laktóza, laktoferin, lysozym, laktoperoxidáza, imunoglobuliny a nukleotidy (Newburg, 1996). „Bifidus factor“ stimuluje růst bifidobakterií a acidifikací střevního prostředí chrání střevo proti patogenním bakteriím. Bifidobakterie jsou schopny selektivně využívat oligosacharidy mateřského mléka, což přispívá k dominanci bifidobakterií v mikrobiotě kojených dětí. HMO frakce je velmi komplexní, obsahuje více než 1000 složek, jejichž většina je přítomna v menšinovém množství (Venema, 2012) a je zajímavé, že kolem 90 % zkonsumovaných HMO odchází intaktně do stolice kojených dětí. HMO účinně brání adhezii bakterií a virů na epiteliální povrchy, mají imunomodulační vlastnosti a hrají úlohu i při rozvoji mozku (Bode, 2009; Kunz a kol., 2000). Vysoký obsah fosfátů a proteinů v náhradních kojeneckých mlécích vede k vyššímu pH chymu v tlustém střevě těchto dětí spojeného s množением oportunistických patogenů ve střevě nekojených dětí (Venema, 2012). Bylo též zjištěno, že kombinace galaktooligosacharidů a fruktooligosacharidů snižuje incidenci atopické dermatitidy a infekčních onemocnění u dětí během prvních šest měsíců života (Arslanoglu a kol., 2008).

K dobře prostudovaným prebiotikům patří fruktany, oligofruktóza a inulin, fruktooligosacharidy, galaktooligosacharidy a laktulóza. Méně prostudovaná prebiotika jsou isomaltooligosacharidy, glukooligosacharidy, xylooligosacharidy, arabinoxyloligosacharidy, laktitol, laktosacharóza, rezistentní škrob, rafinóza a stachyóza, polydextroza, psyllium. Některá z nových probiotik představují: např. ulvan ze zelené řasy *Ulva rigida*, oligosacharid z dračího ovoce (pitaya, z čeledi kaktusovitých), oligosacharid z kořene (hlízy) *Smallanthus sonchifolius*, fruktany inulinového typu z kořenů rostliny využívané v čínské medicíně *Morinda officinalis*, aj. (např. Alves a kol., 2013; Genta a kol., 2009; Saulnier a kol., 2009; Venema & do Carmo, 2015; Wichienchot a kol., 2010; Yang a kol., 2011).

Fruktany inulin a fruktooligosacharidy (FOS) se přirozeně nachází v topinamburech, chřestu, čekance, česneku, cibuli, pórků. Ve struktuře obsahují lineární řetězec fruktózových jednotek, s nebo bez koncové glukózy. Inulin z čekanky se liší od větveného inulinu z agáve – fermentace agávového inulinu je pomalejší. Galaktooligosacharidy vznikají z laktózy enzymatickou transglykosylací. Jde o směs oligosacharidů, kterou tvoří tri- až pentasacharidy. Laktulóza vzniká izomerizací laktózy. Laktitol je cukerný alkohol, který vzniká laktózy. Isomaltooligosacharidy vznikají ze škrobu, který je nejdříve hydrolyzovaný alfa-amylázou a pulanázou, a na vzniklé maltooligosacharidy pak působí alfa-glukozidáza. Isomaltooligosacharidy jsou částečně štěpeny pankreatickými enzymy, ale štěpení probíhá pomalu a tak se do tlustého střeva dostávají jejich různá množství. Laktosacharóza vzniká ze směsi laktózy a sacharózy použitím enzymu beta-fruktofuranozidázy. Xylooligosacharidy a arabinoxyloligosacharidy vznikají enzymatickou hydrolýzou (arabino)xylanu z různých obilných zdrojů (Venema & do Carmo, 2015).

### **1.2.1. Fyziologické účinky prebiotik a jejich vliv na parametry metabolického syndromu**

Prebiotika jako inulin a pektin vykazují zdravotní benefity, jako snížení prevalence a trvání průjmu, úleva od symptomů spojených s poruchami tračnicku, prevence zánětlivých onemocnění tračnicku a ochranný význam před rakovinou tlustého střeva. Fruktany inulinového typu zlepšují metabolické funkce střevní mikrobioty ve smyslu zlepšení střevní slizniční bariéry a rovněž trofických funkcí mikrobioty (Guarner, 2005; Peňa, 2007). Prebiotika podporují příjem minerálních látek. V souvislosti s pozorovanou zvýšenou absorpcí vápníku při současném příjmu fruktanů se předpokládá, že vláknina je fermentována střevní mikrobiotou za vzniku SCFA, které snižují pH. V kyselém prostředí se vápník přeměňuje na iontovou formu a je lépe rozpustný. Zároveň nízké pH a přítomnost SCFA vede k hypertrofii sliznice střeva, čímž dojde k zvětšení jejího povrchu a tím ke zvýšené absorpci vápníku, a tím zlepšují hustotu kostí (Abrams a kol., 2007; Pandey a kol., 2015).



Obrázek 10. Úloha prebiotik v gastrointestinálním traktu savců a jejich systémové účinky (GLP-1: Glucagon-Like Peptide-1; Gpr41: receptor 41 spojený s G-proteinem; SCFA: mastné kyseliny s krátkým řetězcem (Saulnier a kol., 2009)).

Při posuzování vlivu prebiotik na modulaci imunity byly navrženy následující mechanismy (Obrázek 10): 1. Prebiotika jsou schopny down-regulace jaterních lipogenních enzymů přes zvýšenou produkci mastných kyselin s krátkým řetězcem (SCFA); 2. Produkce SCFA, zvláště butyrátu, který je primárním zdrojem energie pro kolonocyty, zlepšuje přístupnost mnohých genů transkripčním faktorům. SCFA se váže na specifické receptory, např. receptor 41-vázaný na G-protein (Gpr41), jež se podílí na regulaci energie rovnováhy hostitele; 3. Modulace (podpora) tvorby mucinu, který přispívá k nižší incidenci translokace bakterií přes střevní bariéru; 4. Oligosacharidy selektivně brání adhezi některých bakteriálních druhů (např. enteropatogenní *E.coli*) napodobováním vazebních míst; 5. FOS a některé další prebiotika zvyšují počet lymfocytů a leukocytů v lymfatické tkáni asociované se střevem (GALT) a v periferní krvi (Pandey a kol., 2015). FOS u potkanů zvyšuje hladiny střevního hormonu GLP1v portální žíle a mRNA proglukagonu v proximálním tračnicku, co vede ke zvýšenému nasycení, glukózové toleranci a inzulínové senzitivitě (Delzenne a kol., 2007).

Prebiotika rovněž vliv na hladinu krevní glukózy, redukuje hladinu cholesterolu a krevních lipidů, jak bude ukázáno dále. V několika studiích byl sledován efekt konzumace prebiotického inulinu nebo rezistentního škrobu po dobu 8 týdnů na parametry diabetiček s nadváhou či obezitou (Dehghan a kol., 2014; Gargari a kol., 2015). Diabetičky, které konzumovaly inulin, příp. rezistentní škrob, měly po ukončení studie významně nižší hodnotu glykovaného hemoglobinu, triacylglycerolů, TNF $\alpha$ , CRP, nižší hodnotu glykémie a inulinu nalačno a vyšší hladinu HDL-cholesterolu. Lyon a kol. (2011) pozorovali snížení hmotnosti a zmenšení obvodu boků u jedinců s nadváhou nebo obezitou (bez diety) po 15 týdnech konzumace inulinu. Letexier a kol. (2003) zjistili u dobrovolníků, kteří denně konzumovali během 3 týdnů 10 g inulinu, nižší hladinu triacylglycerolů v krvi a nižší jaterní lipogeneze, avšak syntéza cholesterolu ani jeho hladina v krvi nebyly ovlivněny. Nižší hodnotu celkového cholesterolu a triacylglycerolů v krvi byla zjištěna u mladých mužů po 8 týdnech konzumace cereálií s inulinem (Brighenti a kol., 1999). De Luis a kol. (2011) pozorovali u obézních dospělých po 4 týdnech konzumace sušenek s přísadkou inulinu a  $\alpha$ -linolenové kyseliny snížení hladiny celkového a LDL-cholesterolu v krvi. Russo a kol. (2010) pozorovali vyšší hladinu HDL-cholesterolu, nižší hladinu triacylglycerolů, snížený poměr celkového k HDL-cholesterolu a nižší hladinu glykémie nalačno a zpomalení vyprazdňování žaludku u mladých zdravých mužů konzumujících těstoviny obohacené inulinem.

Genta a kol. (2009) zaznamenali při denní konzumaci u obézních žen 10 g fruktooligosacharidů z yakonového sirupu během 4 měsíců pokles tělesné hmotnosti, obvodu pasu, hladinu LDL-cholesterolu v krvi a zlepšení citlivosti k inulinu, ale dvojnásobná dávka této vlákniny již způsobila gastrointestinální obtíže. Na druhé straně Luo a kol. (2000) nezjistili žádnou změnu v glukózovém ani lipidovém metabolismu u diabetiků 2. typu konzumujících 20 g fruktooligosacharidů denně během 4 týdnů.

Kellow a kol. (2014) v systematickém přehledu založeném na 26 randomizovaných kontrolovaných studiích s 831 účastníky potvrdili vliv prebiotik na postprandiální glukózu a hladinu inulinu a zvýšený pocit sytosti u zdravých dospělých po konzumaci prebiotik. Avšak výsledky týkající se jejich vlivu na celkový příjem energie, hmotnost, hladinu peptid YY a GLP-1, rychlost vyprazdňování žaludku, inzulínovou senzitivitu, hladinu lipidů, ukazovatele zánětu a imunitní funkce byli rozporuplné.

Na druhé straně Brahe a kol. (2015) zjistili u obézních postmenopauzálních žen, které konzumovaly dietu s obsahem slizu z lněných semen po dobu 6 týdnů, zlepšení inzulínové senzitivity a změny ve skladbě mikrobioty včetně sníženého relativního množství osmi zástupců *Faecalibacterium*.

Mnohé další studie potvrdili snížení hladiny celkového cholesterolu, triacylglycerolů, příp. LDL-cholesterolu a zvýšení HDL-cholesterolu v krvi u jedinců s nadváhou a obezitou (i diabetiků), příp. zdravých jedinců, po konzumaci prebiotik, např. galaktooligosacharidů a xylooligosacharidů (Vulevic a kol., 2013; Beserra a kol., 2015; Childs a kol., 2014), a též u potkanů po konzumaci glukomananu a chitosanu (Gallaher a kol., 2000) snížením absorpce cholesterolu.

Co se týká vlivu prebiotik na krevní tlak, výsledky nejsou konzistentní a je jen málo studií s pozitivním efektem. Například Nichenametla a kol. (2014) nenalezli žádné změny v hodnotách krevního tlaku u jedinců s metabolickým syndromem po používání mouky obohacené rezistentním škrobem (30 % v/v). Na druhé straně, Keenan a kol. (2002) pozorovali snížení systolického i diastolického tlaku u hypertenzních pacientů po 6 týdnech podávání ovesných  $\beta$ -glukanů. Jen hodnoty systolického tlaku byly sníženy u pacientů s nadváhou a obezitou po 16 týdenní konzumaci chleba obohaceného moukou z lupiny (Lee a kol., 2009). Yeo a Liong (2010) pozorovali po přísadce prebiotik (fruktooligosacharidů), zvýšený *in-vitro* antihypertenzní efekt sojového mléka fermentovaného probiotikami (např. *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium longum*).

### 1.3.Synbiotika

Synbiotika jsou kombinací prebiotik a probiotik a mohou poskytovat ještě více zdravotních benefitů než samotná prebiotika a probiotika (de Vrese a Schrezenmeir, 2008). Synbiotika tvoří součást funkčních potravin a na lidský organismus mají následující pozitivní vlivy: zvyšují počet bakterií rodu *Lactobacillus* a *Bifidobacterium* ve střevě, vyrovnávají skladbu mikrobioty ve střevě, zlepšují funkci jater a imunomodulační schopnosti organismu, redukují zánětlivé procesy v střevní sliznici, jsou schopné indukovat remisi u zánětlivých onemocnění tračníku, jsou účinné v prevenci cestovatelských průjmů, zvyšují hladiny bifidobakterií při léčbě antibiotiky u dětí, zkracují trvání průjmu a napomáhají nastolit mikrobiální rovnováhu ve střevě, zmírňují projevy atopické dermatitidy (Pokusaeva a kol., 2011; Romeo a kol., 2010). Byly vyvinuty, aby pomohly překonat probiotikům možné těžkosti spojené s jejich přežitím během přechodu horní části trávicího traktu a implantací ve střevě tím, že selektivně stimulují jejich růst a/nebo aktivují jejich metabolismus. Probiotické kmeny využívané v synbiotických formulacích zahrnují *Lactobacilli*, *Bifidobacteria* spp., *Saccharomyces boulardii*, *Bacillus coagulans*, aj. Nejvíce zastoupené prebiotiká v synbiotických formulacích jsou fruktooligosacharidy, galaktooligosacharidy, xylooligosacharidy, inulin, prebiotika z přírodních zdrojů, např. z čekanky, hlíz yaku, aj. Zdravotní benefity pozorovány při konzumaci synbiotik zahrnují například zvýšené množství laktobacilů a bifidobakterií, vyrovnaná skladba střevní mikrobioty, zlepšení funkce jater u pacientů s cirhózou, zlepšení imunitních funkcí, snížení incidence nozokomiálních infekcí u pacientů po chirurgickém výkonu, avšak jejich podávání (jako ani probiotik a prebiotik) nemá významný vliv při akutní pankreatitidě (Zhang a kol., 2010).

#### 1.3.1. Vliv synbiotik na parametry metabolického syndromu

Autoři Tajadadi-Ebrahimi a kol. (2014) pozorovali při konzumaci chleba (3 x denně 40 g po dobu 8 týdnů) obsahujícího synbiotikum složené z 0,07 g inulinu a *Lactobacillus sporogenes* ( $1 \times 10^8$  CFU) na 1 g chleba u sledovaných diabetiků 2. typu významné snížení hladiny inulinu v séru, ale nezjistili vliv na hladinu glykémie nalačno. Konzumace synbiotického nápoje s obsahem probiotik *Lactobacillus acidophilus* a *Bifidobacterium bifidum* a fruktooligosacharidů vedla k významnému zvýšení hladiny HDL-cholesterolu a snížení hladiny glykémie nalačno, avšak nevýznamné snížení celkového cholesterolu a triacylglycerolů u skupiny starších jedinců (Moroti a kol., 2012). Konzumace synbiotika s obsahem oligofruktózy, inulinu a probiotika *Lactobacillus rhamnosus* obézními ženami v období 24 týdnů vedla ke snížení BMI a tím redukcii hmotnosti (Sanchez a kol., 2014). Dále autoři Ipar a kol. (2015) zjistili snížení hladiny LDL-cholesterolu a triacylglycerolů po měsíci užívání synbiotika obézními dětmi; pozorovali i snížení hmotnosti, to však bylo statisticky nevýznamné. Autoři Safavi a kol. (2013) pozorovali snížení BMI, obvodu pasu, poměru obvodu pasu k obvodu boků, hladiny triacylglycerolů a celkového a LDL-cholesterolu u obézních dětí a adolescentů ve věku 6-18 let, které po dobu několika týdnů konzumovaly synbiotické suplementy. V mnohých studiích bylo zjištěno po konzumaci synbiotik snížení celkového a LDL-cholesterolu v krvi a jiné studie zase neprokázaly žádnou změnu v profilu krevních lipidů, jak bude ukázáno dále. Například autoři Kiessling a kol. (2002) podávali denně 29 ženám ve věku 19-56 let 300 g synbiotického jogurtu obsahujícího probiotika *Lactobacillus acidophilus* a *Bifidobacterium longum* a 1% oligofruktózu, a pozorovali zvýšení HDL-cholesterolu a snížení poměru LDL/HDL cholesterolu; hladina celkového a LDL-cholesterolu se nezměnila. V dalších studiích normocholesterolemičtí jedinci konzumovali kapsle obsahující probiotické kmeny ( $10^9$ ) a 10-15 mg fruktooligosacharidů po dobu 2 měsíců a nebyla u nich zjištěna žádná změna v profilu krevních lipidů - ani celkového, ani LDL-, HDL-cholesterolu ani triacylglycerolů (Greany a kol., 2008). Autoři Yoo a Kim (2016) uvádí, že probiotika a prebiotika pozitivně ovlivňují

skladbu střevní mikrobioty a tím působí proti rozvoji diabetu 2. typu a kardiovaskulárních nemocí a též snižují hladinu cholesterolu v krvi. Mahboobi a kol. (2014) pozorovali u prediabetických pacientů, kteří během osmi týdnů konzumovali synbiotikum obsahující směs probiotik *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium longum*, *Streptococcus thermophilus* a fruktooligosacharidů, pozitivní efekt na hodnotu systolického krevního tlaku, avšak hladiny krevních lipidů, poměr LDL/HDL a triacylglycerolů/LDL zůstaly nezměněné. Autoři Eslamparast a kol. (2014) sledovali na jedincích s metabolickým syndromem, kteří po dobu 28 týdnů užívali synbiotiká (7 probiotických kmenů s fruktooligosacharidy) ve formě kapslí, pozitivní vliv na hladinu glykémie nalačno a inzulínorezistenci, snížení hladiny triacylglycerolů a celkového cholesterolu a zvýšení hladiny HDL-cholesterolu; hladina LDL-cholesterolu ani BMI nebyly ovlivněny. Taktéž autoři Beserra a kol. (2015) ve své meta analýze studií zabývajících se působení synbiotik u dospělých s nadváhou a obezitou zjistili snížení hladiny inzulínu nalačno a koncentrace triacylglycerolů.

