

IMPORTANCE OF PREBIOTIC AND PROBIOTIC: THE ROLE OF GALACTOOLIGOSACCHARIDES AS PREBIOTIC ADDITIVES: A REVIEW

Monika Vidová, Helena Hronská, Silvia Tokošová, Michal Rosenberg

ABSTRACT

In today's well-resistant pathogens and excessive use of antibiotics which weaken and undermine the immune system the importance of pre- and probiotics is more desired. Probiotics - lactic acid bacteria - our intestinal symbiotes, has significant affect on our intestinal tract and brings us to number of positive physiological effects – inhibit the development of pathogenic microflora and seriously stimulate the immune system, which subsequently leads to secondary health benefits - efficient use of energy from food, better resorption of minerals and vitamins by intestinal epithelium, suppression of diseases and inflammatory processes in the human intestine and many others. This article discusses the impact of prebiotics (essential substrate for probiotic bacteria), but also natural occurrence and importance of prebiotics. Galactooligosaccharides (GOS) as prebiotic are the most suitable and therefore their commercial application is discussed.

Keywords: pre- and probiotics; functional foods; galacto-oligosaccharides; β health benefits

ÚVOD

Výživa, ako jeden z faktorov vonkajšieho prostredia ovplyvňujúcich zdravotný stav človeka sa dá pomerne ľahko ovplyvniť u jednotlivca aj u celých populácií, v negatívnom aj pozitívnom zmysle. V rozvinutých krajinách v súvislosti s relatívne vysokým počtom civilizačných ochorení je venovaná veľká pozornosť práve výžive. Popri potravinách obsahujúcich základné živiny ako sú tuky, cukry, bielkoviny, či minerálne látky sa v poslednom období kladie vyšší dôraz na funkčné potraviny a to nielen v kruhu odborníkov, ale aj u laickej verejnosti, ktorá sa pod vplyvom osvetly snaží žiť zdravšie. Funkčné potraviny môžeme definovať ako potraviny, ktoré okrem klasických zložiek obsahujú aj zdraviu prospešnú zložku (niekedy sa preto nazývajú aj „obohatené potraviny“). Aditívami do funkčných potravín sú najmä esenciálne zložky – ako stopové prvky, vitamíny a v posledných rokoch sa kladie dôraz aj na prídavok pro- a prebiotík. Koncept pro-/prebiotík je považovaná za potenciálne najvýznamnejší pokrok v oblasti výživy a podpory črevnej mikroflóry za posledné storočie. Ide o názor, že zložením potravy človeka je možné cielene a selektívne ovplyvňovať zloženie črevnej mikroflóry a tým aj zdravotný stav organizmu.

1. PROBIOTIKUM VERSUS PREBIOTIKUM

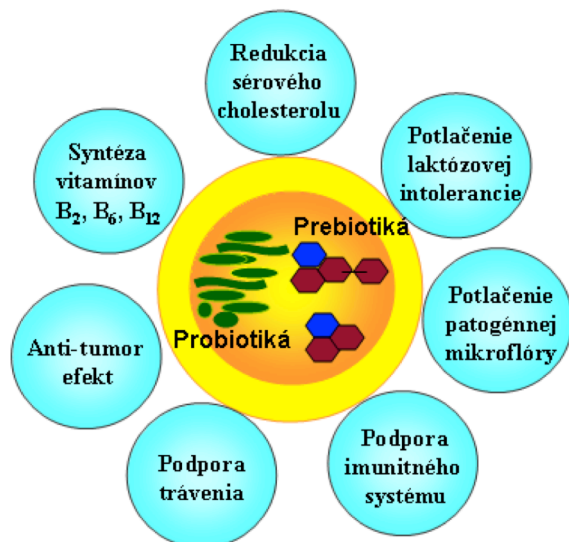
Probiotiká sú živé nepatogénne mikroorganizmy, ktoré kolonizujú tráviaci systém človeka i zvierat a v adekvátnom množstve pozitívne prospievajú k zdraviu a fyziológii hostiteľa. Pojem „probiotiká“ prvýkrát zaviedol Vergin (1954), keď porovnával dobrý účinok testovaných kultúr so škodlivým účinkom antibiotík a iných

antimikrobiálnych látok na črevnú mikroflóru. Základ slova pochádza z gréckeho „pro bios“, čiže „pre život“. Najrozšírenejšiu skupinu probiotických mikroorganizmov tvoria bifidobaktérie a baktérie mliečneho kvasenia, ako napr. *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium adolescentis*, ale aj *Enterococcus faecalis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Propionibacterium freudenreichii* a mnoho ďalších (Toma and Pokrotnieks, 2006).

Koncept probiotík a ich pozitívneho účinku povstal na prelome 20-teho storočia z hypotézy, ktorú prvýkrát predložil držiteľ Nobelovej ceny, ruský vedec Elie Metchnikoff. Predložil cenný prínos potravín obsahujúcich živé mikroby (jogurty, kyslomliečne nápoje, kvasená kapusta,...) na ľudské zdravie, pričom tieto pozitívne účinky boli podložené dlhodobým pozorovaním profesionálnych lekárov. Odvtedy naberá presadzovanie a komercializácia probiotík na obrátkach (Saini et al., 2010).

Čo sú prebiotiká? I keď slovné sú veľmi príbuzné s probiotikami a mohlo by sa zdať, že ide o preklep či synonymický význam slova, nie je tomu tak. Prebiotikami označujeme nestráviteľné časti potravín sacharidickej povahy, ktoré sa správajú ako nerozpustná vláknina. Sú to napríklad rôzne druhy oligosacharidov (*xylo-*, *chyto-*, *sójové oligosacharidy*) a galaktosacharidov či inulín, ktoré sú v hornej časti gastrointestinálneho traktu a tenkého čreva nestráviteľné. Je to spôsobené substrátovou špecifitou ľudských gastrointestinálnych enzýmov. Prebiotiká prechádzajú v nezmenenej podobe až do hrubého čreva, kde sú utilizované práve mikroorganizmami črevnej

mikroflóry, stávajú sa potravou pre „dobré“ črevné baktérie a podporujú ich rast, osídľovanie a udržateľnosť v tráviacom trakte. Z pomedzi prebiotík získali ústrednú pozornosť galaktooligosacharidy a oligosacharidy, ktoré sa označujú ako bifidogénne látky (bifidofaktory), s odkazom na ich schopnosti selektívne podporovať rast *Bifidobacterium spp.* (*B. longum*, *B. breve*, *B. pseudolongum*, *B. infantis*, *B. lactis*) a *Lactobacillus spp.* (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. reuteri*, *L. plantarum* ...) (Manucci, 2009).



Obrázok 1 Pozitívne účinky prebiotík a probiotík na ľudské zdravie. Obrázok spracovaný na základe publikácie: (Park and Oh, 2010, Torres et al., 2010).