## 1.4. Shrnutí

Na základě získaných informací je možné shrnout, že účinek jednotlivých látek ve formě suplementů na lidský organizmus je velmi individuální a není u všech jedinců stejný, jak to ukázaly mnohé studie. Například účinnost podávání probiotik není univerzální, jejich účinky závisí na několika okolnostech, jako například na aktuálním složení mikrobioty člověka, nutričním a zdravotním stavu jedince, BMI, pohybové aktivitě, přítomnosti stresu, užívání léků, apod. Nejpersvědčivější jsou důkazy o vhodnosti jejich používání jako prevence průjmů – např. při/po léčbě antibiotiky, rotavirového a cestovatelského a v prevenci klostridiové enterokolitidy (Kruis a kol., 2012; Goldenberg a kol., 2017). Zároveň je potřeba upozornit, že většina studií analyzovala po podání probiotických mikroorganismů jejich přítomnost ve stolici, ale průkaznější by bylo analyzovat jejich přítomnost a zastoupení jednotlivých kmenů přímo ve střevě, resp. odběrem vzorků přímo ze střeva.

Dalším zajímavým zjištěním je, že fekální mikrobiota jedinců se zánětlivými onemocněními tračníku, s obezitou, s diabetem a dalšími onemocněními se liší od mikrobioty zdravých jedinců ve smyslu sníženého počtu bakterií rodu *Firmicutes*, *Bifidobacteria* a druhu *Faecalibacterium prausnitzii* v porovnání se zdravými jedinci a též nižšího poměru *Firmicutes/Bacteroidetes* (Sokol a kol. 2009).

Vzhledem k nejednoznačným závěrům studií týkajících se účinků probiotických suplementů na skladbu mikrobioty není jednoznačná odpověď na to, zda užívání konkrétního přípravku zlepší skladbu mikrobioty daného jedince. Podle Zmora a kol. (2018) osídlování střeva mikroorganismy je vysoce individuální, a probiotika u některých lidí gastrointestinální trakt kolonizují a u jiných je jejich mikrobiota vyloučila. Takže se zdá, že ne každý konzument probiotických přípravků z nich má užitek. Tito autoři zjistili, že konzumace probiotik po užívání antibiotik tyto ochotně kolonizovali střevo, avšak pak bránily návratu původní normální mikrobioty jedince až po dobu šesti měsíců. Na druhé straně u pacientů, kterým po léčbě antibiotiky byl aplikován jejich vlastní před-antibiotická mikrobiota cestou transplantace fekální mikrobioty, došlo k návratu jejich normální nativní mikrobioty za několik dní (Zmora a kol., 2018). Takže se zdá, že účinnějším prostředkem na ovlivnění střevní mikrobioty se místo orální suplementace probiotickými přípravky ukazuje transplantace fekální mikrobioty zdravého jedince.

Prebiotika jsou velmi důležitou součástí naší stravy, protože slouží jako substrát probiotickým bakteriím, které pak tvoří mastné kyseliny s krátkým řetězcem se známými pozitivními účinky. Měly by se stát každodenní součástí naší stravy, ideálně v kombinaci

s probiotickými kulturami z přírodních potravinových zdrojů. Vzhledem k nejednoznačné účinnosti probiotické suplementace se jeví významnější suplementace/konzumace prebiotik nebo synbiotik. Na trhu je několik generací probiotik, nejúčinnější je 4. generace ve formě biofilmu na nosiči. Tvorba biofilmu je pro ně přirozená a v této formě vykazují vysokou odolnost vůči nízkým hodnotám pH, kdy procento přežití je více než 90 % (Grossova a kol., 2017).

## **2. Praktická část**

### **2.1. Cíl práce**

Cílem práce bylo v teoretické části shrnout dosavadní poznatky o účinnosti probiotik, prebiotik a synbiotik.

V praktické části bylo cílem zjistit informovanost veřejnosti o probiotických, prebiotických a synbiotických, vědomosti o jejich zdrojích a rovněž zjistit, zda veřejnost potravinu a doplňky stravy je obsahující konzumuje a z jakých důvodů.

### **2.1. Metodika výzkumu**

Experimentální část byla provedena kvantitativní metodou sběru dat, formou anonymního dotazníkového šetření s otevřenými, polootevřenými a uzavřenými otázkami (Příloha č. 1). Dotazník obsahoval 20 otázek a dotazníkové šetření probíhalo tři měsíce, od ledna do března 2019.

V úvodu dotazníku byl představen důvod výzkumu spolu s informací, že se jedná o anonymní šetření. Dotazník obsahoval standardizované, předem připravené otázky. Prvních pět otázek se týkalo osobních údajů respondentů – pohlaví, věku, ukončeného vzdělání, typu vzdělání a bydlení. Další otázky souvisely s tematikou probiotik, prebiotik, synbiotik, z nichž 8 bylo uzavřených, 2 otevřené a 5 polootevřených.

### **2.2. Charakteristika souboru**

Zkoumaný soubor reprezentovali respondenti různých věkových kategorií a různého vzdělání z oblasti Prahy, Středočeského kraje, Českých Budějovic a Jihočeského kraje. Mezi respondenty jsou zaměstnanci Výzkumného ústavu potravinářského Praha, Vysoké školy chemicko-technologické v Praze, České zemědělské univerzity v Praze, Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Základní školy Zeleneč, studenti středních škol v Praze, Univerzity Karlovy v Praze a Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, zaměstnanci zubních ordinací v Praze, ale i zaměstnanci různých firem v České republice a důchodci.

Sběr dat probíhal v elektronické i papírové formě a průběh dotazníkového šetření byl zaznamenán. Po sběru dat byla zkontrolována úplnost vyplnění dotazníků a vyhovující dotazníky byly dále zpracovány. Data z nich získaná byla shromážděna, analyzována, vyhodnocena a zpracována pomocí programu Microsoft Office Excel do tabulek a grafů. Třídění dat probíhalo podle různých kritérií.

## 2.3. Výsledky

Dotazníkového šetření se zúčastnilo 154 respondentů, všechny odevzdané dotazníky byly řádně vyplněny a následně použity ke zpracování.

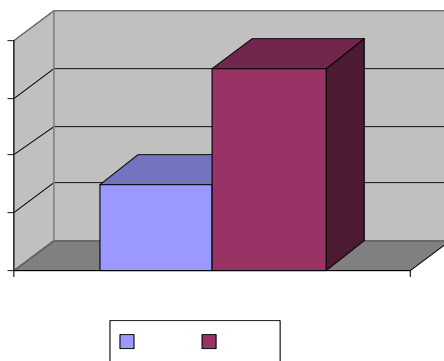
Dotazník obsahoval 20 otázek, které budou vyhodnocovány postupně.

Otázka č. 1:

Jste:

- a) muž
- b) žena

Na základě otázky č. 1. (Graf 1) jsou respondenty ze 70,2 % ženy (108 osob) a z 29,8 % muži (46 osob).



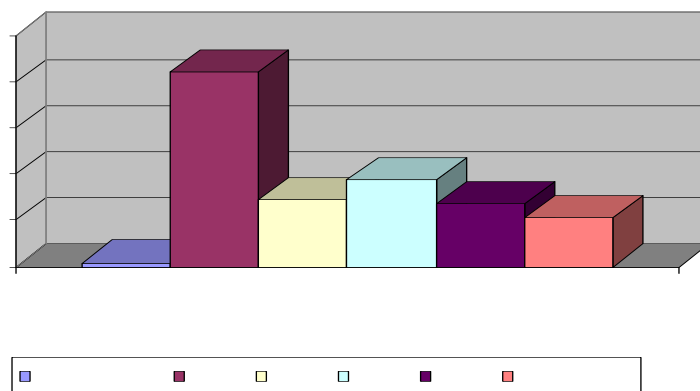
Graf 1: Zastoupení respondentů.

Otázka č. 2:

Váš věk je v rozmezí:

- a) 18 let a méně
- b) 19-29
- c) 30-39
- d) 40-49
- e) 50-59
- f) 60 a více let

Ze všech respondentů byla 1 osoba ve věku pod 18 let (0,7 % respondentů), 65 osob ve věku 19-29 let (42,2 % respondentů), 22 osob ve věku 30-39 let (14,3 % respondentů), 29 osob ve věku 40-49 let (18,8 %), 21 osob ve věku 50-59 let (13,6 %) a 16 osob ve věku nad 60 let (10,4 % respondentů) (Graf 2).



Graf 2: Věkové zastoupení respondentů.

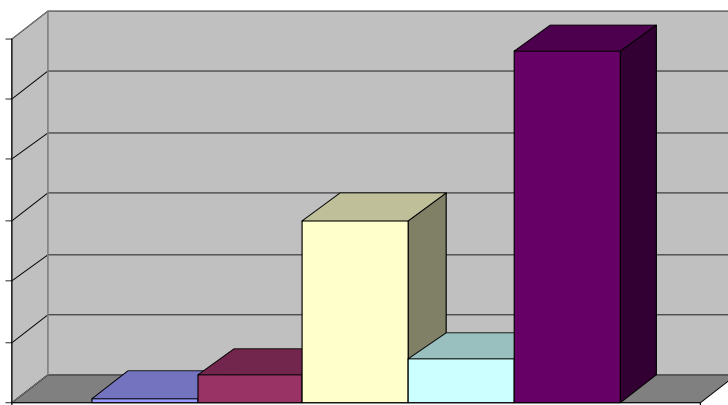
Na základě výsledků otázky č. 2 je vidět, že největší počet respondentů byl v kategorii 19-29 let a dále v kategorii 40-49 let.

Otázka č. 3:

Vaše ukončené vzdělání je:

- a) základní
- b) středoškolské bez maturity
- c) středoškolské s maturitou
- d) vyšší odborné
- e) vysokoškolské

Respondenti se základním vzděláním představovali 0,7 % (1 osoba), respondenti se středoškolským vzděláním bez maturity 4,5 % (7 osob), se středoškolským vzděláním s maturitou 29,9 % (46 osob), s vyšším odborným vzděláním 7,1 % (11 osob) a s vysokoškolským vzděláním 57,8 % (89 osob) (Graf 3).



Graf 3: Ukončené vzdělání respondentů.

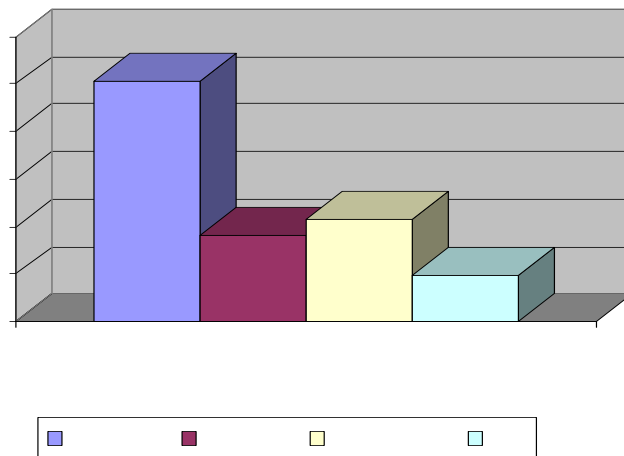
Na základě výsledků otázky č. 3 je vidět, že největší počet respondentů měl ukončené vysokoškolské vzdělání, za nímž následují respondenti se středoškolským vzděláním s maturitou.

Otázka č. 4:

Vaše vzdělání je orientováno:

- a) humanitně
- b) technicky
- c) přírodovědně
- d) jiné

Podle zameření svého vzdělání má 50,7 % respondentů (78 osob) humanitní vzdělání, 18,2 % (28 osob) technické vzdělání, 21,4 % (33 osob) přírodovědní vzdělání a 9,7 % (15 osob) jiné vzdělání (Graf 4).



Graf 4: Typ vzdělání respondentů.

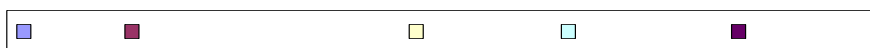
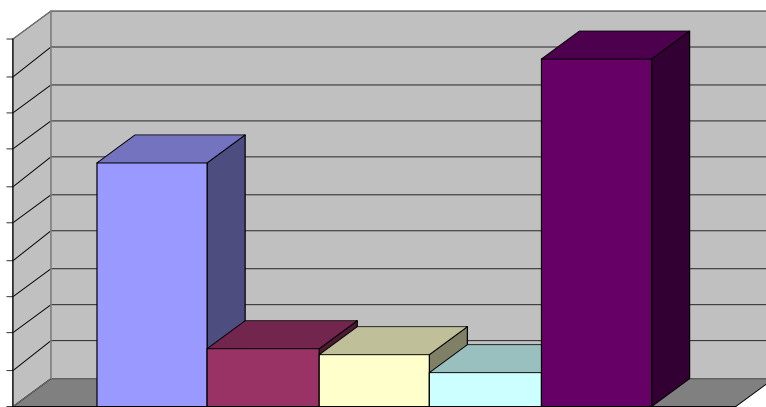
Nejvíce respondentů mělo humanitní vzdělání (50,7 %), pak přírodovědní, dále technické a nejméně respondentů mělo jiné zaměření vzdělání.

Otázka č. 5:

Bydlíte v:

- a) vesnici
- b) městě do 10 000 obyvatel
- c) malém městě (10 000 - 50 000 obyvatel)
- d) středním městě (50 000 - 100 000 obyvatel)
- e) velkoměstě (více než 100 000 obyvatel)

Na základě výsledků (Graf 5) bylo respondentů žijících ve vesnici 33,1 % (51 osob), respondentů žijících ve městě do 10000 obyvatel 7,8 % (12 osob), v malém městě 7,1 % (11 osob), ve středním městě 4,6 % (7 osob) a ve velkoměstě bydlelo 47,4 % (73 osob).



Graf 5. Respondenti podle bydliště.

Nejvíce respondentů bydlelo ve velkoměstě, za ním následovali respondenti z vesnice. Nejméně respondentů bylo ze středního města s 50000-100000 obyvateli.