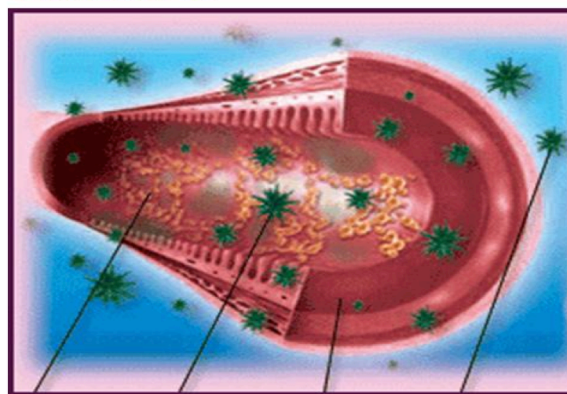
Prebiotiká sú substrátovou základňou pre črevnú mikroflóru, ktorú u dospelého jedinca tvorí približne biliarda mikroorganizmov. Ide o komplex spoločenstva baktérií, eukaryotických mikroorganizmov, archaea, vírusov, bakteriofágov, ktoré spoločne vykazujú obrovskú metabolickú aktivitu zhodnú s aktivitou pečene. Baktérie tvoria hlavnú časť z týchto mikroorganizmov. Kolonizácia gastrointestinálneho traktu mikrobiálnou flórou nastáva ihneď po narodení a trvá po celý život. Zloženie črevnej mikroflóry je všeobecne tvorené viac ako 500 pretrvávajúcimi a prechodnými druhmi baktérií, hoci len 30 alebo 40 z nich prevažuje (Gibson and Rastall, 2006).

Črevná mikroflóra napomáha tráveniu a získavaniu energie z potravy, ktorá sa inak nestrávi (Galbavý et al., 2008). Tenké črevo predstavuje prechodnú oblasť medzi riedko kolonizovaným žalúdkom a bohatou bakteriálnou flórou v hrubom čreve. Mikróby hrubého čreva sú v hornej časti najmä fakultatívne anaeróby a v spodnej časti prevažujú striktné anaeróby, ako napríklad *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, *Bacteroides*, *Peptococcus*, *Clostridium*, *Fusobacterium* (Steer et al., 2000).

Keďže v čreve prebieha boj o nutričné zložky a produkciu antimikrobiálnych látok, zaistenie dostatočného množstva bifidobaktérií a mliečnych baktérií má zásadný význam pre vyváženú črevnú mikroflóru. Tak ako dozrieva črevná mikroflóra, paralelne dozrieva aj imunitný systém a spolu tvoria komplex, ktorý neustále kooperuje. Až 80 % imunitného systému je prepojeného na intestinálny trakt (Park and Oh, 2010).

V hrubom čreve sa fermentujú zložky potravy, ktoré neboli rozložené v tenkom čreve. To môžu byť už spomenuté uhľovodíky (vláknina, oligosacharidy, odolný škrob a pod.). Treba mať na pamäti, že do hrubého čreva prechádzajú aj zvyšky bielkovinovej povahy, ktoré môžu byť ďalej rozkladané patogénnou mikroflórou na toxické látky, dusíkaté zlúčeniny (amíny), fenolové látky, kyseliny s rozvetvenými reťazcami a iné. Ide o proteolytické mikróby (*E. coli*, *Clostridium*, *Klebsiella*, *Shigella*, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Vibrio* a *Listeria*). Výsledkom ich premnoženia a činnosti je plynatosť, zápalové procesy v čreve a môže sa rozvinúť syndróm dráždivého čreva. Aj v dôsledku tohto je potrebné stimulovať vývoj a kolonizáciu práve probiotických kultúr, aby tieto proteolytické mikróby a ich aktivita boli potlačené.

Prierez črevom



-  **Probiotické baktérie** (*Lactobacillus sp.*, *Bifidobacterium sp.*, *Propionibacterium sp.*, ...)
-  **Patogénne baktérie** (*E. coli*, *Clostridium*)

Obrázok 2 Osídľovanie intestinálneho traktu črevnou mikroflórou, spracované autorom článku.

1.1 RÔZNE DRUHY PREBIOTÍK

Galaktooligosacharidy (GOS) patria spolu s fruktooligosacharidmi (FOS), laktulózou, derivátmi rafinózy, maltooligosacharidmi; xylo- a chito-oligosacharidmi a inulínom do skupiny oligosacharidov. Oligosacharidy sú definované ako glykozidy s rôznym stupňom polymerizácie, ktoré môžu byť syntetizované chemicky alebo enzymaticky. Nestráviteľné oligosacharidy slúžia ako substráty pre probiotické baktérie a keďže podporujú ich rast, označujú sa ako prebiotiká. Sú nestráviteľné enzýmami tenkého čreva, čo je spôsobené substrátovou špecificitou ľudských gastrointestinálnych enzýmov. Tieto enzýmy sú zväčša špecifické pre α -glykozidové väzby, zatiaľ čo glykozidové väzby v oligosacharidoch majú β -konfiguráciu. V tenkom čreve síce existuje niekoľko β -galaktozidáz, ktoré sú schopné rozkladať GOS, ale ich aktivita je zvyčajne veľmi slabá (Manucci, 2009).

Všeobecný vzorec galaktooligosacharidov je D-glukóza- $[\beta$ -D-galaktóza] $_n$, kde n vyjadruje počet galaktózových jednotiek a mení sa v rozsahu 2-20 jednotiek. Najčastejšie však bývajú zmesou tetrasacharidov (Gal-Gal-Gal-Glc) a trisacharidov (Gal-Gal-Glc), pričom glukóza je vždy

terminálnou sacharidickou jednotkou. Pre FOS platí podobný všeobecný vzorec s tým rozdielom, že základným stavebným monosacharidom je fruktóza.

GOS majú synonymické označenie oligogalaktosyllaktóza, oligogalaktóza, oligolaktóza alebo transgalaktooligosacharidy (TOS). Patria do skupiny prebiotík, ktoré priaznivo ovplyvňujú hostiteľa tým, že stimulujú rast zdraviu prospešných baktérií, čo má za následok rad zdravotných výhod spojených priamo s baktériami alebo nepriamo vďaka organickým kyselinám produkovaným počas kvasenia. Organické kyseliny znižujú pH hodnotu v čreve, tým inhibujú rast patogénnych baktérií (*Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*) a zároveň stimulujú funkcie imunitného systému hostiteľa. Napomáhajú taktiež pri väzbe a resorpcii dôležitých živín a minerálov a podieľajú sa na syntéze určitých vitamínov (Torres et al., 2010).

1.2 PRÍRODNÝ VÝSKYT PREBIOTÍK

Oligosacharidy sa prirodzene vyskytujú v materskom mlieku (až 130 druhov, z čoho 90 % tvoria GOS a zvyšných 10 % FOS) v relatívne vysokých koncentráciách (5-12 g.l⁻¹). Sú súčasťou rôznych druhov zeleniny a často sú zložkami glykoproteínov a glykolipidov, preto sa využívajú aj ako chemické markery. Niektoré prírodné oligosacharidy, ako deriváty rafinózy, slúžia ako zásobáreň uhlíkovodíkov v rastlinách, maltodextríny sa vyskytujú v zrnách, ryži alebo paradajkách. Prebiotické FOS a GOS sa prirodzene vyskytujú v obilných zrnách, cibuli, póre, cesnaku, špargli, banánoch, hrozienkach, čakankovom korení, sójových bôboch a v ďalších konzumných rastlinách (Dreamfieldsfoods, 2012).

2. FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY PRO A PREBIOTÍK NA ĽUDSKÝ ORGANIZMUS

Bez prítomnosti prebiotík v strave by nemal význam ani príjem a užívanie vysokých dávok komerčných probiotík. Tieto by sa totiž nemohli v dostatočnej miere rozvinúť a uchýtiť na črevný epitel a kolonizovať tráviaci trakt a tak by sme márne očakávali nástup ich sekundárnych priaznivých účinkov. Najviac komerčne využívanými sú priemyselne vyrábané prebiotiká – galaktooligosacharidy, ktoré sa najviac svojou štruktúrou približujú prebiotikám, bežne sa vyskytujúcim v prírode. Ich zdravotné benefity možno popísať v dvoch možných mechanizmoch – prvým krokom je podpora selektívnej proliferácie a uchytienia probiotických baktérií na črevný epitel (obzvlášť druhy *Bifidobacterium spp.* a *Lactobacillus spp.*), pričom sa znižuje priestor pre kolonizáciu patogénov a tým redukovujú exo- a endogénne intestinálne infekcie. Druhým, následným a významným krokom je, že metabolickými aktivitami baktérií sa spúšťa kaskáda syntézy priaznivých látok a enzýmov, pričom dochádza k ovplyvňovaniu metabolických procesov a k prevencii nástupu patologických procesov v organizme. Následne sú opísané zdravotné benefity probiotík a prebiotík pre ľudské zdravie.

Syntéza biologicky aktívnych látok (vitamíny, minerálne látky, organické kyseliny a iné)

V procese fermentácie prebiotických uhlíkovodíkov v hrubom čreve dochádza k tvorbe nižších organických a

mastných kyselín - octová, propiónová, maslová (butyrát); produkujú sa esenciálne vitamíny najmä zo skupiny B, tvorí sa pyruvát, etanol, jantarát - ktoré sú rýchlo absorbované črevnou sliznicou a sú distribuované cievnym a lymfatickým systémom, vstupujú do buniek a prispievajú k energetickým požiadavkám hostiteľa. Vznikajúci acetát sa metabolizuje prevažne v svalových bunkách, obličkách, srdci a mozgu. Propionát je využívaný v pečeni a je zároveň prekursorom pre potlačenie syntézy cholesterolu. Butyrát sa metabolizuje priamo v črevnom epiteli, kde slúži ako regulátor rastu a delenia buniek. Produkciu organických kyselín dochádza k zníženiu hodnoty pH prostredia a tým je podporený rast a bunková diferenciácia črevných epitelálnych buniek a opätovne je podporená mikroflóra. Svojimi fyzikálno-chemickými vlastnosťami - významne zvyšujú absorpciu solí a minerálov (vápnik, horčík, železo). Možno upriamiť pozornosť na to, že vitamíny a minerály sa absorbujú v ich aktívnej forme, čím sú ďalej fyziologicky využité a inkorporované do potrebných štruktúr tela. Týmto probiotiká priamo ovplyvňujú aj vývoj a pokračujúce modulácie imunitného systému, s ktorým spolu zabíjajú chorobné vírusy a baktérie. Treba spomenúť, že pri fermentácii v čreve vznikajú aj konečné formy rozkladu látok ako sú jednoduché plyny: H₂, CO₂, H₂S a CH₄.

Imunitný systém

Až 80% imunitného systému je prepojeného na intestinálny trakt. U detí s nízkou hladinou bifidobaktérií a vysokou hladinou klostrídií v hrubom čreve je pravdepodobnejší výskyt alergií, ako u detí s vyváženou črevnou mikroflórou. Recipročne povedané, gastrointestinálna disbióza má mnohostranný vplyv vo vývoji alergických a autoimunitných ochorení. Je predložených mnoho laboratórnych a dietologických štúdií, ktoré poukazujú na opodstatnenosť aplikácie pro / prebiotík a enzýmov v prevencii a liečení sprostredkovanej imunitnej poruchy a podpory imunitného systému (Park and Oh, 2010).

V posledných 60-tich rokoch lekári zaznamenávajú enormný nárast autoimunitných ochorení, pričom povaha niektorých je doteraz nejasná. Profesor medicíny Gerard Mullin z USA pozoroval, že autoimunita sa vyvíja v dôsledku krížovej reaktivity vlastných a cudzích antigénov. Ak dôjde k zlomu medzi týmito interakciami a vlastné antigény zaostávajú, vzniká autoimunitná porucha. Probiotikám pridelil 4 úlohy v prevencii pred výskytom autoimunitných ochorení. Mikroflóra moduluje imunitný systém najmä produkciou organických kyselín, ktoré ozdravujú črevný epitel, zvyšujú absorpciu minerálov v aktívnej forme, v syntéze a sekrécii antimikrobiálnych peptidov a hlavne v priebežnom stimulovaní Toll-receptorov, ktoré sú lokalizované na zdravých T-lymfocytoch. Tieto blokujú špecifické translokácie do bunkového jadra a tým zastavujú transkripciu a sekréciu pro-zápalových cytokínov, čo je užitočné v prípade precitlivosti, alergiách a zápalových reakciách. Existuje však mechanizmus, v ktorom dochádza k sekrécii týchto pro-zápalových cytokínov, avšak tieto mobilizujú bunky imunitného systému k eliminácii rakovinových buniek, čo je nápomocné a žiadané pri výskyte tumorových zmien. Profesor Mullin a jeho vedecký tím predložil výskum, kde poukazuje, že objavenými cieľmi probiotickej aktivity je aj

regulácia mitochondriálneho stresu a regulácia endoplazmatického retikula v bunke (**Gibson and Rastall, 2006; Freelibary, 2012**). Vedci na Univerzite veterinárnej medicíny v Košiciach pozorovali u laboratórných prasiat, že u skupiny prasiat, ktorým dávkovali prebiotiká nastalo zvýšenie imunoglobulínov v krvnom sére (IgA, IgM, IgG) a tiež T-buniek, ktoré exprimujú molekuly CD4 a CD8. Tieto molekuly sú dôležité v imunitnej odpovedi organizmu (**Herich and Levkut, 2002**). Obdobné výsledky stimulu prebiotík na zložky imunitného systému získal aj vedecký tím doktora Roya Fullera z Anglicka. Pozorovali, že pri aplikácii probiotík u testovaných laboratórných zvierat sa zvýšila v krvnom sére hladina imunoglobulínov (najmä IgG, IgM), nešpecifických antivirov a interferónov (**Perdigón et al., 2001**).