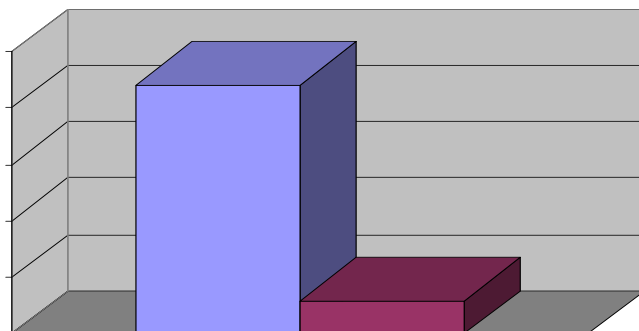
Otázka č. 6:

Konzumujete zakysané mléčné výrobky (jogurt, acidofilní mléko, zákys, apod.)? Pokud ano, specifikujte které typy:

a) ano:

.....

b) ne



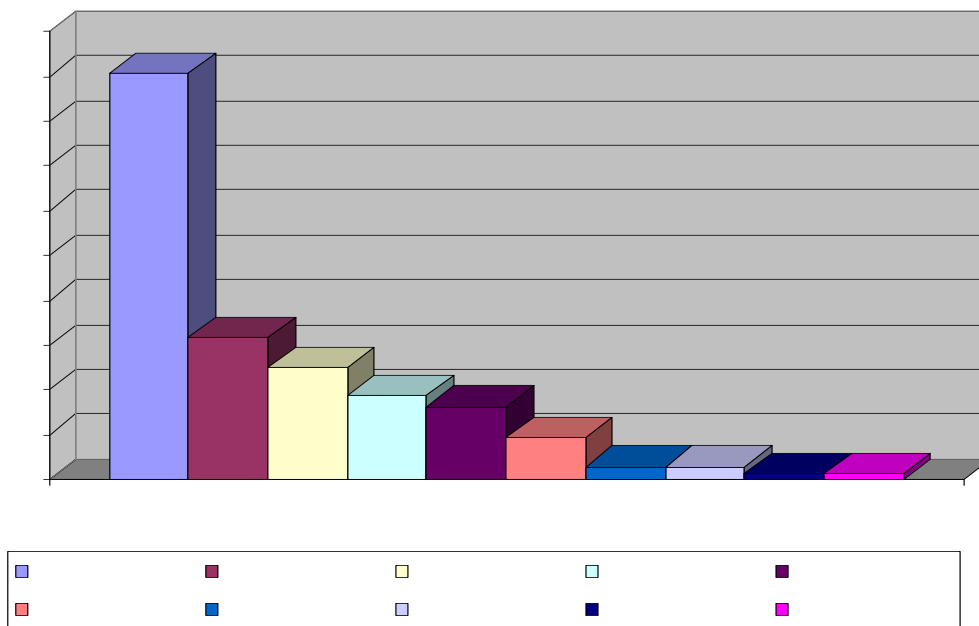
Graf 6. Konzumace zakysaných mléčných výrobků respondenty.

Mléčné zakysané výrobky konzumuje 88,3 % respondentů (136 osob), a vůbec je nekonzumuje 11,7 % (18 osob) (Graf 6, Tabulka 3). Zakysané mléčné výrobky konzumují více ženy než muži. Důvodům nekonzumování zakysaných mléčných výrobků se věnuje následující otázka č. 7.

Tabulka 3. Konzumace zakysaných mléčných výrobků podle pohlaví.

| Konzumace<br>zakysaných<br>mléčných<br>výrobků | ano (%) |      | ne (%) |      |
|--|---------|------|--------|------|
|  | muži    | ženy | muži   | ženy |
|  | 22      | 66   | 8      | 4    |

Respondenti, kteří uvedli, že zakysané mléčné výrobky konzumují, uváděli tyto výrobky (Graf 7): jogurt (45,3 %, 134 osob), acidofilní mléko (15,8 %, 47 osob), kefír (12,5 %, 37 osob), zakysanou smetanu (9,4 %, 28 osob), zákys (8,1 %, 24 osob), kysané podmásli (4,7 %, 14 osob), jogurtové nápoje (1,4 %, 4 osoby), kyšku (1,4 %, 4 osoby), Actimel (0,7 %, 2 osoby) a skyr (0,7 %, 2 osoby).



Graf 7. Konzumované zakysané mléčné výrobky.

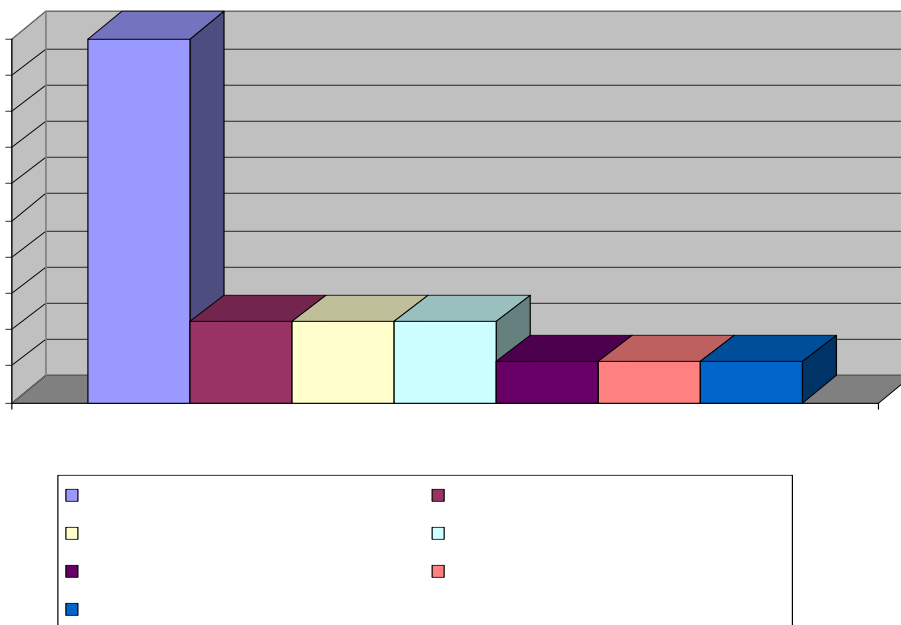
U respondentů je nejčastěji konzumovaným zakysaným mléčným výrobkem jogurt, za ním následuje acidofilní mléko a kefír. Nejméně respondentů konzumuje jogurtové nápoje, kyšku, Actimel a skyr.

Otázka č. 7:

Pokud zakysané mléčné výrobky nekonzumujete, uveďte důvody:

- a) .....
- b) .....
- c) .....
- d) .....

Na základě otázky č. 6 zakysané mléčné výrobky nekonzumuje 18 respondentů. Jejich důvody jsou následující (Graf 8): nechutnají jim (50 %, 9 osob), způsobují jim zažívací problémy (11,1 %, 2 osoby), má intoleranci laktózy (11,1 %, 2 osoby), myslí si, že nejsou zdravé (11,1 %, 2 osoby), má alergii na bílkovinu kravského mléka (5,6 %, 1 osoba), stravuje se podle principů makrobiotiky (5,6 %, 1 osoba) a nechce je jíst (5,6 %, 1 osoba).



Graf 8. Důvody nekonzumování zakysaných mléčných výrobků respondenty.

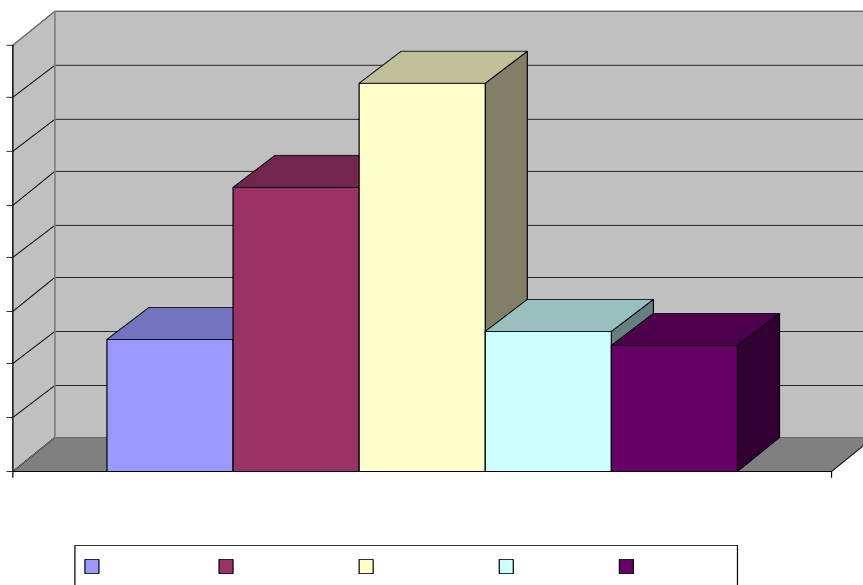
Polovina respondentů, kteří zakysané mléčné výrobky nekonzumují, tyto výrobky nechutnají. Dalšími důvody jsou zažívací potíže různého původu nebo názor, že jsou pro člověka nezdravé. Jeden z respondentů tyto výrobky jednoduše nechce jíst.

Otázka č. 8:

Jak často konzumujete zakysané mléčné výrobky?

- a) každý den
- b) 4-6x týdně
- c) 2-3x týdně
- d) 1x týdně
- e) 0x týdně

Ze všech respondentů konzumuje mléčné výrobky každý den 12,3 % (19 osob), 4-6krát týdně 26,6 % (41 osob), 2-3krát týdně 36,4 % (56 osob), jednou týdně 13,0 % (20 osob) a vůbec nekonzumuje mléčné výrobky 11,7 % respondentů (18 osob) (Graf 9).



Graf 9. Frekvence konzumování zakysaných mléčných výrobků respondenty.

Nejvíce respondentů konzumuje zakysané mléčné výrobky 2-3krát týdně, méně pak 4-6krát týdně. Nejmenší skupinu tvoří respondenti, kteří mléčné výrobky nekonzumují vůbec. S ohledem na rozdíly mezi pohlavími (Tabulka 4) je zřejmé, že mléčné výrobky konzumují s větší frekvencí ženy než muži.

Tabulka 4. Frekvence konzumace zakysaných mléčných výrobků podle pohlaví.

| Frekvence konzumace | muži (%) | ženy (%) |
|---------------------|----------|----------|
| každý den           | 3        | 9        |
| 4-6x týdně          | 7        | 20       |
| 2-3x týdně          | 11       | 25       |
| 1x týdně            | 5        | 8        |
| 0x týdně            | 4        | 8        |

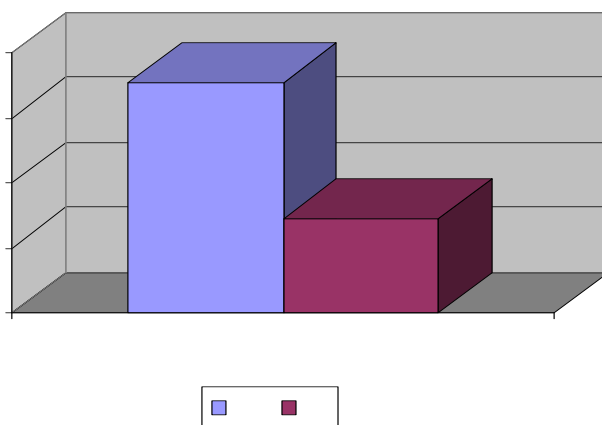
Otázka č. 9:

Jaké jiné kysané nebo kvašené výrobky (kvašená zelenina, apod.) konzumujete?

.....

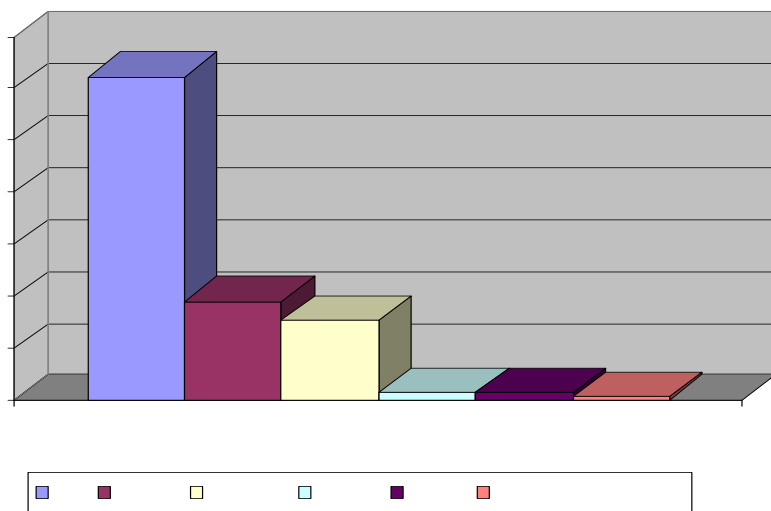
Na tuto otázku 109 respondentů (70,8 %) odpovědělo kladně (Graf 10) a uvádělo různé výrobky a 45 respondentů (29,2 %) neuvádělo žádný výrobek anebo napsalo „nic“, z čehož usuzujeme, že nekonzumují žádné jiné kysané nebo kvašené výrobky.

Téměř tři čtvrtiny respondentů tedy konzumují jiné kysané nebo kvašené výrobky.



Graf 10. Konzumace jiných kysaných nebo kvašených výrobků.

Na otázku č. 9 respondenti uváděli následující odpovědi (Graf 11): kysané zelí (62,2 %, 89 osob), kvašená zelenina (18,9 %, 27 osob), kvašené okurky (15,4 %, 22 osob), kimchi (1,4 %, 2 osoby), ovocné kvasy (1,4 %, 2 lidi) a šťávu z kysaného zelí (0,7 %, 1 osoba). Kysané zelí bylo uváděno nejčastěji.



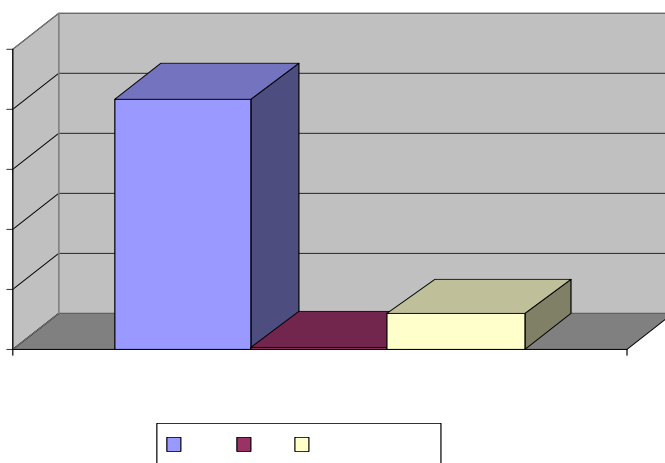
Graf 11. Jiné kysané nebo kvašené výrobky konzumované respondenty.

Otázka č. 10:

Znáte termín probiotika (probiotické bakterie)?

- a) ano
- b) ne
- c) termín je mi povědomý, ale nevím, co znamená

Termín probiotika zná (Graf 12) většina respondentů – 87,7 % (135 osob), nezná ho 0,6 % (1 respondent) a termín je povědomý, ale přesně neví jeho význam pro 11,7 % respondentů (18 osob).



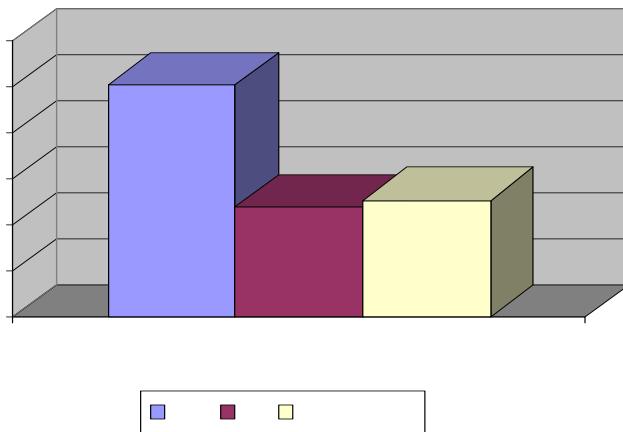
Graf 12. Znalost termínu probiotika.

Otázka č. 11:

Znáte termín prebiotika (prebiotická vláknina)?

- a) ano
- b) ne
- c) termín je mi povědomý, ale nevím, co znamená

Termín prebiotika zná přibližně polovina respondentů – 50,6 % (78 osob), nezná ho 24,0 % (37 osob) a termín je povědomý, ale přesně neví jeho význam pro 25,4 % respondentů (39 osob) (Graf 13).



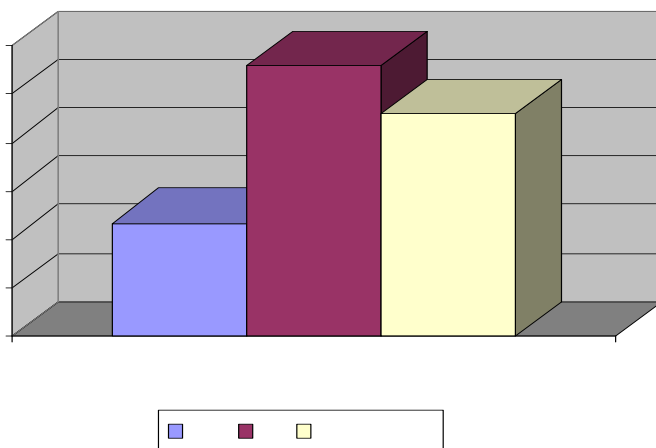
Graf 13. Znalost termínu prebiotika.

Otázka č. 12:

Znáte termín synbiotika (kombinace probiotik a prebiotik)?

- a) ano
- b) ne
- c) termín je mi povědomý, ale nevím, co znamená

Termín prebiotika zná (Graf 14) přibližně čtvrtina respondentů – 23,4 % (36 osob), nezná ho vyše polovina respondentů - 55,8 % (86 osob) a termín je povědomý, ale přesně neví jeho význam pro 20,8 % respondentů (32 osob).