Probiotiká svojou činnosťou podporujú vývoj tzv. dendritických buniek. Dendritické bunky sú špeciálne bunky, ktoré sa nachádzajú pozdĺž celého tráviaceho traktu a majú na svojom povrchu antigény. Dendritické bunky neustále „kontrolujú“ cudzie antigény prítomné v čreve a odovzdávajú ich T-bunkám, čo následne vyúsťuje k aktivácii a diferenciacii T-buniek. Dendritické bunky sú schopné pri rozoznaní „cudzích“ receptorov/antigénov diskriminovať patogénne mikróby. Tým je postarané o dostatočne rýchly a silný príjem signálu od dendritických buniek o prítomnosti cudzorodých zložiek a je zabezpečená aj adekvátna imunitná odpoveď (**Saini et al., 2010**).

Osteoporóza

Výživa a rozmanitosť stravy – ako nutričné faktory vplyvajú na vývoj a udržiavanie štruktúry kostí v priebehu celého života. V dôsledku toho hrá výživa dôležitú úlohu v patofyziologickom procese vývoja osteoporózy. Štúdie na laboratórných zvieratách preukázali, že oligofruktóza a inulín sa považujú za najlepšie prebiotiká so schopnosťou potlačiť osteoporózu. Súvisí to s tým, že rozvetvené FOS a inulín s dlhými reťazcami vystupujú ako pomaly „spaľované palivo“, pre črevnú mikroflóru, čo s pravdepodobnosťou napomáha aj dlhodobejšej absorpcii vápnika z potravy a čo je dôležité - jeho vyviazani v aktívnej forme! Týmto spôsobom sa zvyšuje dostupnosť vápnika, ktorý je následne efektívne využitý a inkorporovaný do procesu mineralizácie kostí. Rovnaká štúdia bola prevedená aj u dospievajúcich dievčat. U testovanej skupiny dievčat, ktorej podávali dávku inulínu obohatenú o oligofruktózu (8 g/denne) po dobu 8 týždňov, bol pozorovaný nárast obsahu kostných minerálov a zvýšená hustota kostí. Je nutné poznamenať, že na osteoporózu vplyvajú aj iné faktory ako: genetický predpoklad a mineralizácia v procese dospievania a po menopauze. V prípade, že nie je v týchto kritických obdobiach zabezpečený dostatočný prísun vápnika a štruktúra kosti je už narušená, použitie pre- a probiotík je iba nápomocné (**Bosscher et al., 2006**).

Ochorenia tráviaceho traktu a tumorové zmeny epitelu

Spotrebiteľmi obľúbené vyprážené či trvanlivé mäsové výrobky a pražené slané pochutiny, popri príjemnej chuti na jazyku spôsobujú katastrofu v našich útrobach. Nielenže sú bohaté na škodlivé tuky a rôzne druhy konzervačných soliacich zmesí, ale ich trávením sa

prechodne podporuje rozvoj patogénnych baktérií, uvoľňujú sa škodlivé ba až toxické látky pre náš organizmus. Atakujú črevný epitel a vyvolávajú rôzne zápalové črevné ochorenia (variabilné hnačky, zápal hrubého čreva, Crohnova choroba). V súvislosti s ochoreniami tráviaceho traktu treba spomenúť, že vnútorný ekosystém výrazne narúša a deštruuje aj časté užívanie širokospektrálnych antibiotík a taktiež prísun veľkého množstva potravy bielkovinovej povahy. Nestrávená časť bielkovín je potom zužitkovaná proteolytickými mikroorganizmami, tranzitnými baktériami (prijímanými v strave; ich zloženie sa môže v závislosti od potravy v tele meniť), ktoré produkujú toxické látky dusikatej povahy (rôzne amíny). V horšom prípade dlhá expozícia vedie k rozvoju tumorových zmien najmä v dolných častiach hrubého čreva. Navodenie opätovnej dobrej vitality črevnej mikroflóry sa postará o zrýchlený metabolizmus, kedy sa tieto jedovaté látky jednak dlho nezdržia v našich útrobach alebo ich svojou činnosťou deaktivujú a rozložia na neškodné látky, ktoré sú vylúčené v procese vyprázdňovania z tela (**Ma et al., 2010; Gibson et al., 2005; Nutritionalmedcal, 2012**).

Laktózová maldigescia a intolerancia

Ochorenia laktózová maldigescia (porucha trávenia laktózy, ktorá sa natrávi iba čiastočne) a laktózová intolerancia (neznášanlivosť laktózy) vyjadrujú najobvyklejšie neznášanlivosti potravín u ľudí súvisiace s nedostatkom potrebného enzýmu: β -galaktozidázy. Laktóza sa pomocou β -galaktozidázy štiepi na glukózu a galaktózu. Glukóza prechádza priamo do krvi a vstupuje do buniek. Pri uvedených patologických stavoch, tráviaci systém produkuje enzým s nízkou aktivitou (laktózová maldigescia), resp. ho neprodukuje vôbec (laktózová intolerancia). Nerozštiepená časť laktózy sa dostane až do hrubého čreva, kde je fermentovaná rôznymi neželanými baktériami na vodík, metán, CO₂, čo spôsobuje nepríjemné problémy ako plynatosť, nadúvanie, kŕče a hnačky. Významné zlepšenie stavu sa pozoruje pri konzumácii fermentovaných výrobkov, v ktorých došlo vďaka fermentácii k rozloženiu laktózy a ktoré obsahujú baktérie mliečneho kvasenia (**Wallace et al., 2011**).

Metabolizmus cukrov a lipidov

Prebiotikum ovplyvňuje nielen rozmnožovanie probiotických kultúr, ale je zdrojom substancií vstupujúcich do metabolizmu v čreve. Kaskáda následných reakcií ich metabolizmom a prenosom látok krvou sa prejaví aj v iných orgánoch a takto vplyva na metabolizmus lipidov a sacharidov. Prebiotiká teda môžu slúžiť ako prevencia v nástupe ochorení.

Diabetes. Vedci pozorovali prepojenie medzi metabolickými ochoreniami, ako je diabetes, a zložením a aktivitou bakteriálnej populácie v črevách. U ľudí s cukrovkou bola pozorovaná vyššia hladina betaproteobaktérií v porovnaní so zdravými jedincami. Vzájomná bilancia a pomer črevných baktérií je totiž závislý aj od hladín cukru v krvi a v tkanivách. Prebiotiká sú nestráviteľné a preto nemôžu vplyvať na koncentráciu glukózy v krvi. Vedci sa domnievajú, že aplikácia prebiotík môže priaznivo ovplyvniť bilanciu mikroflóry, ktorá vplyva na metabolizmus sacharidov a môžu byť jedným z faktorov zabránenia nástupu cukrovky, resp.

stratégiou kontroly už prepuknutej choroby (Livestrong, 2012).

Redukcia sérového cholesterolu

Hodnotenie efektu probiotík a prebiotík na hladinu sérového cholesterolu sa zdôrazňuje už niekoľko rokov. V prvom kroku klinických štúdií sa používajú zvieracie modely, ktoré majú podobnú zažívaciu anatómiu a fyziológiu, nutričné požiadavky a metabolické procesy ako ľudia. To sú najmä myši, potkany, morčatá, škrečky a prasce. Tieto štúdie poukazujú, že vhodne zvolené probiotiká a prebiotiká, resp. ich kombinácie majú hypocholesterolický efekt a vplývajú na metabolizmus žľčových kyselín, na pomer LDL/HDL cholesterolu, na distribúciu plazmových lipoproteínov a reguláciu pečňových cholesterolových enzýmov. Napr. kmeň *L. plantarum* PH04 bol po dobu 14 dní podávaný laboratórnym myšiam a testy preukázali 10% zníženie sérového cholesterolu a triglyceridov v porovnaní s kontrolnou skupinou. Pri inej štúdií na potkanoch boli pozorované podobné výsledky poklesu sledovaného celkového cholesterolu. V tomto prípade sa potkanom aplikovali jogurtové preparáty obohatené najmä o *Bifidobacterium longum* Bb-46. Veľmi dobré výsledky sa dostavili po vhodnom symbiotickom namiešaní prebiotík s probiotikami (*L. acidophilus* ATCC 4962, fruktooligosacharidov, manitolu a inulínu), ktoré u hypercholesterolických prasiatok priniesli sľubný hypocholesterolický efekt.

Na vysvetlenie hypocholesterolického efektu existuje niekoľko možností a závisí to od špecifických vlastností probiotických kmeňov. Sprostredkovane, účinkom vznikajúcej kyseliny propiónovej (vzniká činnosťou probiotických mikroorganizmov v čreve) je v pečeni z cholesterolu tvorená žľčová kyselina, ktorá je utilizovaná pri trávení tukov. Niektoré probiotiká sú schopné priamo na svojom povrchu viazať cholesterol. Napr. to bolo dokázané u *Lactobacillus bulgaricus*. Hladiny cholesterolu tiež môžu byť znižované v procese jeho inkorporácie do vlastných membránových štruktúr pri raste a diferenciacii. Inkorporovaním cholesterolu do membrán sa zlepšujú ich vlastnosti a bunky probiotík sú následne odolnejšie voči lýze a poškodeniu. Toto pozorovanie bolo dokázané inkorporovaním fluorescenčných markerov do cholesterolu, ktorý bol podávaný laboratórnym zvieratám. Ďalším zo spôsobov znižovania hladín cholesterolu je, že tento môže byť priamo v čreve probiotikami metabolizovaný na koprostanol, ktorý je následne vylučovaný stolicou. Tento spôsob eliminácie bol overený *in vitro* štúdiou s použitím špeciálnych fluorescenčných prób u kmeňov *L. acidophilus*, *L. bulgaricus* a *L. casei* ATCC 393. Vo všeobecnosti vedci zaznamenali najlepšie výsledky s ohľadom na pokles celkového cholesterolu, jeho LDL formy a triacylglycerolov pri použití vhodných kombinácií probiotických kultúr s prebiotikami (Ooi and Liang, 2010).

Kardiovaskulárny systém

Koronárne ochorenie srdca je choroba zapríčinená zužovaním koronárnych ciev, ktoré vyživujú srdce. Je to najrozšírenejší prípad ochorenia kardiovaskulárneho systému, ktorý neliečený končí smrťou a v rozvinutých krajinách sa výrazne podieľa na mortalite obyvateľstva.

Rizikové faktory pre rozvoj tohto ochorenia sú známe: vysoký krvný tlak a cholesterol, fajčenie, obezita, fyzická pasivita, diabetes a stres. Tieto koronárne cievy sú tiež poškodzované, čo častokrát ani netušíme, v priebehu prekonávania zranení a infekcií – najmä streptokokových. V tele vznikne „domnienka“, že tepny sú poranené, telo vyšle mylný signál a zaplaví postihnuté miesta rojom bielych krviniek. Ako súčasť ďalšieho liečebného vývoja, biele krvinky (symbol zápalového miesta) vyťahujú z krvného riečiska cholesterol, ktorý používajú ako lep na „zalátanie“ poškodených miest a obnovu buniek. Ak tento slepý a umelý zápal pretrváva dostatočne dlho, cholesterol sa začne nadmerne hromadiť v cievach, tie sa začnú uzatvárať a v podstate zdravý človek je razom kandidátom na cievnu príhodu.

Experimentálne dáta potvrdzujú hypotézu, že probiotiká inhibujú hepatálnu lipogénu u potkanov a následne indukujú významný hypotriglyceridimický efekt, tzn. znižujú sa škodlivé lipidy. Predpokladaný mechanizmus zahŕňa vplyv tvorby karboxylových kyselín a nenasýtených mastných kyselín v črevách a ich následného metabolizmu v tele, čo má za následok zníženie glykémie a inzulínovej rezistencie. Nedávno bola preukázaná metabolická linka medzi inzulínovou rezistenciou a hypertriglyceridémiou. Pričom je tu povedomie, že práve hypertriglyceridémia je jedným z rizikových faktorov pre spustenie aterogenézy a vývoja aterosklerotickej kardiovaskulárnej choroby. Taktiež podpora tvorby T-buniek a dendritických buniek posilňuje imunitný systém, ktorý môže rozoznať poplašné zápalové procesy v tele a zamedziť neopodstatnenému hromadeniu cholesterolu v cievach (Saini et al., 2010).

O tom, že črevná mikroflóra je osobitá a premenlivá u každého jednotlivca, niet pochyb. Zaujímavé však je, aký markantný vplyv má na metabolizmus lipidov. Zvlášť na lipid – fosfatidylcholín. Fosfatidylcholín je súčasťou lecitínu a jeho rozkladom vzniká cholín. Tieto lipidy sú zodpovedné za tvorbu mastného plaku v tepnách. Nachádzajú sa aj v mnohých komerčných trvanlivých pečivách a doplnkoch stravy. Vedci pozorovali, že u testovaných myší, ktorým bolo adresne navodené rôzne zloženie mikroflóry, pozorovali rôzne spektrum lipidov v krvnom sére. U myší s bohatou črevnou mikroflórou, ktoré dostávali relatívne vysoké dávky nasýtených lipidov v strave, napriek predpokladu prepuknutia určitého druhu kardiovaskulárneho ochorenia, nezaznamenali žiadny rozvoj ochorenia. V tejto oblasti bol uskutočnený aj testovací prieskum a výsledky boli uverejnené v prestížnom časopise Nature. Špecialisti testovali širokú vzorku ľudí, takmer 2000 pacientov, ktorým podávali stravu bohatú na živočíšne lipidy, ktoré obsahujú značné množstvá práve fosfatidylcholínu (vajčička, pečeň, rôzne druhy mäsa, kôrovce, syry) a sledovali aké lipidy sa uvoľňujú do krvného riečiska. Výsledky boli u každého pacienta odlišné, čo poukazuje na to, že nielen genetický predpoklad ale aj zloženie črevnej mikroflóry má dôležitý vplyv na metabolizmus tukov. Preukazuje sa, že práve mikroflóra čрева a jej zloženie je akýmsi filtrom pre našu najväčšiu environmentálnu expozíciu – pre našu potravu. V rámci tejto publikácie boli uverejnené aj výsledky práce ďalšieho tímu vedcov pod vedením doktora Stanleyho Hanzena z Výskumného ústavu bunkovej biológie na klinike v Clevelande (štát Ohio, USA). Zistili, že cholín

bol v posledných rokoch pridávaný do multivitamínov pre deti. Tento fakt je veľmi zarážajúci, pretože aj napriek tomu, že cholín je v malých dávkach esenciálny pre naše telo, jeho nadmerné množstvá môžu byť mikroflórou transformované do negatívne pôsobiacich vedľajších produktov a spôsobovať ochorenia ciev (Wang et al., 2011).