Graf 14. Znalost termínu synbiotika.

Následující Tabulka 5 souhrnně ukazuje znalosti tří termínů respondenty, probiotika, prebiotika, synbiotika. Je jasně vidět, že nejvíce jich zná probiotika, méně prebiotika a nejméně synbiotika. Počet kladných odpovědi směrem k synbiotikům klesá a počet záporných odpovědi roste.

Tabulka 5. Souhrnná tabulka znalosti termínů probiotika, prebiotika a synbiotika.

| Znalost termínu | ano (%) | ne (%) | nevím přesně (%) |
|-----------------|---------|--------|------------------|
| probiotika      | 87,7    | 0,6    | 11,7             |
| prebiotika      | 50,6    | 24,0   | 25,4             |
| synbiotika      | 23,4    | 55,8   | 20,8             |

Termíny probiotika, prebiotika a synbiotika znají více ženy než muži (Tabulka 6).

Tabulka 6. Analýza odpovědí ohledně znalostí termínů probiotik, prebiotik a synbiotik podle pohlaví

| Znalost termínu | ano (%) |      | ne/nevím přesně (%) |      |
|-----------------|---------|------|---------------------|------|
|                 | muži    | ženy | muži                | ženy |
| probiotika      | 22      | 66   | 8                   | 4    |
| prebiotika      | 8       | 42   | 22                  | 28   |

|            |   |    |    |    |
|------------|---|----|----|----|
| synbiotika | 4 | 19 | 26 | 51 |
|------------|---|----|----|----|

Otázka č. 13: Konzumujete doplňky stravy obsahující probiotika (tobolky, tablety, nebo kapky s obsahem laktobacilů, bifidobakterií, apod.)? Pokud ano, napište prosím konkrétní výrobky.

- a) ano: .....  
b) ne

Otázka č. 14: Konzumujete doplňky stravy obsahující prebiotika (rozpustná vláknina, například inulin, psyllium, apod.)? Pokud ano, napište prosím konkrétní výrobky.

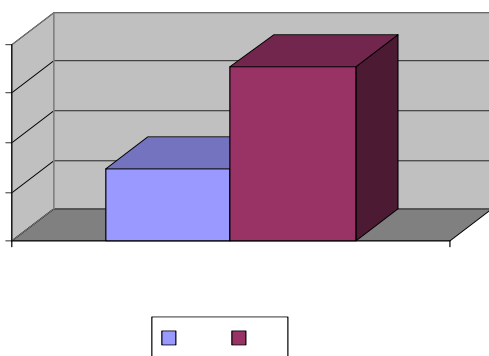
- a) ano: .....  
b) ne

Otázka č. 15: Konzumujete doplňky stravy obsahující synbiotika (kombinace probiotik a prebiotik )?

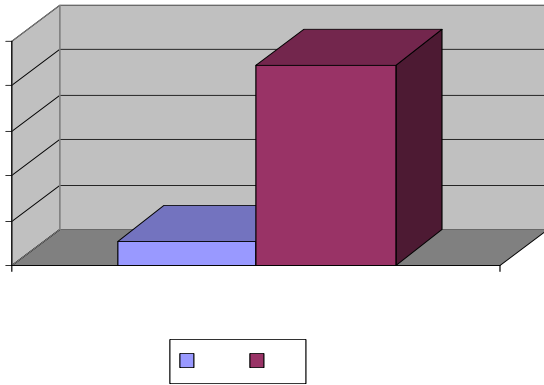
Pokud ano, napište prosím konkrétní výrobky.

- a) ano: .....  
b) ne

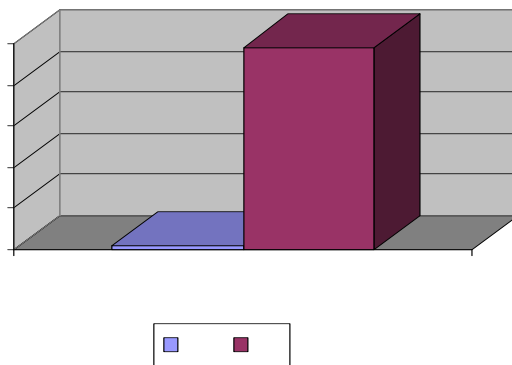
Doplňky stravy obsahující probiotika (Graf 15) konzumuje přibližně třetina - 29,2 % respondentů (45 osob) a 70,8 % (109 osob) je nekonzumuje. Většina respondentů tedy tyto doplňky stravy neužívá. Doplnky stravy obsahující prebiotika (Graf 16) konzumuje 11,0 % respondentů (17 osob) a převážná většina respondentů - 89,0 % (137 osob) je nekonzumuje. Doplnky stravy obsahující synbiotika (Graf 17) konzumuje 1,9 % respondentů (3 osoby) a téměř nikdo z respondentů je nekonzumuje 98,1 % (151 osob).



Graf 15. Konzumace doplňků stravy obsahující probiotika.

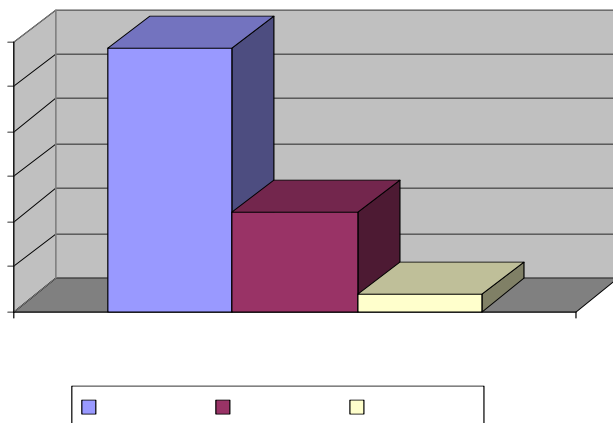


Graf 16. Konzumace doplňků stravy obsahující prebiotika.



Graf 17. Konzumace doplňků stravy obsahující synbiotika.

Souhrnné výsledky konzumace doplňků stravy s probiotiky, prebiotiky a synbiotiky (otázky 13, 14 a 15) ukazuje Graf 18, z něhož je zřejmé, že nejvíc respondentů konzumuje probiotika a nejméně synbiotika.



Graf 18: Konzumace doplňků stravy s obsahem probiotik, prebiotik a synbiotik.

S ohledem na pohlaví je zřejmé (Tabulka 7), že doplňky stravy s obsahem probiotik a prebiotik konzumují více ženy než muži.

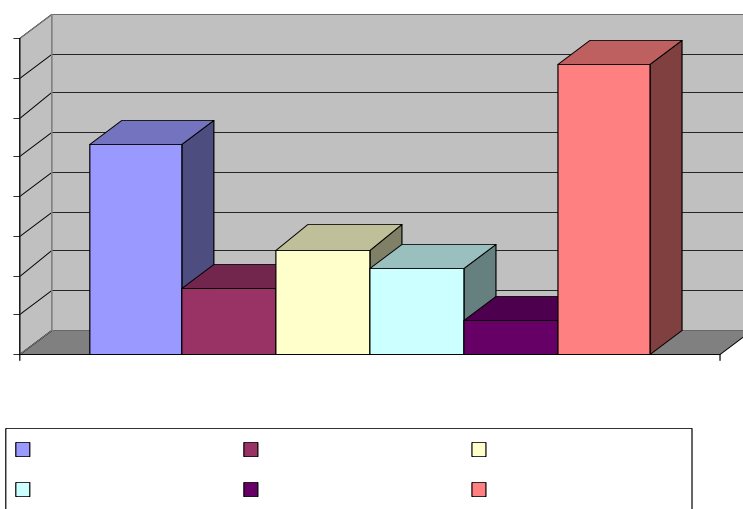
Tabulka 7. Analýza odpovědí ohledně konzumace doplňků stravy s obsahem probiotik, prebiotik a synbiotik podle pohlaví

| Konzumace doplňků stravy s obsahem | ano (%) |      | ne (%) |      |
|------------------------------------|---------|------|--------|------|
|                                    | muži    | ženy | muži   | ženy |
| probiotik                          | 7       | 22   | 23     | 48   |
| prebiotik                          | 2       | 9    | 28     | 61   |
| synbiotik                          | 1       | 1    | 29     | 69   |

Otázka č. 16: Pokud konzumujete probiotika, prebiotika, nebo synbiotika, jaký k tomu máte důvod? (možnost více odpovědí):

- a) jsem přesvědčen/a o jejich prospěšných účincích na zdraví
- b) chutnají mi
- c) pomáhají mi při (pravidelném) trávení
- d) pomohly mi odstranit trávicí, nebo jiné zdravotní problémy, kterými jsem trpěl/a
- d) viděl/a jsem je v reklamě a přesvědčili mě v ní, že jsou důležité
- e) užívám je pouze během a po léčbě antibiotiky

Na tuto otázku bylo získáno celkově 120 odpovědí (Graf 19), z čehož o prospěšných účincích probiotik, prebiotik a synbiotik na zdraví je přesvědčeno 26,7 % respondentů (32 osob), chutnají 8,3 % respondentů (10 osobám), pomáhají při trávení 13,3 % respondentů (16 osobám), pomohly odstranit trávicí a jiné zdravotní problémy 10,8 % respondentů (13 osobám), reklama přesvědčila k jejich konzumaci 4,2 % respondentů (5 osob) a užívá je při léčbě antibiotiky 36,7 % respondentů (44 osob).



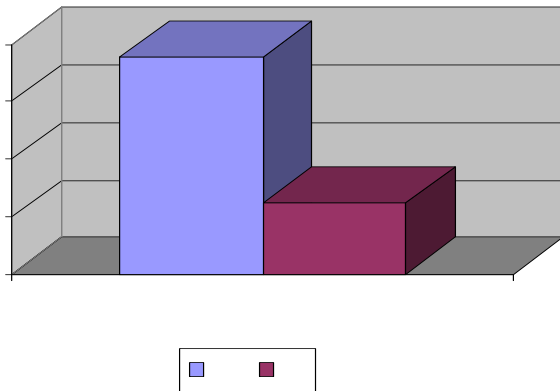
Graf 19. Důvod konzumace probiotik, prebiotik nebo synbiotik respondenty.

Nejvíce respondentů konzumuje probiotika, prebiotika nebo synbiotika při nebo po léčbě antibiotikami a pak z přesvědčení o jejich prospěšnosti. Nejméně respondentů je konzumuje z důvodu ovlivnění reklamou.

Otázka č. 17: Domníváte se, že jsou probiotika ve formě doplňků stravy účinná (prospěšná)?

- a) ano
- b) ne

Většina respondentů (75,3 %, 116 osob) si myslí, že probiotiká ve formě doplňků stravy jsou účinná, opačný názor má 24,7 % (38 respondentů) (Graf 20).

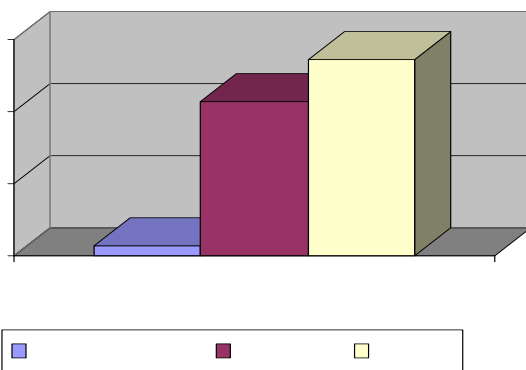


Graf 20. Názor respondentů na účinnost probiotik ve formě doplňků stravy.

Otázka č. 18: Jak často se léčíte antibiotiky?

- a) více než 3x za rok
- b) 1 - 2x za rok
- c) antibiotika neužívám

Antibiotika užívá více než 3 x ročně 2,6 % respondentů (4 osoby), 1-2 x ročně 42,9 % (66 osob) a antibiotika neužívá 54,5 % (84 osob) (Graf 21).



Graf 21. Frekvence užívání antibiotik.

Nejvíce respondentů antibiotika neužívá (54,5 %).

Otázka č. 19: Trpíte nějakým onemocněním trávicího traktu? V případě kladné odpovědi uveďte, kterým (možnost více odpovědí):

a) ne

b) ano:

- nadýmáním

- pálením žáhy

- laktosovou intolerancí

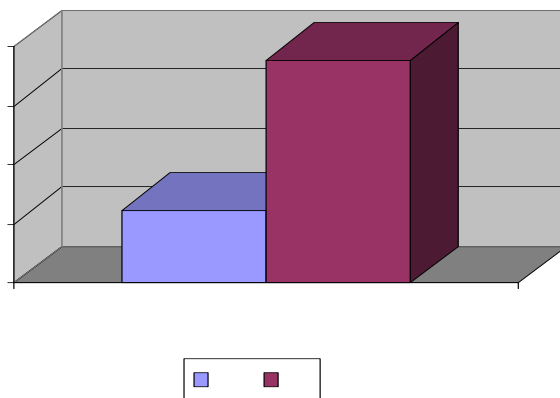
- celiakií

- Crohnovou nemocí

- syndromem dráždivého tračníku

- jiným: .....

Žádným onemocněním trávicí soustavy netrpí 75,3 % respondentů (116 osob), avšak 24,7 % respondentů (38 osob) onemocněním trávicího traktu trpí (Graf 22). Na základě kladných odpovědí nejvíce respondentů trpělo nadýmáním (44,8 %, 26 osob) a dále pálením žáhy (32,8 %, 19 osob) a 15,5 % respondentů (9 osob) trpělo jiným onemocněním. Syndromem dráždivého tračníku trpěly 2 osoby (3,4 %), a laktóзовou intolerancí a celiakií vždy 1 respondent (1,7 %). Crohnovou nemocí netrpěl nikdo.



Graf 22. Onemocnění trávicího traktu u respondentů.

Co se týká přítomnosti jiného onemocnění trávicího traktu (Tabulka 8), bylo získáno 9 odpovědí: dva lidi trpěli intolerancí na potraviny (jiné než laktóza) a zácpou, a vždy jeden člověk trpěl nevolností, diabetem, gastritidou, návratem žluče do žaludku a pomalým trávením

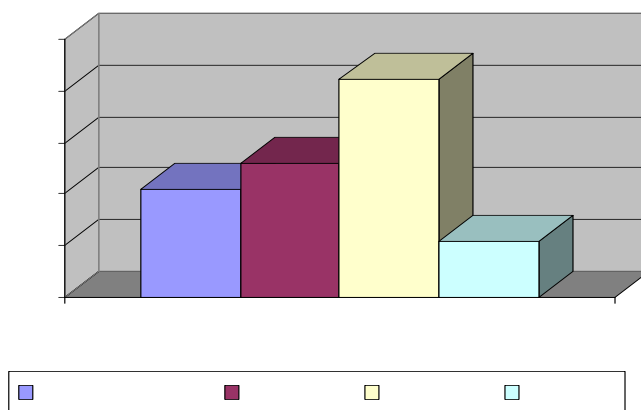
Tabulka 8. Jiná onemocnění trávicího traktu u respondentů.

| jiná onemocnění | potravinová intolerance | zácpa | nevolnost | diabetes | gastritida | návrat žluče | pomalé trávení |
|-----------------|-------------------------|-------|-----------|----------|------------|--------------|----------------|
| počet           | 2                       | 2     | 1         | 1        | 1          | 1            | 1              |

Otázka č. 20: Jak často vykonáváte pohybovou aktivitu trvajíc alespoň 30 minut (sport, ale i dynamická chůze, nordic walking, cvičení na míčích, apod.)?

- a) více než 5 x týdně
- b) 3 - 4 x týdně
- c) 1 - 2 x týdně
- d) vůbec ne

Pohybovou aktivitu s frekvencí více než 5 x týdně vykonávalo 20,8 % respondentů (32 osob), 3-4 x týdně 26,0 % respondentů (40 osob), 1-2 x týdně 42,2 % respondentů (65 osob) a žádnou pohybovou aktivitu nevykonává 11 % respondentů (17 osob) (Graf 28).



Graf 23. Frekvence vykonávané pohybové aktivity.

Respondenti vykonávali pohybovou aktivitu nejčastěji 1-2 x týdně (42,2 % respondentů). Nejméně bylo respondentů, kteří nevykonávali žádnou pohybovou aktivitu.

## 2.5. Diskuse

Cílem bakalářské práce bylo v teoretické části podat ucelený přehled dosavadních poznatků z oblasti probiotik, prebiotik a synbiotik, a v praktické části byla na základě dotazníkového šetření zjišťována informovanost respondentů o probioticích, prebioticích a synbioticích a s ní související konzumace těchto látek respondenty.