3. OBMEDZENIA POUŽÍVANIA PRO A PREBIOTÍK

U klasických prírodných zdrojov prebiotického vlákna a pri fermentovaných potravinách, ktoré sa používajú už stáročia a obsahujú prirodzené probiotiká ako sú: jogurty, kefir, kyslá kapusta, uhorky či pivo, nie je potrebná diskusia na túto tému. No komerčný marketingový tlak a výbuch okolo nových druhov pro- a prebiotík je v duchu ich priaznivých účinkov veľmi veľký a je ťažké oddeliť fakty od fikcií a prepokladov.

Nové prebiotiká nepredstavujú výrazné riziká, nakoľko prebiotiká by mali byť nestráviteľné ľudským telom a pri ich nevyužití črevnou mikroflórou sú vylúčené v procese vyprázdňovania.

S ohľadom na najviac používané prebiotiká v Európskej únii (EÚ) – galaktooligosacharidy, národné centrum pre doplnkovú a alternatívnu medicínu EÚ a tiež európska inštitúcia pre bezpečnosť potravín EFSA (European Food Safety Authority) uznali GOS ako aditívne látky s prebiotickým účinkom (povolené množstvá sú uvedené na stránke), no varujú, že pre určité skupiny obyvateľstva, ako sú deti, starší a ľudia s poruchou imunitného systému – neboli tieto látky a ich účinok dostatočne dlho a systematicky preskúmané a preto ich neuznali ako liečivá, čo je vyšší stupeň posudzovania bezpečnosti látok. Odporúčajú, aby každá zvýšená konzumácia prebiotík ale i probiotík bola diskutovaná s ošetroujúcim lekárom (Clementel A., 2012).

Americká správa liečiv a potravín (FDA – Food and Drug Administration) registruje všetky potravinárske aditívne látky, ktoré majú dlhú históriu bezpečného používania (pred r. 1958) alebo sú o bezpečnosti doložené podstatné vedecké dôkazy. V takomto prípade sú látky považované za bezpečné a označujú sa skratkou „GRAS“ (Generally Recognized As Safe - všeobecne rozpoznávané ako bezpečné), (FDA, 2012).

Pri predkladaní nových probiotík sa objavujú zásadné obavy s ohľadom na bezpečnosť a toleranciu a vyžadujú sa komplexné, dlhodobé štúdie na obyvateľstve. Existujú totiž hypotézy, že niektoré probiotiká môžu mať svoje obmedzenia a v niektorých prípadoch až negatívne vplyvy na zdravie. Tak ako môžu pozitívne modulovať imunitný systém, bol postulovaný názor, že v závislosti od dávky a od podávania probiotík (orálne, resp. cez rodiča) môžu i škodiť. Peptidoglykány a rôzne polysacharidy, ktoré sú lokalizované na bunkovej stene a sú zodpovedné za interakciu s imunitným systémom, môžu u precitlivenejších ľudí vyvolať nepriaznivé reakcie ako sú horúčky, artritídu, lézie pečene a žlčových ciest ako aj autoimúne ochorenia.

Taktiež existujú obavy, či medzi nadmerne požívanými prebiotickými kmeňmi a prirodzene sa vyskytujúcimi mikróbami v čreve nemôže dochádzať ku genetickým interakciám. Transdukcia, konjugácia a transformácia boli identifikované ako tri najviac pravdepodobné formy, ako

by sa mohla vymieňať genetická informácia v črevnej mikrobiálnej komunite a mohlo by dochádzať k prešmykovaniu informácií a vlastností u kmeňov, čo by tiež mohlo viesť k neprirodzeným a nežiaducim efektom. Zasahovanie aktivity probiotík do metabolizmu žlčových kyselín vyvoláva tiež otázky. Akumulovaná dekonjugovaná žlčová kyselina môže byť črevnou mikroflórou následne transformovaná do sekundárnej škodlivej formy žlčovej kyseliny. Hromadenie tejto potenciálne cytotoxickej sekundárnej žlčovej kyseliny v enterohepatickej cirkulácii môže zvyšovať riziko vývoja gastrointestinálnych ochorení ako cholestázu a kolorektálny karcinóm (Ooi and Liong, 2010).

Každý nový probiotický kmeň či prebiotikum musí prejsť komplexným výskumom a pri preukazovaní ich bezpečnosti existujú tri úrovne štúdií: 1) *in vitro* štúdie na zvieratách, 2) klinické štúdie na ľuďoch - pričom sa merajú mnohé fyziologické parametre, 3) história bezpečného používania.

Samotné preukazovanie bezpečnosti je mimoriadne náročné a dôsledné. Výberových kritérií, ktoré sa sledujú pre prijatie nových probiotík, je neúrekom. Hlavné sú: rezistencia kmeňa voči všetkým tráviacim šŕavám, dosiahnutie požadovaného miesta v zažívacom trakte, rezistencia na antibiotiká, udržanie životaschopnosti, príľnavosť a miera kolonizácie v čreve, normalizácia a stimulácia prospešnej črevnej mikroflóry, prechod látok do lymfatického systému, produkcia antimikrobiálnych látok, imunitná modulácia, konkurenčné vylúčenie iných látok, sleduje sa vylučovanie v stolici. Kmeň musí byť samozrejme presne popísaný (rod, druh, kmeň) a charakterizovaný a musí sa zdokonaľovať minimálne potrebná a dostatočná dávka probiotika (FDA, 2012).

Aj s ohľadom na zložitosť procedúry prijatia nových probiotík a pod komerčným tlakom výrobcov a farmaceutických spoločností, je tendencia vypracovať alternatívne pravidlá systematického hodnotenia a prijímania týchto látok, ktoré by prekonali náročnosť a nedostatky súčasných modelových systémov. Alternatívnymi analýzami ako napr. DNA analýzou by bolo možné posúdiť prítomnosť a prežitie probiotického kmeňa v stolici. Tým by sa prekonalo analyzovanie stolice mikroskopickým a kultivačným hodnotením na agarových platniach. Identifikáciu by tiež uľahčili: ELISA analýzy s použitím monoklonálnych protilátok či použitie genetického markera u daného kmeňa (Gibson and Rastall, 2006).