Dotazníkového šetření se zúčastnilo 154 respondentů, všechny dotazníky byly vyplněny rádně a tak mohly být dále zpracovány. Výzkumu se zúčastnilo přibližně 70 % žen a 30 % mužů, a největší počet respondentů byl v kategorii 19-29 let a dále v kategorii 40-49 let. Nejvíce bylo tedy studentů vysokých škol jednak bakalářského, magisterského i doktorského studijního programu, čemuž odpovídá i vzdělání respondentů, kdy největší zastoupení mají respondenti s vzděláním vysokoškolským a středoškolským s maturitou. K největšímu zastoupení vysokoškoláků přispěli i respondenti z řad zaměstnanců vysokých škol a vědecko-výzkumné instituce. S ohledem na typ vzdělání byli nejvíce zastoupení respondenti z humanitních oborů (přibližně 50 %) a čtvrtina respondentů byla přírodovědního vzdělání. Co se týká bydlení respondentů, nejvíce jich bydlelo ve velkoměstě (téměř polovina) a pak třetina respondentů bydlela ve vesnici. Nevíme ale, zda obyvatelé velkoměsta se tam i narodili, nebo tam jen přišli na studium a zůstali tam žít, anebo tam přišli za prací a zůstali tam žít.

Další otázky se již týkaly znalosti problematiky probiotik, prebiotik a synbiotik a jejich konzumace. Bylo zjištěno, že zakysané mléčné výrobky konzumuje 88,3 % respondentů, což je pozitivní zjištění vzhledem k jejich prospěšnosti na naše zdraví. Nejčastěji byl udáván jogurt, dále v sestupné tendenci acidofilní mléko, kefír, zakysaná smetana, zákys, kysané podmáslí, jogurtové nápoje, kyška, Actimel a skyr. Jogurt patří mezi tradiční zakysané mléčné výrobky v českých zemích. Skyr je relativně nová potravinová položka v Čechách, pochází z Islandu, u nás se vyrábí z pasterovaného odstředěného mléka a obsahuje průměrně 12 % bílkovin (Anonym, 2018), záleží od výrobce.

Zakysané mléčné výrobky nekonzumuje 18 respondentů (11,7 %). Jejich důvody jsou různé, nejvíce respondentům nechutnají, pak jim způsobují zažívací problémy, nebo mají intoleranci laktózy nebo alergii na bílkovinu kravského mléka. Dvě osoby si myslí, že nejsou zdravé, jedna osoba se stravuje podle principů makrobiotiky a jedna osoba je prostě nechce jíst. Poslední tři respondenti se (pravděpodobně) stravují některým z alternativních způsobů.

Nejčastější frekvence konzumace mléčných výrobků 2-3 x týdně, takto často je konzumuje přibližně 36 % respondentů. Každý den je konzumuje jen 12,3 % respondentů a více než čtvrtina respondentů je konzumuje 4-6krát týdně, tedy více než 4 x týdně je konzumuje asi 40 % respondentů. Tyto výrobky je vhodné konzumovat každý den s ohledem na jejich pozitivní účinky na střevní mikrobiotu. Je možné, že lidé tuto informaci neví.

Probiotické bakterie se vyskytují i v jiných kysaných nebo kvašených výrobcích, například kysaném zelí, kysané zelenině (pickles), aj. Na základě odpovědí tyto výrobky konzumují téměř tři čtvrtiny respondentů a výrobky, které byly uváděny, jsou (v klesající tendenci) kysané zelí, kvašená zelenina, kvašené okurky, korejské kimchi, ovocné kvasy a šťávu z kysaného zelí. Kysané zelí, jež bylo uváděno nejčastěji, je tradiční český výrobek, který v zimě nahrazoval chybějící vitaminy, např. vitamin C a využívá se i dnes v tradičních českých jídlech jako příloha, příp. polévka. Proces mléčného kvašení probíhá i při tvorbě kvásku ze žitné mouky a vody, a takto vyrobené pekařské výrobky jsou kyselejší než výrobky z droždí díky obsahu mastných kyselin s krátkým řetězcem. Tyto výrobky nevedl žádný respondent.

Další tři otázky se týkaly znalostí termínů probiotika, prebiotika a synbiotika. Z odpovědí je vidět, že nejvíce respondentů zná probiotika, méně prebiotika a nejméně synbiotika. Může k tomu přispívat i reklama na jogurty určité značky, ve které se tvrdí, že napomáhají dobrému zažívání. Co se týká termínu prebiotik, je možné, že k 50% znalosti tohoto termínu přispělo i zadání otázky, kde bylo specifikováno, že jde o prebiotickou vlákninu. Na druhé straně zadání otázky synbiotik též specifikovalo, že jde o kombinaci probiotik a prebiotik a negativních odpovědí bylo vyše 50 %; s přičtením další možnosti, kdy byl respondentům termín povědomý, ale nevěděli přesně, co znamená, se dostáváme k údaji přibližně 75 % respondentů, kteří přesně nevědí, co termín synbiotika znamená. K neznalosti synbiotik může přispívat i to, že na obalech doplňků stravy se tento termín nevyskytuje, vždy se uvádí jen, že jde o (komplexní) probiotikum s prebiotiky, nebo s fruktooligoasacharidy nebo s inulinem. Jen jeden přípravek má na obalu uvedeno „Probiotikum – synbiotikum“.

Další tři otázky zjišťovaly konzumaci konkrétních výrobků z kategorie probiotik, prebiotik a synbiotik. Nejvíce respondentů konzumovalo probiotika (29,2 %), méně prebiotika (11 %) a nejméně, jen tři respondenti (1,9 %), synbiotika. Tento závěr je logický, a souvisí s výsledkem odpovědí na otázky znalostí těchto termínů, kdy znalosti klesají od probiotik přes prebiotika a nejméně respondentů zná termín synbiotika. Myslím si, že odpovědi nejsou úplně průkazné, protože některé výrobky obsahují probiotika (komplex probiotických kmenů), ale zároveň i prebiotika, fruktooligosacharidy, inulin, nebo citrusovou vlákninou, příp. extrakt z artyčoku, tedy jde o synbiotika, ale na obalu není tento termín uveden, a tak neinformovaný uživatel vlastně neví, že konzumuje synbiotikum, a ne „jen“ probiotikum.

V otázce zjišťující důvody konzumace probiotik, prebiotik nebo synbiotik nejvíce respondentů (více než třetina) uvedlo, že je konzumuje během nebo po léčbě antibiotiky. Je to pravděpodobně díky osvětě ze strany masmédií, lékařů a pracovníků lékáren, kteří nabízejí k antibiotikům probiotické preparáty. Konzumace z tohoto důvodu ale není velmi častá, vzhledem k tomu, že více než polovina respondentů uvedla, že antibiotika v průběhu roku neužívají a více než 40 % užívá antibiotika 1-2 x ročně. Dalším nejčastějším důvodem konzumace probiotik, prebiotik nebo synbiotik je přesvědčení respondentů o jejich prospěšných účincích na zdraví, které vedou i k jejich častější konzumaci. Souhlasí to i s dalšími výsledky, které ukazují, že třičtvrtiny respondentů považuje probiotika ve formě doplňků stravy za účinná. Probiotika, prebiotika nebo synbiotika konzumuje z důvodu napomáhání odstranění trávicích a jiných zdravotních problémů přibližně 11 % respondentů a z důvodu napomáhání při trávení přibližně 13,3 % respondentů, to je spolu přibližně 24 %. Tyto výsledky souvisí s výsledky otázky č. 19, kdy bylo zjištěno, že 24,7 % respondentů trpí onemocněním trávicího traktu. Z nich nejvíce respondentů trpí nadýmáním (přibližně 45 %), dále pálením žáhy (přibližně 33 %) a zbytek trpí jinými onemocněními.

Na skladbu mikrobioty má velký vliv i pohybová aktivita (např. O'Sullivan a kol., 2015; Clarke a kol., 2014; Evans a kol., 2014). Pohybovou aktivitu s frekvencí 3 a více krát týdně vykonávalo téměř 47 % respondentů, a 1-2 x týdně 42,2 % respondentů. Doporučována je frekvence 3-5 x týdně, což splňuje téměř polovina respondentů.

Závěrem praktické části možno říci, že informovanost respondentů s ohledem na probiotika je vysoká, téměř 90 %, na rozdíl od výsledků bakalářské práce H. Šmahelové z roku 2008, která zjistila nedostatečnou informovanost o probioticech (Šmahelová, 2008). Informovanost o prebioticech a synbioticech je však podstatně nižší než u probiotik. Dalším zajímavým výsledkem je, že zakysané mléčné výrobky konzumuje téměř 80 % respondentů, jiné kvašené nebo kysané výrobky téměř 71 %, což je pozitivní zjištění, avšak s různou frekvencí, kterou by bylo potřeba navýšit s ohledem na prospěšné účinky těchto výrobků na střevní mikrobiotu.



### 3. Závěr

Cílem práce bylo v teoretické části shrnout a zhodnotit poznatky o probioticích, prebioticích a synbioticích, což bylo splněno. Na základě různých vědeckých studií není možné jednoznačně tvrdit, že suplementace probiotiky jsou účinná, i když většina prací prokázala zlepšení skladby střevní mikrobioty po jejich podání, a rovněž zlepšení glukózového a lipidového metabolismu a snížení krevního tlaku. Je zřejmé, že jejich účinek závisí na více faktorech. Důležitou úlohu má prebiotická vláknina, která je substrátem pro probiotické bakterie.

V praktické části, na základě dotazníků, bylo zjištěno, že ve sledované populaci je nejvyšší povědomí o probioticích, menší o prebioticích a synbioticích. S tím souvisí i četnost lidí, kteří jednotlivé látky v doplňcích stravy konzumovali. Je též pozitivním zjištěním, že zakysané mléčné výrobky konzumuje téměř 90 % dotázaných a též velký počet lidí konzumujících jiné kvašené nebo kysané výrobky, nejčastěji kysané zelí, okurky a zeleninu.

Vzhledem k nižší úrovni znalosti o významu prebiotik a synbiotik by bylo vhodné zvýšit informovanost v této oblasti, což by pak vedlo ke zvýšení jejich konzumace. V oblasti prevence zdraví je zapotřebí edukovat ke zvýšené konzumaci prebiotické vlákniny a poukázat na její pozitivní účinky spolu s probiotickými mikroorganismy z přírodních zdrojů. Posílení edukace v této oblasti je nedílnou součástí prevence chronických neinfekčních onemocnění.

## 4. Seznam použité literatury

- Abrams, S.A., Griffin, I.J., Hawthorne, K.M. & Ellis, K.J. (2007). Effect of prebiotic supplementation and calcium intake on body mass index. *Journal of Pediatrics*, 151, 293-298.
- Agerholm-Larsen, L., Raben, A., Haulrik, N., Hansen, A. S., Manders, M. & Astrup, A. (2000). Effect of 8 week intake of probiotic milk products on risk factors for cardiovascular diseases. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54, 288-297.
- Aihara K., Kajimoto O., Hirata H., Takahashi R. & Nakamura Y. (2005). Effect of powdered fermented milk with *Lactobacillus helveticus* on subjects with high-normal blood pressure or mild hypertension. *Journal of American College of Nutrition*, 4, 257-265.
- Alves, A., Sousa, R.A. & Reis, R.L. (2013). A practical perspective on ulvan extracted from green algae. *Journal of Applied Phycology*, 25, 407-424.
- Anonym (2013). Dostupné z: [http://www.pharmabiotech.cz/produkty\\_probiotika.php](http://www.pharmabiotech.cz/produkty_probiotika.php) [27.10.2018]
- Anonym (2015). Dostupné z: <http://www.fzv.cz/probiotika-a-prebiotika/> [21.10.2018]
- Anonym (2018). Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Skyr> [10.4.2019]
- Anonym (2016). Příloha č. 1 k vyhlášce č. 397/2016 Sb. Dostupné z: <https://zakonyprolidi.cz/cs/2016-397?text=zp%C5%AFsob+ozna%C4%8Dov%C3%A1n%C3%AD+potravin> [19.10.2018]
- Arslanoglu, S., Moro, G.E., Schmitt, J., Tandoi, L., Rizzardi, S. & Boehm, G. (2008). Early dietary intervention with a mixture of prebiotic oligosaccharides reduces the incidence of allergic manifestations and infections during the first two years of life. *Journal of Nutrition*, 138, 1091-1095.
- Asemi, Z., Zare, Z., Shakeri, H., Sabihi, S. S. & Esmailzadeh, A. (2013). Effect of multispecies probiotic supplements on metabolic profiles, HS-CRP, and oxidative stress in patients with type 2 diabetes. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 63, 1-9.
- Bartosch, S., Fite, A., Macfarlane, G.T. & McMurdo, M.E.T. (2004). Characterization of bacterial communities in feces from healthy elderly volunteers and hospitalized elderly patients by using real time PCR and effects of antibiotic treatment on the fecal microbiota. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 3575-3581.
- Beserra B. T. S., Fernandes R., do Rosario V. A., Mocellin M. C., Kuntz M. G. F. & Trindade E. B. S. M. (2015). A systematic review and meta-analysis of the prebiotics and synbiotics effects on glycaemia, insulin concentrations and lipid parameters in adult patients with overweight or obesity. *Clinical Nutrition (Edinburg, Scotland)*, 34, 845-858.
- Biagi, E., Franceschi, C., Rampelli, S., Severgnini, M., Ostan, R. a kol. (2016). Gut Microbiota and Extreme Longevity. *Current Biology*, 26, 1480-1485.
- Biagi, E., Nylund, L., Candela, M., Ostan, R., Bucci, L. a kol. (2010). Through Ageing, and Beyond: Gut Microbiota and Inflammatory Status in Seniors and Centenarians. *Plos ONE*, 5, e10667, 1-14.
- Bird, A.R., Conlon, M.A., Christophersen, C.T. & Topping, D.L. (2010). Resistant starch, large bowel fermentation and a broader perspective of prebiotics and probiotics. *Beneficial Microbes* 1, 423-431.

- Blatchford, P., Ansell, J., de Godoy, M. R. C., Fahey, G., Garcia-Mazcorro, J. F., Gibson, G. R., Goh, Y. J., Hotchkiss, A. T., Hutkins, R., LaCroix, C., Rastall, R. A., Reimer, R. A., Schoterman, M., Van Sinderen, D., Venema, K. & Whelan, K. (2013). Prebiotic mechanisms, functions and application – a review. *International Journal of Probiotics & Prebiotics*, 8, 4: 109-131.
- Bode, L. (2009). Human milk oligosaccharides: prebiotics and beyond. *Nutrition Reviews*, 67 (Suppl. 2), S183-191.
- Brahe, L. K., Le Chatelier, E., Prifti, E., Pons, N., Kennedy, S., Blaedel, T., Hakansson, J., Dalsgaard, T. K., Hansen, T. & Pedersen, O. (2015). Dietary modulation of the gut microbiota - A randomised controlled trial in obese postmenopausal women. *British Journal of Nutrition*, 114, 406-417.
- Brighenti, F., Casiraghi, M. C., Canzi, E. & Ferrari, A. (1999). Effect of consumption of a ready-to-eat breakfast cereal containing inulin on the intestinal milieu and blood lipids in healthy male volunteers. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53, 726-733.
- Brugman, S., Klatter, F.A., Visser, J.T.J., Wildeboer-Veloo, A.C.M., Harmsen, H.J., Rozing, J. & Bos, N.A. (2006). Antibiotic treatment partially protects against type 1 diabetes in the bio-breeding diabetes-prone rat. Is the gut flora involved in the development of type 1 diabetes? *Diabetologia*, 49, 2105-2108.
- Cani, P.D., Amar, J., Iglesias, M.A., Poggi, M., Knauf, C., Bastelica, D. a kol. (2007). Metabolic endotoxemia initiates obesity and insulin resistance. *Diabetes*, 56, 1761-1772.
- Cani, P.D. & de Vos, W.M. (2017). Next-Generation Beneficial Microbes: The Case of *Akkermansia muciniphila*. *Frontiers in Microbiology*, 8: 1765, 1-8. doi: 10.3389/fmicb.2017.01765.
- Cani, P.D., Geurts, L., Matamoros, S., Plovier, H. & Duparc, T. (2014). Glucose metabolism: focus on gut microbiota, the endocannabinoid system and beyond. *Diabetes & Metabolism*, 40, 246-257.
- Cani, P.D., Lecourt, E., Dewulf, E.M., Sohet, F.M., Pachikian, B.D., Naslain, D. a kol. (2009) Gut microbiota fermentation of prebiotics increases satietogenic and incretin gut peptide production with consequences for appetite sensation and glucose response after a meal. *American Journal of Clinical Nutrition*, 90, 1236-1243.
- Cerdá, B., Pérez, M., Pérez-Santiago, J.D., Tornero-Aguilera, J.F., González-Soltero, R. & Larrosa, M. (2016). Gut Microbiota Modification: Another Piece in the Puzzle of the Benefits of Physical Exercise in Health? *Frontiers in Physiology*, 7: 51, 1-11. doi: 10.3389/fphys.2016.00051.
- Clarke, S. F., Murphy, E. F., O'Sullivan, O., Lucey, A. J., Humphreys, M., Hogan, A., a kol. (2014). Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*, 63, 1913-1920.
- Cryan, J.F., Dinan, T.G. (2012). Mind-altering microorganisms: the impact of the gut microbiota on brain and behaviour. *Nature Reviews Neuroscience*, 13, 701-712.
- Dehghan, P., Gargari, B. P., Jafar-Abadi, M. A. & Aliasgharzadeh, A. (2014). Inulin controls inflammation and metabolic endotoxemia in women with type 2 diabetes mellitus: a randomized-controlled clinical trial. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 65, 117-123.
- De Luis, D. A., de la Fuente, B., Izaola, O., Conde, R., Gutierrez, S., Morillo, M. & Teba Torres, C. (2011). Double blind randomized clinical trial controlled by placebo with an alpha linoleic acid and prebiotic enriched cookie on risk cardiovascular factor in obese patients. *Nutrición Hospitalaria*, 26, 827-833.