4. PRIEMYSELNÁ APLIKÁCIA PREBIOTÍK - GALAKTOOLIGOSACHARIDOV

Priemyselne vyrábané galaktooligosacharidy (GOS) enzymatickou cestou sú svojou štruktúrou a vlastnosťami veľmi príbuzné tým, ktoré sú obsiahnuté prirodzene v ľudskom mlieku. Popri ich zdravotných benefitoch a s ohľadom na priaznivé fyzikálno-chemické vlastnosti: nízka sladivosť (významné je, že v priebehu metabolizmu nezvyšujú hladinu glukózy v krvi a sú teda vhodné i pre diabetikov), dobrá rozpustnosť vo vode, sirupová konzistencia, pH a tepelná stabilita; majú zároveň potenciál zlepšiť kvalitu potravín (lepšie sensorické vlastnosti, plná chuť, vláčnosť, jemnosť).

GOS sa využívajú v potravinárskom, farmaceutickom (zložka liečiv, alternatíva pri antibiotickej liečbe) i

kozmetickom priemysle. Sú ideálnou prísadou do produktov zameraných na špecifické skupiny ako sú dojčatá, deti, ženy a starší ľudia. Možno upriamiť pozornosť na také produkty ako sú sušené mliečne výrobky pre novorodencov a dojčatá, mliečne výrobky, nápoje, nutričné drinky, pekárenské výrobky a iné. Úspešne boli aplikované aj do nepotravinárskych výrobkov, napr. do krmív pre domáce i hospodárske zvieratá a ryby. S ohľadom na odporúčané množstvo použitých GOS, dávka 5 g/denne by mala byť dostatočná pre navodenie pozitívneho efektu na črevnú mikroflóru (vo výnimočných prípadoch do 8 g/denne). Možný vedľajší efekt prijímaných prebiotík je napríklad črevný diskomfort spôsobený tvorbou plynov (Toma and Pokrotnieks, 2006).

Dojčenská výživa

Dôvod pre dopĺňanie dojčenských mliečnych výživ o prebiotické zložky je získať taký bifidogénny efekt (a z toho vyplývajúce výhody), aké majú deti, ktoré sú kojené materským mliekom. Výhodné sa ukázalo práve obohacovanie dojčenských výživ o GOS, keďže materské mlieko ich prirodzene obsahuje. Už prídavky malých množstiev (0,24 g/100ml) zvyšujú frekvenciu stolice a stimulujú intestinálnu mikroflóru tak ako u detí, ktoré sú živene materským mliekom (Sangwan et al., 2011).

Mliečne výrobky

Bežnou sa stala i aplikácia GOS do mliečnych výrobkov ako sú jogurty, dezerty, maslá a kyslo-mliečne nápoje. V bielych jogurtoch môžu byť GOS pridané pred fermentáciou a vďaka svojim vlastnostiam môžu byť použité aj po fermentačnom procese, pretože jednak GOS zvyšujú sladivosť u týchto výrobkov a taktiež priaznivo pôsobia na konzistenciu, ktorá je potom jemnejšia a krémovjšia. Netreba sa obávať, že GOS budú rozložené použitými jogurtovými kultúrami. Za podmienok prípravy a skladovania nedochádza k ich využitiu, tento anaeróbny proces nastáva až v brušných útroboch (Sangwan et al., 2011).

Nápoje

Ovocné džúsy a sladené nápoje sú ďalšou kapitolou uplatnenia GOS, ktoré sa môžu bez obáv použiť s ostatnými zložkami nápojov. Vďaka ich sladivosti sa pridávajú ako sirupová zložka. Atribútom ich použitia do nápojov je najmä ich dobrá rozpustnosť, stálosť a odolnosť voči kyslejšiemu pH (ktoré môžu zanechať použité antioxidantné zložky - kyselina askorbová či citrónová), pričom krásne odolávajú i vyšším teplotám a dlhým dobám skladovania a nijako nenarúšajú homogenitu a vlastnosti nápojov (Sangwan et al., 2011).

Pekárenské výrobky

Vývoj pekárenských a cukrárenských diel, u ktorých spotrebiteľ dnešných dní vyžaduje zvýšený podiel vlákniny sú GOS opäť ako stvorené na obohacovanie týchto výrobkov. Ich prednosť: znížená sladivosť a nízky obsah kalórií so schopnosťou udržať vysokú vláčnosť a vlhkosť pekárenských výrobkov ich predurčuje na aplikáciu v tejto oblasti (Sangwan et al., 2011).

Krmivová zložka pre domáce a hospodárske zvieratá

Aplikácia prebiotík a probiotík do krmív pre zvieratá sa datuje od 70-tych rokov minulého storočia (najmä v USA). Má preventívne účinky a hospodár týmto spôsobom môže ovplyvňovať „welfare“ zvierat a nárast hmotnosti, pretože rozmachom črevnej mikroflóry sa

zvyšuje resorbcia minerálnych látok a vitamínov a tým sa následne zlepšuje aj vzhľad srsti a stav kože. Môže predchádzať vzniku chorôb a znižovať nutnosť použitia antibiotík, stimuluje sa imunitný systém, potláčajú sa zápalové procesy a tvorba plynov v tráviacom trakte a s ním spojený čelustný (ústny) i fekálny zápach, u dojnic sa môže prechodne zvýšiť produkcia mlieka a u sliepok znáška vajčiek.

V oblasti probiotík, je zaujímavé, ako sa zvieratá dostávajú k potrebným baktériám a imunizujú sa. Napr. mladé kurčatá krátko po vyliahnutí príjmu dávku stolice od dospelaj zdravej sliepky. Mladá viac náchylné na kolonizáciu baktériami rodu *Salmonella* sa po podaní takejto „fekálnej“ dávky od zdravého dospelého jedinca stanú rezistentné na tieto patogény. Tento spôsob bol otestovaný aj na poštových holuboch, pričom fekálie zo zdravých jedincov, ktorým boli podávané probiotiká boli použité ako terapeutický medikament pre choré holuby (Pigeonmania, 2012). Tento spôsob „imunizácie“ zvierat a prípravy špecifických „fekálnych“ liekov je patentovaný a vedený na patentovom úrade (Patentgenius, 2012).

V súčasnosti na trhu existujú komerčné preparáty probiotík obsahujúce *Bacillus sp.*, kvasinky (*Saccharomyces cerevisiae*, *S. boulardii*), vláknité huby (*Aspergillus oryzae*). Tieto preparáty sú prefabrikované vo forme tabliet, kapsúl, práškov, pást či sprejov a stačí sa na základe ceny či druhu zveriať iba rozhodnúť pre určitú variantu.

ZÁVER

S ohľadom na výsledky rozsiahlych vedeckých a medicínskych pozorovaní je evidentné, že zdravotné benefity prinášajú tak probiotiká ako aj prebiotiká. Dobrá vitalita a viabilita probiotík výrazne napomáha nášmu organizmu. Ukazuje sa výhodné použitie kombinácie probiotík s vhodnými prebiotikami a týmto spôsobom adresnejšie vplývať na jednotlivé fyziologické pochody v tele a zmierňovať patologické stavy.