- Delzenne, N.M., Cani, P.D. & Neyrinck, A.M. (2007). Modulation of glucagon-like peptide 1 and energy metabolism by inulin and oligofructose: experimental data. *Journal of Nutrition*, *137*, 2547S-2551S.
- De Palma, G., Nadal, I., Collado, M.C. & Sanz, Y. (2009). Effects of a gluten free diet on gut microbiota and immune function in healthy adult human subjects. *British Journal of Nutrition*, *102*, 1154-1160.
- Dethlefsen, L., Eckburg, P.B., Bik, E.M. & Relman, D.A. (2006). Assembly of the human intestinal microbiota. *Trends in Ecology & Evolution*, *21*, 517-523.
- de Vrese, M. & Schrezenmeir, J. (2008). *Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics*. In: Stahl U., Donalies U.E., Nevoigt E. (Eds.) Food Biotechnology. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology, *111*, s. 1-66. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Duncan, S.H., Lopley, G.E., Holtrop, G., Ince, J., Johnstone, A.M., Louis, P. & Flint, H.J. (2008). Human colonic microbiota associated with diet, obesity and weight loss. *International journal of Obesity*, *32*, 11: 1720-1724.
- EFSA, (2016). Dostupné z: [http://ec.europa.eu/food/safety/labelling\\_nutrition/claims/register/public/?event=register.home](http://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/claims/register/public/?event=register.home) resp. [http://ec.europa.eu/food/safety/labelling\\_nutrition/claims/register/public/?event=search](http://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/claims/register/public/?event=search) [18.10.2018]
- Ejtahed, H. S., Mohtadi-Nia, J., Homayouni-Rad, A., Niafar, M., Asghari-Jafarabadi, M., Mofid, V. & Akbarian-Moghari, A. (2011). Effect of probiotic yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* on lipid profile in individuals with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Dairy Science*, *94*, 3288-3294.
- Ejtahed, H. S., Mohtadi-Nia, J., Homayouni-Rad, A., Niafar, M., Asghari-Jafarabadi, M. & Mofid, V. (2012). Probiotic yogurt improves antioxidant status in type 2 diabetic patients. *Nutrition*, *28*, 539-543.
- Eslamparast, T., Zamani, F., Hekmatdoost, A., Sharafkhan, M., Eghtesad, S., Malekzadeh, R. & Poustchi, H. (2014). Effects of synbiotic supplementation on insulin resistance in subjects with the metabolic syndrome: A randomised, double-blind, placebo-controlled pilot study. *British Journal of Nutrition*, *112*, 438-445.
- Evans, C. C., LePard, K. J., Kwak, J. W., Stancukas, M. C., Laskowski, S., Dougherty, J., a kol. (2014). Exercise prevents weight gain and alters the gut microbiota in a mouse model of high fat diet-induced obesity. *PLoS ONE*, *9*:e92193. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092193>. Dostupné [21.1.2019]
- FAO/WHO (2012). *Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food: Joint FAO/WHO working group meeting*. London, Ontario, Canada, 30.4.-1.5.2002.
- Fijalkowski, K., Peitler, D., Rakoczy, R. & Zywicka, A. (2016). **Survival of probiotic lactic acid bacteria immobilized in different forms of bacterial cellulose in simulated gastric juices and bile salt solution.** *LWT-Food Science and Technology*, *68*, 322-328
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, *66*, 365-378. Dostupné z <https://pdfs.semanticscholar.org/d31d/fbb2f9a210e41ade9112fd3ba75aed3227e2.pdf> [15.1.2019]
- Gallaher, C. M., Munion, J., Hesslink, R., Jr., Wise, J. & Gallaher, D. D. (2000). Cholesterol reduction by glucomannan and chitosan is mediated by changes in cholesterol absorption and bile acid and

fat excretion in rats. *The Journal of Nutrition*, 130, 2753-2759.

Gargari, B. P., Namazi, N., Khalili, M., Sarmadi, B., Jafarabadi, M. A. & Dehghan, P. (2015). Is there any place for resistant starch, as alimentary prebiotic, for patients with type 2 diabetes? *Complementary Therapies in Medicine*, 23, 810-815.

Gebara, C., Chaves, K.S., Ribeiro, M.C.E., Souza, F.N., Grosso, C.R.F. & Gigante, M.L. (2013). Viability of *Lactobacillus acidophilus* La5 in pectin-whey protein microparticles during exposure to simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*, 51, 872-878

Genta, S., Cabrera, W. & Habib, N. (2009). Yacon syrup: beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clinical Nutrition*, 28, 182-187.

Gibson, G.R. & Fuller, R. (2000). Aspects of *in vitro* and *in vivo* research approaches directed toward identifying probiotics and prebiotics for human use. *The Journal of Nutrition*, 130, 391S-395S.

Gibson, G.R. & Roberfroid, M.B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125, 1401-1412

Gobel, R. J., Larsen, N., Jakobsen, M., Molgaard, C. & Michaelsen, K. F. (2012). Probiotics to adolescents with obesity: Effects on Inflammation and metabolic syndrome. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 55, 673-678.

Goldenberg, J.Z., Yap, C., Lytvyn, L. Lo, C. K-F., Beardsley, J., Mertz, D. & Johnston, B.C. (2017). Probiotics for the prevention of *Clostridium difficile*-associated diarrhea in adults and children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, CD006095

Greany, K. A., Bonorden, M. I. J., Hamilton-Reeves, J. M., McMullen, M. H., Wangen, K. E., Phipps, W. R. & Kruzer M. S. (2008). Probiotic capsules do not lower plasma lipid in young women and men. *European Journal of Clinical Nutrition*, 62, 232-237.

Grossova, M., Rysavka, P. & Marova, I. (2017). Probiotic biofilm on carrier surface: a novel promising application for food industry. *Acta Alimentaria*, 46, 439-448.

Guarner, F. (2005). Inulin and oligofructose: impact on intestinal diseases and disorders. *British Journal of Nutrition, Suppl. 1*, S61-65

Guglielmetti, S., Mora, D., Gschwender, M. & Popp, K. (2011). Randomised clinical trial: *Bifidobacterium bifidum* MIMBb75 significantly alleviates irritable bowel syndrome and improves quality of life – a double-blind, placebo-controlled study. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 33(10): 1123-1132.

Ha, C. G., Cho, J. K., Lee, C. H., Chai, Y. G., Ha, Y. A. & Shin, S. H. (2006). Cholesterol lowering effect of *Lactobacillus plantarum* isolated from human feces. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16, 1201-1209.

Han, J.-L. & Lin, H.-L. (2014). Intestinal microbiota and type 2 diabetes: From mechanism insights to therapeutic perspective. *World Journal of Gastroenterology*, 20, 17737-17745.

Hatakka, K., Holma, R., El-Nezami, H., Suomalainen, T., Kuisma, M., Saxelin, M. & Korpela, R. (2008). The influence of *Lactobacillus rhamnosus* LC705 together with *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* JS on potentially carcinogenic bacterial activity in human colon. *International Journal of Food Microbiology*, 128, 406-410.

- Hattori, M. & Taylor, T.D. (2009). The human intestinal microbiome: a new frontier of human biology. *DNA Research*, *16*, 1-12
- Hutkins, R.W., Krumbek, J.A., Bindels, L.B., Cani, P.D., Fahey Jr., G., Goh, Y.J., Hamaker, B., Martens, E.C., Mills, D.A., Rastal, R.A., Vaughan, E. & Sanders, M.E. (2016). Prebiotics: why definitions matter. *Current Opinion in Biotechnology*, *37*, 1-7.
- Chapman C.M.C., Gibson, G.R. & Rowland I. (2011). Health benefits of probiotics: are mixtures more effective than single strains? *European Journal of nutrition*, *50*, 1-17.
- Choi, J. J., Eum, S. Y., Rampersaud, E., Daunert, S., Abreu, M. T. & Toborek, M. (2013). Exercise attenuates PCB-induced changes in the mouse gut microbiome. *Environmental Health Perspectives*, *121*, 725-730.
- Childs, C. E., Roytio, H., Alhoniemi, E., Fekete, A. A., Forssten, S. D., Hudjec, N., Lim, Y. N., Steger, C. J., Yaqoob, P., Tuohy, K. M., Rastall, R. A., Ouwehand, A. C. & Gibson, G. R. (2014). Xylo-oligosaccharides alone or in synbiotic combination with *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* induce bifidogenesis and modulate markers of immune function in healthy adults: a double-blind, placebo-controlled, randomised, factorial cross-over study. *British Journal of Nutrition*, *111*, 1945-1956.
- Ipar, N., Aydoghu, S. D., Yildirim, G. K., Inal, M., Gies, I., Vandenplas, Y. & Dinleyici, E. C. (2015). Effects of symbiotic on anthropometry, lipid profile and oxidative stress in obese children. *Beneficial Microbes*, *6*, 775-781.
- Jones, M. L., Martoni, C. J., Parent, M. & Prakash, S. (2012). Cholesterol-lowering efficacy of a microencapsulated bile salt hydrolase-active *Lactobacillus reuteri* NCIMB 30242 yoghurt formulation in hypercholesterolaemic adults. *British Journal of Nutrition*, *107*, 1505-1513.
- Jonkers, D., Penders, J., Masclee, A. & Pierik, M. (2012) Probiotics in the management of inflammatory bowel disease. *Drugs*, *72*(6):803-823.
- Han, J. L. & Lin, H. L. (2014). Intestinal microbiota and type 2 diabetes: from mechanism insights to therapeutic perspective. *World Journal of Gastroenterology*, *20*, 17737-17745.
- Kadooka, Y., Sato, M., Imaizumi, K., Ogawa, A., Ikuyama, K., Akai, Y., Okano, M., Kagoshima, M. & Tsuchida, T. (2010). Regulation of abdominal adiposity by probiotics (*Lactobacillus gasseri* SBT2055) in adults with obese tendencies in a randomized controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, *64*, 636-643.
- Kadooka, Y., Sato, M., Ogawa, A., Miyoshi, M., Uenishi, H. & Ogawa, H. (2013). Effect of *Lactobacillus gasseri* SBT2055 in fermented milk on abdominal adiposity in adults in a randomised controlled trial. *British Journal of Nutrition*, *110*, 1696-1703.
- Karlsson, C.L., Önnarfält, J., Xu, J., Molin, G., Ahrné, S. & Thorngren-Jerneck, K. (2012). The microbiota of the gut in preschool children with normal and excessive body weight. *Obesity*, *20*, 2257-2261
- Kaur, I.P., Chopra, K. & Saini, A. (2002). Probiotics: potential pharmaceutical applications. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, *15*, 1-9.
- Keenan, J. M., Pins, J. J., Frazel, C., Moran, A. & Turnquist, L. (2002). Oat ingestion reduces systolic and diastolic blood pressure in patients with mild or borderline hypertension: A pilot trial. *The Journal of Family Practise*, *51*, 369.
- Kelesidis, T. & Pothoulakis, C. (2012). Efficacy and safety of the probiotic *Saccharomyces boulardii* for the prevention and therapy of gastrointestinal disorders. *Therapeutic Advances in*

*Gastroenterology*, 5(2): 111-125.

Kellow, N. J., Coughlan, M. T. & Reid, Ch. M. (2014). Metabolic benefits of dietary prebiotics in human subjects: a systematic review of randomised controlled trials. *British Journal of Nutrition*, 111, 1147-1161.

Kelly, D., King, T. & Aminov, R. (2007). Importance of microbial colonization of the gut in early life to the development of immunity. *Mutation Research*, 622, 58-69.

Kiessling, G., Schneider, J. & Jahreis, G. (2002). Long-term consumption of fermented dairy products over 6 months increases HDL cholesterol. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, 843-849.

Kimura, I., Ozawa, K., Inoue, D., Imamura, T., Kimura, K., Maeda, T. a kol. (2013). The gut microbiota suppresses insulin-mediated fat accumulation via the short-chain fatty acid receptor GPR43. *Nature Communications*, 4, 1829.

Konturek, S.J., Konturek, J.W., Pawlik, T. & Brzozowski, T. (2004). Brain-gut axis and its role in the control of food intake. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 55, 137-154.

Kruis, W., Chrubasik, S., Boehm, S., Stange, C. & Schulze, J. (2012). A double-blind placebo-controlled trial to study therapeutic effects of probiotic *Escherichia coli* Nissle 1917 in subgroups of patients with irritable bowel syndrome. *International Journal of Colorectal Disease*, 27(4): 467-474.

Kumar, M., Babaei, P., Ji, B. & Nielsen, J. (2016). Human gut microbiota and healthy aging: recent development and future prospective. *Nutrition and Healthy Aging*, 4, 3-16

Kunz, C., Rudloff, S., Baier, W., Klein, N. & Strobel, S. (2000). Oligosaccharides in human milk: structural, functional, and metabolit aspects. *Annual Review of Nutrition*, 20, 699-722

Lambert, J. E., Myslicki, J. P., Bomhof, M. R., Belke, D. D., Shearer, J. & Reimer, R. A. (2015). Exercise training modifies gut microbiota in normal and diabetic mice. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40, 749-752.

Larsen, N., Vogensen, F. K., van den Berg, F. W. J., Nielsen, D. S., Andreasen, A. S., Pedersen, B. K., Al-Soud, W. A., Sorensen, S. J., Hansen, L. H. & Jakobsen, M. (2010). Gut microbiota in human adults with type 2 diabetes differs from non-diabetic adults. *PLoS ONE*, 5(2), e9085.

Lau, S. (2014) Oral application of bacterial lysate in infancy diminishes the prevalence of atopic dermatitis in children at risk for atopy. *Beneficial Microbes*, 5, 147-149

Lee, Y. P., Mori, T. A., Puddey, I. B., Sipsas, S., Ackland, T. R., Beilin, L. J. & Hodgson, J. M. (2009). Effects of lupin kernel flour-enriched bread on blood pressure: A controlled intervention study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89, 766-772.

Ley R. E. (2010): Obesity and the human microbiome. *Current Opinion in Gastroenterology*, 26, 5-11.

Ley, R.E., Backhed, F., Turnbaugh, P., Lozupone, C.A., Knight, R.D. a kol. (2005). Obesity alters gut microbial ecology. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 102, 11070-11075.

Ley R. E., Turnbaugh P. J., Klein S. & Gordon J. I. (2006). Microbial ecology: human gut microbes associated with obesity. *Nature*, 444, 1022-1023.

Letexier D., Diraison F., Beylot M. (2003). Addition of inulin to a moderately high-carbohydrate diet reduces hepatic lipogenesis and plasma triacylglycerol concentrations in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77, 546-559.