LITERATÚRA

Bosscher, D., Van Loo, J., Franck A. 2006. Inulin and oligofructose as functional ingredients to improve bone mineralization. *Int. Dairy J.*, vol. 16, p. 1092-1097. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.028>

Clementel A. 2012. Probiotics and Prebiotics: An Update from the World Gastrointestinal Organization (WGO). *Eur. J. Food Res. Rev.*, vol. 2, no. 1, p. 24-28.

Dreamfieldsfoods, 2012. Diet information [online] s.a. [cit.20.04.2012] Retrieved from the web: <http://www.dreamfieldsfoods.com/diet-information.html#term0002>.

FDA, 2012. Guidelines for the evaluation of probiotics in food [online] s.a. [cit.29.06.2012] Retrieved from the web:

http://www.fda.gov/ohrms/dockets/dockets/95s0316/95s-0316-rpt0282-Tab-03-Ref-19-Joint-FAOWHO-vol219.pdf?utm_campaign=Google2&utm_source=fdaSearch&utm_medium=website&utm_term=probiotic&utm_content=8.

FreeLibrary, 2011. Townsed Leeter (January 1, 2011): Symposium highlights immune function: probiotics, prebiotics, and enzymes. Retrieved from the web: <http://www.thefreelibrary.com/Symposium+highlights+Immune+Function%3A+probiotics,+prebiotics,+and...-a0246017454>.

Galbavý, Š., Bobek, P., Szifrusz, A. 2008. Pleuran, prebiotiká a ovplyvnenie civilizačných chorôb. Experimentálne štúdie. KT Komárno, 151 p. ISBN 8080566210.

Gibson, G. R., Rastal, R. A. 2006. Prebiotics: Development & Application. John Wiley & Sons Ltd, England. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470023150>

Gibson, G. R., McCartney, A. L., Rastall, R. A. 2005. Prebiotics and resistance to gastrointestinal infections. *Br. J. Nutr.*, vol. 93, p. 31-34.

<http://dx.doi.org/10.1079/BJN20041343>

Herich, R., Levlit, M. 2002. Lactic acid bacteria, probiotics and immune system. *Vet. Med. – Czech*, vol. 47, p.169–180.

Livestrong, 2012. Probiotics for diabetics [online] s.a. [cit.21.06.2012] Retrieved from the web: <http://www.livestrong.com/article/492618-probiotics-for-diabetics/>.

Ma, E. L., Choi, Y. J., Choi, J., Pothoulakis, C., Rhee, S. H., Im, E. 2010. The anticancer effect of probiotic *Bacillus polyfermenticus* on human colon cancer cells is mediated through ErbB2 and ErbB3 inhibition. *Int. J. Cancer* vol. 127, no. 4, p. 780-790. <http://dx.doi.org/10.1002/ijc.25011> PMID:19876926

Mannucci, F. 2009. Enzymatic synthesis of galactooligosaccharides from whey permeate. Dublin Institute of Technology.

Nutriciamedical, 2012. Prebiotická vláknina [online] s.a. [cit.08.04.2012] Retrieved from the web: http://www.nutriciamedical.cz.prebioticka_vlaknina.

Ooi, L.-G., Loing, M.-T. 2010. Cholesterol-lowering effects of probiotics and prebiotics: A review of in vivo and in vitro findings. *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 11, p. 2499-2522. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms11062499> PMID:20640165

Park, A. R., Oh, D.K. 2010. Galacto-oligosaccharide production using microbial β -galactosidase: current state and perspectives. *App. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 85, p. 1279-1286. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-009-2356-2> PMID:19943044

Patentgenius, 2012 Patent 5604127 [online] s.a. [cit.02.07.2012] Retrieved from the web: <http://www.patentgenius.com/patent/5604127.html>.

Pigeonmania, 2012. Probiotics for racing pigeons [online] s.a. [cit.02.07.2012] Available at: Retrieved from the web: <http://www.pigeonmania.com/probiotics-for-racing-pigeons/>.

Perdigón, G., Fuller, R., Raya, R. 2001. Lactic acid bacteria and their effect on the immune system. *Curr. Issues Intest. Microbiol.*, vol. 2, p. 27-42. PMID:11709854

Sagwan, V., Tomar, S. K., Singh, R. B., Singh, A. K., Babar, A. 2011. Galactooligosaccharides: Novel Components of Designer Foods. *J. Food Sci.* vol 76, no. 4, p. 103-111. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02131.x> PMID:22417365

Saini, R., Saini, S., Sharma, S. 2010. Potential of probiotics in controlling cardiovascular diseases. *J. Cardiovasc. Dis. Res.*, vol. 1, p. 213-214. <http://dx.doi.org/10.4103/0975-3583.74267> PMID:21264188

Steer, T., Carpenter, H., Tuohy, K., Gibson, G. R. 2000. Perspectives on the role of the human gut microbiota and its modulation by pro- and prebiotics. *Nutr. Res. Rev.* vol. 13, p. 229-254. <http://dx.doi.org/10.1079/095442200108729089> PMID:19087441

Toma, M. M., Pokrotniek, S. J. 2006. Probiotics as functional food: Microbiological and medical aspects. *Acta Universitatis Latviensis*, vol. 710, p. 117-129.

Tores, D. P. M., Conclaves, M. P. F., Teixeira, J. A., Rodrigues, L. R. 2010. Galacto-oligosaccharides: production,

properties, applications and significance as prebiotics. *Compr. Rev. Food Sci. F.*, vol. 9, p. 438-454. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00119.x>

Wallace, T. C., Guarner, F., Madsen, K., Cabana, M. D., Gibson, G., Hentges, E., Ssanders, M. E. 2011. Human gut microbiota and its relationship to health and disease. *Nutr. Rev.*, vol. 69, p. 392-403. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00402.x> PMID:21729093

Wang, Z., Klipfell, E., Bennett, B. J., Koeth, R., Levison, B. S., GuGar, B., Feldstein, A. E., Britt, E. B., Fu, X., Chung, Y.-M., Wu, Y., Schauer, P., Smith, J. D., Allayee, H., Wilson, Tang, W. H., DiDonato, J. A., Lusis, A. J., Hanzen, S. L. 2011. Gut flora metabolism of phosphatidylcholine promotes cardiovascular disease. *Nature*, vol. 472, p. 7341-7357. <http://dx.doi.org/10.1038/nature09922> PMID:21475195

Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/
Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ



Acknowledgments:

This study was supported by the Agency of the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic for the Structural Funds of EU. Grant number: ITMS 26240220057.

Contact address:

Ing. Monika Vidová, PhD., Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Radlinského 9, 812 37 Bratislava Slovakia, Email: monika.vidova@stuba.sk

Ing. Helena Hronská, PhD., Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Radlinského 9, 812 37 Bratislava Slovakia, Email: helena.hronska@stuba.sk

Ing. Silvia Tokošová, Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Radlinského 9, 812 37 Bratislava Slovakia, Email: silvia.tokosova@stuba.sk

prof. Ing. Michal Rosenberg, PhD., Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Radlinského 9, 812 37 Bratislava Slovakia, Email: michal.rosenberg@stuba.sk