- Lodinová-Žádníková, R., Cukrowská, B., Tlaskalová-Hogenová, H. (2003). Oral administration of probiotic *Escherichia coli* after birth reduces frequency of allergies; and repeated infections later in life (after 10 and 20 years). *International Archives of Allergy and Immunology*, *131*, 209-211.
- Lopez-Cepero A. A., Palacios C. (2015). Association of the intestinal microbiota and obesity. *Puerto Rico Health Sciences Journal*, *34*, 60-64.
- Lopez-Siles, M., Duncan, S.H., Garcia-Gil, L.J. & Martinez-Medina, M. (2017). *Faecalibacterium prausnitzii*: from microbiology to diagnostics and prognostics. *The ISME Journal*, *11*, 841-852.
- Luo, J., Van Yperselle, M., Rizkalla, S. W., Rossi, F., Bornet, F. R. J. & Slama G. (2000). Chronic consumption of short-chain fructooligosaccharides does not affect basal hepatic glucose production or insulin resistance in type 2 diabetics. *The Journal of Nutrition*, *130*, 1572-1577.
- Lyon, M., Wood, S., Pelletier, X., Donazzolo, Y., Gahler, R. & Bellisle, F. (2011). Effects of a 3-month supplementation with a novel soluble highly viscous polysaccharide on anthropometry and blood lipids in nondieting overweight or obese adults. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, *24*, 351-359.
- Lyte, M. (2014). Microbial endocrinology and the microbiota-gut-brain axis. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, *817*, 3-24.
- Mahboobi, S., Iraj, B., Maghsoudi, Z., Feizi, A., Ghiasvand, R., Askari, G. & Maayeshi, N. (2014). The effects of probiotic supplementation on markers of blood lipids, and blood pressure in patients with prediabetes. A randomized clinical trial. *International Journal of Preventive Medicine*, *5*, 1239-1246.
- Mandalari, G., Nueno Palop, C., Tuohy, K., Gibson, G.R., Bennett, R.N., Waldron, K.W., Bisignano, G., Narbad, A. & Faulds, C.B. (2007). In vitro evaluation of the prebiotic activity of a pectic oligosaccharide-rich extract enzymatically derived from bergamot peel. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *73*, 1173-1179.
- Mariat, D., Firmesse, O., Levenez, F., Guimaraes, V.D., Sokol, H., et al. (2009). The *Firmicutes/Bacteroidetes* ratio of the human microbiota changes with age. *BMC Microbiology*, *9*, 123.
- Matsumoto, M., Inoue, R., Tsukahara, T., Ushida, K., Chiji, H., Matsubara, N. & Hara, H. (2008). Voluntary running exercise alters microbiota composition and increases n-butyrate concentration in the rat cecum. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, *72*, 572-576.
- McFarland, L.V. (2006) Meta-analysis of probiotics for the prevention of antibiotic associated diarrhea and the treatment of *Clostridium difficile* disease. *American Journal of Gastroenterology*, *101*(4), 812-822
- Messaoudi, M., Lalonde, R., Violle, N., Javelot, H., Desor, D., Nejd, A., Bisson, J.-F., Rougeot, C., Pichelin, M., Cazaubiel, M. & Cazaubiel, J.-M. (2011). Assessment of psychotropic-like properties of a probiotic formulation (*Lactobacillus helveticus* R0052 and *Bifidobacterium longum* R0175) in rats and human subjects. *British Journal of Nutrition*, *105*, 755-764.
- Moroti, C., Magri, L.F.S., de Rezende Costa, M., Cavallini, D.C.U. & Sivieri, K. (2012). Effect of the consumption of a new symbiotic shake on glycemia and cholesterol levels in elderly people with type 2 diabetes mellitus. *Lipids in Health and Disease*, *11*(29): 1-8.
- Mueller, S., Saunier, K., Hanisch, C., Norin, E., Alm, L., Midtvedt, T., Cresci, A., Silvi, S., Orpianesi, C., Verdenelli, M.C., Clavel, T., Koebnick, C., Zunft, H.-J., F., Doré, J. & Blaut, M. (2006). Differences in fecal microbiota in different European study populations in relation to age, gender, and country: a cross-sectional study. *Applied and Environmental Microbiology*, *72*, 1027-1033.

- Nadal, I., Donant, E., Ribes-Koninckx, C., Calabuig, M. & Sanz, Z. (2007). Imbalance in the composition of the duodenal microbiota of children with coeliac disease. *Journal of Medical Microbiology*, 56, 1669-1674.
- Naito, E., Yoshida, Y., Makino, K., Kounoshi, Y., Kunihiro, S., Takahashi, R., Matsuzaki, T., Miyazaki, K. & Ishikawa, F. (2011). Beneficial effect of oral administration of *Lactobacillus casei* strain shirota on insulin resistance in diet-induced obesity mice. *Journal of Applied Microbiology*, 110, 650-657.
- Naruszewicz, M., Johansson, M.-L., Zapolska-Downar, D., Bukowska, H. (2002). Effect of *Lactobacillus plantarum* 299v on cardiovascular disease risk factors in smokers. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76, 1249-55.
- Newburg, D.S. (1996). Oligosaccharides and glycoconjugates in human milk: their role in host defence. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 1, 271-283.
- Nichenametla S. N., Weidauer L. A., Wey H. E., Beare T. M., Specker B. L. & Dey M. (2014). Resistant starch type 4-enriched diet lowered blood cholesterol and improved body composition in a double blind controlled cross-over intervention. *Molecular Nutrition & Food Research*, 58, 1365-1369.
- Ong L. & Shah N. P. (2008). Release and identification of angiotensin-converting enzyme-inhibitory peptides as influenced by ripening temperatures and probiotic adjuncts in cheddar cheeses. *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1555-1566.
- O'Sullivan, O., Cronin, O., Clarke, S. F., Murphy, E. F., Molloy, M. G., Shanahan, F., a kol. (2015). Exercise and the microbiota. *Gut Microbes*, 6, 131-136.
- Pandey K.R., Naik, S.R. & Vakil B.V. (2015). Probiotics, prebiotics and synbiotics – a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 7577-7587
- Pechar, R., Rada, V., Parafati, L., Musilova, S., Bunesova, V. a kol. (2014). Mupirocin-mucin agar for selective enumeration of *Bifidobacterium bifidum*. *International Journal of Food Microbiology*, 191, 32-35.
- Peña, A.S. (2007). Intestinal flora, probiotics, prebiotics, synbiotics and novel foods. *Revista Espanola de Enfermedades Digestivas*, 99, 653
- Pineiro, M., Asp, N.G., Reid, G., Macfarlane, S., Morelli, L., Brunser, O. & Kieran, T. (2008). FAO technical meeting on prebiotics. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 42, S156-S15
- Plovier, H., Everard, A., Druart, C., Depommier, C., Van Hul, M., Geurts, L., Chilloux, J., Ottman, N., Duparc, T., Lichtenstein, L., Myridakis, A., Delzenne, N.M., Klievink, J., Bhattacharjee, A., van der Ark, K.C.H., Aalvink, S., Martinez, L.O., Dumas, M.-E., Maiter, D., Loumaye, A., Hermans, M.P., Thissen, J.-P., Belzer, C., de Vos, W.M. & Cani, P.D. (2017). A purified membrane protein from *Akkermansia muciniphila* or the pasteurized bacterium improves metabolism in obese and diabetic mice. *Nature Medicine*, 23, 107-113
- Pokusaeva, K., Fitzgerald G.F. & van Sinderen, D. (2011). Carbohydrate metabolism in *Bifidobacteria*. *Genes & Nutrition*, 6(3), 285-306.
- Psichas, A., Sleeth, M.L., Murphy, K.G., Brooks, L., Bewick, G.A., Hanyaloglu, A.C. a kol. (2014). The short chain fatty acid propionate stimulates GLP-1 and PYY secretion via free fatty acid receptor 2 in rodents. *International Journal of Obesity*, 39, 424-429
- Rada, V. (2010). Využití probiotik, prebiotik a synbiotik. *Interní medicína pro praxi*, 12, 92-97
- Rada, V. & Marounek, M. (2005). *Probiotika a prebiotika ve výživě zvířat*. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, Vědecký výbor výživy zvířat, studie, s. 4-42

- Rajilić-Stojanović, M., Heilig, H.G.H.J., Molenaar, D., Kajander, K., Surakka, A. a kol. (2009). Development an application of the human intestinal tract chip, a phylogenetic microarray: analysis of universally conserved phylotypes in the abundant microbiota of young and elderly adults. *Environmental Microbiology*, *11*(7), 1736-1751.
- Rajkumar H., Mahmood N., Kumar M. & Varikuti S. R. (2014). Effect of probiotic (VSL#3) and omega-3 on lipide profile, insulin sensitivity, inflammatory markers, and gut colonization in overweight adults. A randomized, controlled trial. *Mediators of Inflammation*, *348959*, 34-42. doi: 10.1155/2014/348959.
- Reid, G., Sanders, M.E., Gaskins, H.R., Gibson, G.R., Mercenier, A., Rastall, R., Roberfroid, M., Rowland, I., Cherbut, C. & Klaenhammer, T.R. (2003). New scientific paradigms for Probiotics and Prebiotics. *Journal of Clinical Gastroenterology*, *37*, 105-118
- Remely, M., Aumuller, E., Jahn, D., Hippe, B., Brath, H. & Haslberger, A.G. (2014). Microbiota and epigenetic regulation of inflammatory mediators in type 2 diabetes and obesity. *Beneficial Microbes*, *5*, 33-43
- Romeo, J., Nova, E., Wärnberg, J., Gómez-Martínez, S., Díaz Ligia, L.E. & Marcos, A. (2010). Immunomodulatory effect of fibres, probiotics and synbiotics in different life-stages. *Nutrición Hospitalaria*, *25*, 341-349
- Russo F., Riezzo G., Chiloiro M., De Michele, G., Chimienti, G., Marconi, E., DAttoma, B., Linsalata, M. & Clemente, C. (2010). Metabolic effects of a diet with inulin-enriched pasta in healthy young volunteers. *Current Pharmaceutical Design*, *16*, 825-831.
- Saarela, M., Mogensen, G., Fondén, R., Mättö, J. & Mattila-Sandholm, T. (2000). Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties. *Journal of Biotechnology*, *84*, 197-215.
- Safavi M., Farajian S., Kelishadi R., Mirlohi M. & Hashemipour M. (2013). The effects of synbiotic supplementation on some cardio metabolic risk factors in overweight and obese children: A randomised triple-masked controlled trial. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *64*, 687-693.
- Sanders M., Guarner F., Guerrant R., Holt P., Quigley E., Sartor R., Sherman P. & Mayer E. (2013). An update on the use and investigation of probiotics in health nad disease. *Gut*, *62*, 787-796
- Sanchez M., Darimont C., Drapeau V., Emady-Azar S., Lepage M., Rezzonico E., Ngom-Bru C., Berger B., Philippe L. & Ammon-Zuffrey C. (2014). Effect of Lactobacillus rhamnosus CGMCC1.3724 supplementation on weight loss and maintenance in obese men and women. *British Journal of Nutrition*, *111*, 1507-1519.
- Sanz Y., Rastmanesh R., Agostoni C. (2013). Understanding the role of gut microbes and probiotics in obesity: how far are we? *Pharmacological Research*, *69*, 144-155.
- Saulnier, D., Spinler, J.K., Gibson, G.R. & Versalovic, J. (2009). Mechanisms of probiosis and prebiosis: considerations for enhanced functional foods. *Current Opinion in Biotechnology*, *20*, 135-141.
- Seppo L., Jauhiainen T., Poussa T. & Korpela R. (2003). A fermented milk high in bioactive peptides has a blood pressure-lowering effect in hypertensive subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, *77*, 326-330.
- Schwartz, A., Taras, D., Schafer, K., Beijer, S., Bos, N.A. a kol. (2010). Microbiota and SCFA in lean and overweight healthy subjects. *Obesity (Silver Spring)*, *18*(1):190-195.

- Singh, R., Chang, H.-W., Yan, D., Lee, K.M., Ucmak, D., Wong, K., Abrouk, M., Farahnik, B., Nakamura, M., Zhu, T.H., Bhutani, T. & Liao, W. (2017). Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health. *Journal of Translational Medicine*, 15:73.
- Slavin, J. (2013) Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*, 5, 1417-1435
- Sokol, H., Pigneur, B., Watterlot, L., Lakhdari, O., Bermudez-Humaran, L.G., Gratadoux, J.J. a kol. (2008). *Faecalibacterium prausnitzii* is an anti-inflammatory commensal bacterium identified by gut microbiota analysis of Crohn's disease patients. *Proceeding of the National Academy of Sciences USA* 105, 16731-16736.
- Sokol, H., Seksik, P., Furet, J.P., Firmesse, O., Nion-Larmurier, I., Beaugerie, L. a kol. (2009). Low counts of *Faecalibacterium prausnitzii* in colitis microbiota. *Inflammatory Bowel Diseases*, 15, 1183-1189.
- Solař S. (2010). Prebiotika a probiotika v klinické praxi. *Medicína pro praxi*, 7 (1), 14-18.
- SPP (2013). [https://www.probiotika-prebiotika.cz/data/protokol\\_chr\\_hansen\\_2013.pdf](https://www.probiotika-prebiotika.cz/data/protokol_chr_hansen_2013.pdf). Dostupné [18.1.2019].
- Suez, J., Korem, T., Zeevi, D., Zilberman-Schapira, G., Thaiss, C.A., Maza, O., Israeli, D., Zmora, N. a kol. (2014). Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature* 514, 181-186.
- Sun J. & Buys N. (2015): Effects of probiotics consumption on lowering lipids and CVD risk factors. A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Annals of Medicine*, 47, 430-440.
- Svačina, Š. a kol. (2008). *Klinická dietologie*. Praha: Grada.
- Šmahelová, H. (2008). *Probiotika* (Bakalářská práce). Brno: Lékařská fakulta, Masarykova univerzita.
- Tajadadi-Ebrahimi M., Bahmani F., Shakeri H., Hadaegh H., Hijijafari M., Abedi F. & Asemi Z. (2014). Effects of daily consumption of synbiotic bread on insulin metabolism and serum high-sensitivity C-reactive protein among diabetic patients: A double-blind, randomized, controlled clinical trial. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 65, 34-41.
- Tláskal, P., Blatná, J., Dlouhý, P., Dostálová, J., Perlín, C., Pivoňka, J., Kunová, V. & Štiková, O. (2016). *Výživa a potraviny pro zdraví*. Praha: Společnost pro výživu, z.s., s. 14.
- Tolhurst G, Heffron H, Lam YS, Parker HE, Habib AM, Diakogiannaki E a kol. (2012). Short-chain fatty acids stimulate glucagon-like peptide-1 secretion via the G-protein-coupled receptor FFAR2. *Diabetes*, 61, 364-371.
- Tonucci L. B., Olbrich Dos Santos K. M., Licursi de Oliveira L., Rocha Ribeiro S. M. & Duarte Martino H. S. (2017). Clinical application of probiotics in type 2 diabetes mellitus. A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Clinical Nutrition*, 36, 85-92, doi: [10.1016/j.clnu.2015.11.011](https://doi.org/10.1016/j.clnu.2015.11.011).
- Tsilingiri, K. & Rescigno, M. (2013). Postbiotics: what else? *Beneficial Microbes*, 4, 101-107.
- Udayappan, S.D., Kovatcheva-Datchary, P., Bakker, G.J., Havik, S.R., Herrema, H., Cani, P.D. a kol. (2017). Intestinal *Ralstonia pickettii* augments glucose intolerance in obesity. *Plos One*, 12, e0181693.
- Van den Abbeele, P., Van de Wiele, T., Grootaert, C., Verstraete, W., Gérard, P., Bruneau, A., Rabot, S. & Possemiers, S. (2010). *Arabinoxylans and inulin modulate the luminal and mucosa-*

associated bacteria in vitro and in vivo. In: J.W. Vanderkamp, J. Jones, B. McCleary, D. Topping, Dietary Fibre: New frontiers for food and health. Wageningen, NLD : Academic Publishers. s. 233-249

Vanhoutte, T., Huys, G., De Brandt, E. & Swings, J. (2004). Temporal stability analysis of the microbiota in human feces by denaturing gradient gel electrophoresis using universal and group-specific 16S rRNA gene primers. *FEMS Microbiology Ecology*, 48, 437-446.

Velíšek, J. (1999). *Chemie potravin*. Tábor: Osis.

Venema, K. (2012). Intestinal fermentation of lactose and prebiotic lactose derivatives, including human milk oligosaccharides. *International Dairy Journal*, 22, 123-140.

Venema, K. & do Carmo, A. P. (2015). *Probiotics and Prebiotics. Current Research and Future Trends*. Norfolk, UK: Caister Academic Press, s. 3-4.

Vonk, R.J., Reckman, G.A.R., Harmsen, H.J.M. & Priebe, M.G. (2012). *Probiotics and lactose intolerance*. INTECH Open Access Publisher. s. 149-160. <http://dx.doi.org/10.5772/51424>

Vulevic J., Juric A., Tzortzis G. & Gibson G. R. (2013). A mixture of trans-galactooligosaccharides reduces markers of metabolic syndrome and modulates the fecal microbiota and immune function of overweight adults. *Journal of Nutrition*, 143, 324-331.

Wichienchot, S., Jatupornpipat, M. & Rastall, R.A. (2010). Oligosaccharides from pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food Chemistry*, 120, 850-857.

Woodsmansy, E.J., McMurdo, M.E.T., Macfarlane, C.T. & Macfarlane, S. (2004). Comparison of compositions and metabolic activities of fecal microbiotas in young adults and in antibiotic-treated and non-antibiotic treated elderly subjects. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 6113-6122.

Yang, Z., Hu, J. & Zhao, M. (2011). Isolation and quantitative determination of inulin-type oligosaccharides in roots of *Morinda officinalis*. *Carbohydrate Polymers*, 83, 1997-2004.

Yeo S. K. & Liong M. T. (2010). Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity and bioconversion of isoflavones by probiotics in soymilk supplemented with prebiotics. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61, 161-181.

Yoo J. Y. & Kim S. S. (2016). Probiotics and prebiotics: Present status and future perspectives on metabolic disorders. *Nutrients*, 8, 173.

Zhang, M.M., Cheng, J.Q., Lu, Y.R., Yi, Z.H., Yang, P. & Wu, X.T. (2010). Use of pre-, pro- and synbiotics in patients with acute pancreatitis: a meta-analysis. *World Journal of Gastroenterology*, 16, 3970-3978.

Zlatohlávek, L. a kol. (2016). *Klinická dietologie a výživa*. Praha: Current Media, s. 192.

Zoetendal, E.G., Collier, C.D., Koike, S., Mackie, R.I. & Gaskins, H.R. (2004) Molecular Ecological Analysis of the Gastrointestinal Microbiota: A Review. *Journal of Nutrition*, 134, 465-472.

Zmora, N., Zilberman-Schapira, G., Suez, J., Mor, U., Dori-Bachash, M., Bashardes, S., Kotler, E., Zur, M., Regev-Lehavi, D., Brik, R.B., Federici, S., Cohen, Y., Linevsky, R., Rothschild, D., Moor, A.E., Ben-Moshe, S., Harmelin, A., Itzkovitz, S., Maharshak, N., Shibolet, O., Shapiro, H., Pevsner-Fischer, M., Sharon, I., Halpern, Z., Segal, E. & Elinav, E. (2018). Personalized Gut Mucosal Colonization Resistance to Empiric Probiotics Is Associated with Unique Host and Microbiome Features. *Cell*, 174, 1388-1405. doi: 10.1016/j.cell.2018.08.041.



## Seznam zkratk

|                    |   |
|--------------------|---|
| BMI                | index tělesné hmotnosti (body mass index)                   |
| EFSA<br>Authority) | Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety |
| FFA                | volné mastné kyseliny                                       |
| FOS                | fruktooligosacharidy  |
| HMO                | oligosacharidy mateřského mléka                             |
| SCFA               | mastné kyseliny s krátkým řetězcem                          |

## Seznam grafů

|   |    |
|---|----|
| <a href="#">Graf 1:</a> Zastoupení respondentů.....   | 39 |
| <a href="#">Graf 2:</a> Věkové zastoupení respondentů.....  | 40 |
| <a href="#">Graf 3:</a> Ukončené vzdělání respondentů.....  | 41 |
| <a href="#">Graf 4:</a> Typ vzdělání respondentů.....   | 42 |
| <a href="#">Graf 5:</a> Respondenti podle bydliště.....   | 43 |
| <a href="#">Graf 6:</a> Konzumace zakysaných mléčných výrobků respondenty.....                    | 44 |
| <a href="#">Graf 7:</a> Konzumované zakysané mléčné výrobky.....                                  | 45 |
| <a href="#">Graf 8:</a> Důvody nekonzumování zakysaných mléčných výrobků respondenty.....         | 46 |
| <a href="#">Graf 9:</a> Frekvence konzumování zakysaných mléčných výrobků respondenty.....        | 47 |
| <a href="#">Graf 10:</a> Konzumace jiných kysaných nebo kvašených výrobků.....                    | 48 |
| <a href="#">Graf 11:</a> Jiné kysané nebo kvašené výrobky konzumované respondenty.....            | 49 |
| <a href="#">Graf 12:</a> Znalost termínu probiotika.....  | 49 |
| <a href="#">Graf 13:</a> Znalost termínu prebiotika.....  | 50 |
| <a href="#">Graf 14:</a> Znalost termínu synbiotika.....  | 51 |
| <a href="#">Graf 15:</a> Konzumace doplňků stravy obsahující probiotika.....                      | 52 |
| <a href="#">Graf 16:</a> Konzumace doplňků stravy obsahující prebiotika.....                      | 53 |
| <a href="#">Graf 17:</a> Konzumace doplňků stravy obsahující synbiotika.....                      | 53 |
| <a href="#">Graf 18:</a> Konzumace doplňků stravy s obsahem probiotik, prebiotik a synbiotik..... | 54 |
| <a href="#">Graf 19:</a> Důvod konzumace probiotik, prebiotik nebo synbiotik respondenty.....     | 55 |
| <a href="#">Graf 20:</a> Názor respondentů na účinnost probiotik ve formě doplňků stravy.....     | 56 |
| <a href="#">Graf 21:</a> Frekvence užívání antibiotik.....  | 56 |
| <a href="#">Graf 22:</a> Onemocnění trávicího traktu u respondentů.....                           | 57 |
| <a href="#">Graf 23:</a> Frekvence vykonávané pohybové aktivity.....                              | 58 |

## Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| <a href="#">Tabulka 1:</a> Nejčastěji používané probiotické mikroorganismy (upraveno podle Rada a Marounek, 2005).....  | 11 |
| <a href="#">Tabulka 2:</a> Mikrobiologické požadavky na jednotlivé mléčné výrobky a na druhy živých mikroorganismů mléčného kysání v kysaných mléčných výrobcích (Anonym, Příloha č. 1 k vyhlášce č. 397/2016 Sb.)..... | 12 |
| <a href="#">Tabulka 3:</a> Konzumace zakysaných mléčných výrobků podle pohlaví.....   | 44 |
| <a href="#">Tabulka 4:</a> Frekvence konzumace zakysaných mléčných výrobků podle pohlaví.....   | 47 |
| <a href="#">Tabulka 5:</a> Souhrnná tabulka znalosti termínů probiotika, prebiotika a synbiotika.....   | 51 |
| <a href="#">Tabulka 6: Analýza</a> odpovědí ohledně znalostí termínů probiotik, prebiotik a synbiotik podle pohlaví.....  | 51 |
| <a href="#">Tabulka 7:</a> Analýza odpovědí ohledně konzumace doplňků stravy s obsahem probiotik, prebiotik a synbiotik podle pohlaví.....  | 54 |
| <a href="#">Tabulka 8:</a> Jiná onemocnění trávicího traktu u respondentů.....  | 58 |

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| <a href="#">Obrázek 1:</a> Bifidobacterium bifidum (400 x zvětšené), světelný mikroskop s fázovým kontrastem (foto Mgr. Radko Pechar, Ph.D., VÚPP).....   | 14 |
| Obrázek 2. Vývoj lidské střevní mikrobioty od prenatálního období až po starší věk. Schéma též ukazuje vliv typu porodu na mikrobiotu novorozenců (Kumar a kol., 2016) .....  | 15 |
| Obrázek 3: Porovnání skladby střevní mikrobioty v různých věkových skupinách (Biagi a kol., 2016).....  | 16 |
| Obrázek 4. Vliv konzumace rostlinných a živočišných proteinů na skladbu mikrobioty a její zdravotní důsledky (Singh a kol., 2017). CVD – kardiovaskulární onemocnění, Tregs – regulační T buňky, IBD – nemoc dráždivého tračníku, TMAO – trimethylamin N-oxid.....                          | 19 |
| Obrázek 5. Vliv druhu konzumovaných tuků na skladbu mikrobioty (Singh a kol., 2017). WAT – bílá tuková tkáň, TLR – toll-like receptor .....   | 19 |
| Obrázek 6. Vliv různých typů stravování na skladbu mikrobioty (Singh a kol., 2017) .....  | 20 |
| Obrázek 7. Účinky probiotik v gastrointestinálním traktu savců (Saulnier a kol., 2009 ).....  | 21 |
| Obrázek 8. Populace Faecalibacterium prausnitzii ve zdravém střevě u pacientů se zánětlivými nononemocněními tračníku (ulcerózní kolitida a Crohnova nemoc) (Lopez-Siles a kol., 2017).....   | 23 |
| Obrázek 9. Vliv střevní mikrobioty na permeabilitu střeva a inzulinovou rezistenci. Změny ve střevní mikrobiotě vedou ke snížení množství proteinů těsných spojení a zvyšují permeabilitu střeva, čímž podporují metabolickou endotoxemii a inzulinovou rezistenci (Han a Lin, 2014). ..... | 28 |
| Obrázek 10. Úloha prebiotik v gastrointestinálním traktu savců a jejich systémové účinky ( GLP-1: Glucagon-Like Peptide-1; Gpr41: receptor 41 spojený s G-proteinem; SCFA: mastné kyseliny s krátkým řetězcem (Saulnier a kol., 2009).....  | 33 |

## Seznam příloh

### Příloha č. 1. Dotazník

#### ŽÁDOST O PROVEDENÍ VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ

Vážené dámy a pánové.

Jmenuji se Zuzana Šmídová a jsem studentkou 3. ročníku oboru nutriční terapeut na 1. Lékařské fakultě UK v Praze. K ukončení studia potřebuji obhájit bakalářskou práci na téma „Probiotika, prebiotika a synbiotika – jsou vůbec účinná?“ K vypracování bakalářské práce potřebuji informace z dotazníku, proto Vás prosím o jeho pečlivé přečtení a vyplnění. Dotazník je anonymní a bude použit pouze k vypracování mé bakalářské práce.

Ještě jednou Vám děkuji za Váš čas.

Zuzana Šmídová

1. Jste:

- a) muž
- b) žena

2. Váš věk je v rozmezí:

- a) 18 let a méně
- b) 19-29
- c) 30-39
- d) 40-49
- e) 50-59
- f) 60 a více let

3. Vaše ukončené vzdělání je:

- a) základní

- b) středoškolské bez maturity
- c) středoškolské s maturitou
- d) vyšší odborné
- e) vysokoškolské

4. Vaše vzdělání je orientováno:

- a) humanitně
- b) technicky
- c) přírodovědně
- d) jiné

5. Bydlíte v:

- a) vesnici
- b) městě do 10 000 obyvatel
- c) malém městě (10 000 - 50 000 obyvatel)
- d) středním městě (50 000 - 100 000 obyvatel)
- e) velkoměstě (více než 100 000 obyvatel)

6. Konzumujete zakysané mléčné výrobky (jogurt, acidofilní mléko, zákys, apod.)? Pokud ano, specifikujte které typy:

- b) ano: .....
- c) ne

7. Pokud zakysané mléčné výrobky nekonzumujete, uveďte důvody:

- a) .....
- b) .....
- c) .....
- d) .....

8. Jak často konzumujete zakysané mléčné výrobky?

- a) každý den
- b) 4-6x týdně

- c) 2-3x týdně
- d) 1x týdně
- e) 0x týdně

9. Jaké jiné kysané nebo kvašené výrobky (kvašená zelenina, apod.) konzumujete?

.....  
.....

10. Znáte termín probiotika (probiotické bakterie)?

- a) ano
- b) ne
- c) termín je mi povědomý, ale nevím, co znamená

11. Znáte termín prebiotika (prebiotická vláknina)?

- a) ano
- b) ne
- c) termín je mi povědomý, ale nevím, co znamená

12. Znáte termín synbiotika (kombinace probiotik a prebiotik)?

- a) ano
- b) ne
- c) termín je mi povědomý, ale nevím, co znamená

13. Konzumujete doplňky stravy obsahující probiotika (tobolky, tablety, nebo kapky s obsahem laktobacilů, bifidobakterií, apod.)? Pokud ano, napište prosím konkrétní výrobky.

- a) ano: .....
- b) ne

14. Konzumujete doplňky stravy obsahující prebiotika (rozpustná vláknina, například inulin, psyllium, apod.)? Pokud ano, napište prosím konkrétní výrobky.

- a) ano: .....
- b) ne

15. Konzumujete doplňky stravy obsahující synbiotika (kombinace probiotik a prebiotik)?

Pokud ano, napište prosím konkrétní výrobky.

- a) ano: .....
- b) ne

16. Pokud konzumujete probiotika, prebiotika, nebo synbiotika, jaký k tomu máte důvod? (možnost více odpovědí):

- a) jsem přesvědčen/a o jejich prospěšných účincích na zdraví
- b) chutnají mi
- c) pomáhají mi při (pravidelném) trávení
- d) pomohly mi odstranit trávicí, nebo jiné zdravotní problémy, kterými jsem trpěl/a
- d) viděl/a jsem je v reklamě a přesvědčili mě v ní, že jsou důležité
- e) užívám je pouze během a po léčbě antibiotiky

17. Domníváte se, že jsou probiotika ve formě doplňků stravy účinná (prospěšná)?

- a) ano
- b) ne

18. Jak často se léčíte antibiotiky?

- a) více než 3x za rok
- b) 1 - 2x za rok
- c) antibiotika neužívám

19. Trpíte nějakým onemocněním trávicího traktu? V případě kladné odpovědi uveďte, kterým (možnost více odpovědí):

- a) ne
- b) ano:

- nadýmáním

- pálením žáhy
- laktosovou intolerancí
- celiakií
- Crohnovou nemocí
- syndromem dráždivého tračníku
- jiným: .....

20. Jak často vykonáváte pohybovou aktivitu trvající alespoň 30 minut (sport, ale i dynamická chůze, nordic walking, cvičení na míčích, apod.)?

- a) více než 5 x týdně
- b) 3 - 4 x týdně
- c) 1 - 2 x týdně
- d) vůbec ne



## Protokol o úplnosti náležitostí bakalářské práce

**Titul, jméno, příjmení** RNDr. Zuzana Šmídová, Ph.D.  
**Název práce** Probiotika, prebiotika, synbiotika – jsou vůbec účinná?  
**Vedoucí práce** Ing. Hana Pejšová

Prohlašuji, že jsem odevzdal (a) vysokoškolskou kvalifikační práci v souladu s:

**Opatřením rektora č. 6/2010** (dostupné z <http://www.cuni.cz/UK-3470.html>)

**Opatřením rektora č. 8/2011** (dostupné z <http://www.cuni.cz/UK-3735.html>)

Opatřením děkana č. 10/2010 (dostupné z [http://www.lf1.cuni.cz/file/21321/opad10\\_10.pdf](http://www.lf1.cuni.cz/file/21321/opad10_10.pdf))

Zároveň prohlašuji, že jsem do Studijního informačního systému vložil (a) plný **text vysokoškolské kvalifikační práce** včetně všech povinných souborů podle typu práce:

- abstrakt ČJ

- abstrakt AJ

Při vkládání textu práce a všech souborů jsem postupoval (a) podle návodu dostupného z [http://www.lf1.cuni.cz/file/25838/navod\\_vkladani\\_prace.pdf](http://www.lf1.cuni.cz/file/25838/navod_vkladani_prace.pdf).

Nahrané soubory jsem následně zkontroloval (a).

Odpovídám za správnost a úplnost elektronické verze práce a všech dalších vložených elektronických souborů.

1 exemplář práce svázaný v pevné plátěné vazbě + CD ROM s e-verze práce v příloze obsahuje všechny povinné náležitosti:

Příloha č. 1 – Titulní strana, Prohlášení diplomanta, Identifikační záznam, abstrakt v ČJ a AJ - [http://www.lf1.cuni.cz/file/21323/opad10\\_10\\_pril1.pdf](http://www.lf1.cuni.cz/file/21323/opad10_10_pril1.pdf)

Příloha č. 6 – Prohlášení zájemce o nahlédnutí - [http://www.lf1.cuni.cz/file/21329/opad10\\_10\\_pril6.pdf](http://www.lf1.cuni.cz/file/21329/opad10_10_pril6.pdf)

Datum:

Podpis studenta

Kontrolu úplnosti náležitostí provedla osoba pověřená garantem: