

PREBIOTIKÁ A ICH APLIKÁCIE V POTRAVINÁRSKOM PRIEMYSLE

ZUZANA MATEJČEKOVÁ, DENISA LIPTÁKOVÁ a ĽUBOMÍR VALÍK

Oddelenie výživy a hodnotenia kvality potravín, Ústav potravinárstva a výživy, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava

zuzana.matejcekova@stuba.sk

Došlo 31.5.17, prepracované 3.1.18, prijaté 15.2.18.

Kľúčové slová: oligosacharidy, črevná mikrobiota, funkčné potraviny, inulín

Obsah

1. Úvod
2. Prebiotické sacharidy
 - 2.1. Oligosacharidy
 - 2.2. Galaktooligosacharidy
 - 2.3. Prebiotiká inulínového typu
 - 2.4. Sójové oligosacharidy
 - 2.5. Xylooligosacharidy
 - 2.6. Izomaltooligosacharidy
3. Fyziologické účinky na ľudský organizmus
4. Priemyselná aplikácia prebiotík
5. Záver

1. Úvod

Funkčné potraviny patria medzi najrýchlejšie sa rozvíjajúce oblasti potravinárskeho priemyslu s viac ako 30% nárastom ročnej produkcie. Pôvodný koncept funkčných potravín zahŕňal obohatenie výživy o minerály a vitamíny, najmä vápnik a kyselinu listovú. V súčasnosti sa pozornosť upriamuje na aplikáciu a overovanie účinnosti pre a probiotík, ktoré majú pozitívny vplyv na zloženie črevnej mikrobioty. Hlavnými nosičmi probiotických baktérií sú v súčasnosti mliečne produkty. Najčastejšie využívané mikroorganizmy v probiotických produktoch patria prevažne do rodov *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*. Životaschopnosť bifidobaktérií je však vo fermentovaných mliečnych výrobkoch obmedzená vzhľadom na to, že sú citlivé na kyslík. Prídavkom rastových faktorov do produktov, napríklad galaktooligosacharidov (GOS), fruktooligosacharidov (FOS), alebo inulínu sa zlepšuje ich životaschopnosť a tieto majú zároveň aj prebiotické účinky. Nakoľko sa vedecká komunita výskumom v oblasti prebiotík zaobe-

rá posledné dve desaťročia, cieľom tohto článku je poskytnúť súhrnné poznatky týkajúce sa rozdelenia prebiotík, ich uplatnenia v potravinárskom priemysle a v neposlednom rade aj ich vplyvu na zdravie človeka.

2. Prebiotické sacharidy

História ako aj výskum v oblasti prebiotík nesiahajú d'alekej minulosti. Termín a definíciu vyslovili prvýkrát Gibson a Roberfroid v roku 1995. Za prebiotiká označili nestráviteľné časti potravín, ktoré prospešne ovplyvňujú zdravie hostiteľa tým, že sú v čreve utilizované prítomnou mikrobiotou, čím podporujú jej rast a aktivitu¹. Roberfroid² definoval prebiotiká ako selektívne fermentovateľné prísady, ktoré umožňujú špecifické zmeny v zložení ako aj v aktivite črevnej mikrobioty, s cieľom poskytnúť zdravotné benefity hostiteľom. Zároveň vo svojej práci požaduje presné kritériá na klasifikáciu častí potravín sacharidickej povahy pre zaradenie medzi prebiotiká.

Týmito kritériami sú:

- tolerancia voči kyslému prostrediu v žalúdku, tráviacim enzýmom a absorpcii gastrointestinálnym traktom
- fermentácia intestinálnou mikrobiotou
- selektívna stimulácia rastu a/alebo aktivity intestinálnej mikrobioty.

Tretie kritérium je najdôležitejšie a zároveň najnáročnejšie na overenie³. Je závislé na kvantitatívnej analýze širokej palety bakteriálnych druhov, ako je celkový počet aeróbných a anaeróbných mikroorganizmov z rodu *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Eubacterium* a *Lactobacillus*. Prebiotický efekt nie je možné relevantne dokázať len v podmienkach skúmania jednotlivých kultúr resp. ich zmesí, čím nemôžu byť zachytené celkové interakcie prebiehajúce v hrubom čreve. Preto sa na demonštráciu testovania prebiotík vyvinuli mikrobiologické metódy založené na molekulárnych technikách (fluorescenčná *in situ* hybridizácia (FISH); polymerázová reťazová reakcia (PCR); denaturačná teplotná gradientová gélová elektroforéza a prietoková cytometria)¹. Selektívne vlastnosti prebiotík sa musia vzťahovať na podporu pozitívnej mikrobioty (bifidobaktérií a laktobacilov) na úkor ostatných skupín mikroorganizmov prítomných v čreve, ktoré sú zväčša prevládajúce u dospelých jedincov⁴.

2.1. Oligosacharidy

Oligosacharidy patriace medzi prebiotiká sú súhrnne označované ako non-digestible oligosaccharides (NDO) a slúžia ako substráty pre probiotické baktérie. Enzýmami tenkého čreva sú nestráviteľné, čo je spôsobené substrátovou špecifitou ľudských gastrointestinálnych enzýmov.

Tieto enzýmy sú zväčša špecifické pre α -glykozidové väzby, zatiaľ čo glykozidové väzby v prebiotických oligosacharidoch majú β -konfiguráciu. V tenkom čreve sa síce tvorí niekoľko typov β -D-galaktózidáz, ktoré sú schopné rozkladať GOS, ale ich aktivita je zvyčajne veľmi nízka⁵. Sladivosť oligosacharidov je 0,3 až 0,6× vyššia v porovnaní so sacharózou, je však závislá od ich chemickej štruktúry, stupni polymerizácie, ako aj obsahu monoa disacharidov v zmesi⁶. Zloženie ako aj spôsob výroby najbežnejších nestráviteľných oligosacharidov sú pre prehľadnosť uvedené v tab. I.

NDO sa prirodzene vyskytujú v materskom mlieku v relatívne vysokých koncentráciách (10–20 g l⁻¹)⁵, pričom bolo identifikovaných viac ako 200 druhov⁷. Základnými zložkami oligosacharidov materského mlieka (OMM) sú galaktóza, glukóza, N-acetyl-D-glukóзамín, fukóza a kyselina sialová. Okrem účasti na podpore rozvoja imunitného systému zohrávajú významnú úlohu pri modulácii intestinálnej mikrobioty dojčiat⁸. Transgalaktozylované oligosacharidy (TOS), laktulóza ako aj ďalšie prebiotiká spolu s obsahovými látkami a vlastnosťami materského mlieka selektívne podporujú rast nielen vybraných druhov mikroorganizmov z rodu *Bifidobacterium* spp. (*B. longum*, *B. breve*, *B. pseudolongum*, *B. infantis*, *B. lactis*), ale aj *Lactobacillus* spp. (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. reuteri*, *L. plantarum*)⁹.

Locascio a spol.¹⁰ vo svojej práci testovali schopnosť 12 kmeňov rodu *Bifidobacterium* rásť na OMM v *in vitro* podmienkach. Vysoký nárast počtov bol charakteristický pre *Bifidobacterium longum* biovar *infantis*, zatiaľ čo u kmeňov *B. adolescentis*, *B. breve* a *B. bifidum* bol preukázaný nižší rast.

2.2. Galaktooligosacharidy

GOS sú živočíšneho pôvodu, chemicky označované súhrnným vzorcom Glc(1-4)[β (1-6)Gal]_n, kde n = 2–5 a predstavuje počet jednotiek galaktózy¹¹. Vďaka β -konfigurácii sú odolné voči enzýmom prítomným v ľudských slinách, ako aj žalúdočným šťavám, ktoré selektívne štiepia α väzby¹². Vyznačujú sa relatívne vysokou

sladivosťou (35 % sladivosti sacharózy), dobrou rozpustnosťou, stabilitou pri vysokej teplote, ako aj pri meniacich sa pH hodnotách¹³. Tieto vlastnosti ich predurčujú na široké použitie v potravinárstve. Priemyselne sa vyrábajú transgalaktozyláciou z roztoku laktózy pôsobením β -D-galaktózidázy, preto sa nazývajú aj TOS¹⁴ (obr. 1). Najpoužívanejší zdroj β -D-galaktózidázy predstavujú kvasinky *Kluyveromyces lactis* a *K. fragilis*¹⁴, ako aj rôzne kmene bifidobaktérií¹⁵.

Priemyselne vyrábané GOS sú svojou štruktúrou a vlastnosťami veľmi príbuzné tým, ktoré sú prirodzene obsiahnuté v ľudskom mlieku. Komerčné preparáty obsahujú okolo 55 % oligosacharidov, 38 % glukózy a 12 % laktózy. Najznámejšie komerčne dostupné GOS sú Vivinal[®] ponúkaný prevažne na európskom trhu a Oligomate[®] z Japonska. Oba sú vyrábané z laktózy získanej zo srvátky. Na jednej strane sa GOS môžu vyskytovať ako nestráviteľné oligosacharidy, ale taktiež ako rozpustná vlákna využitelná intestinálnou mikrobiotou hrubého čreva¹⁶. Watson a spol.¹⁷ vo svojej štúdii uvádzajú lepšie rastové schopnosti laktobacilov na GOS v porovnaní s FOS, alebo inulínom.

β -D-Galaktozidáza – mechanizmus reakcie, produkty, aplikácie

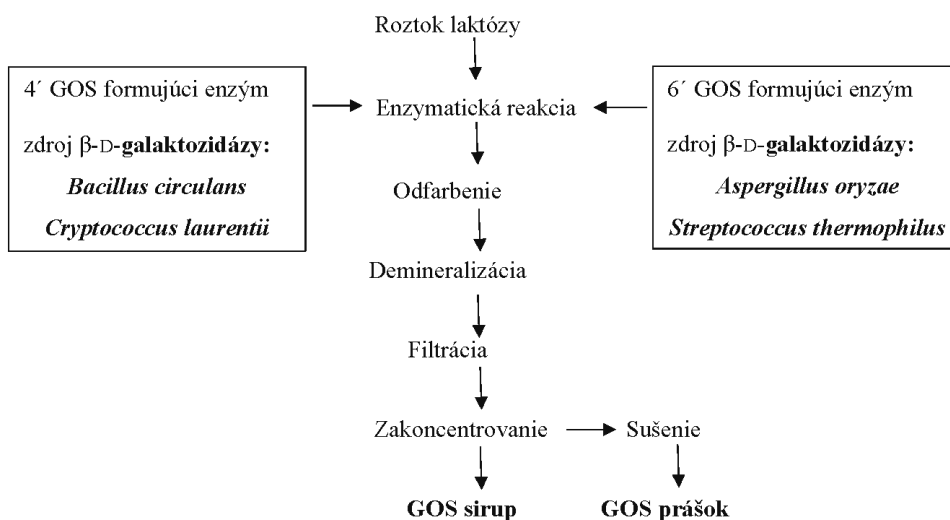
β -D-Galaktozidáza predstavuje jeden z prvých izolovaných a purifikovaných enzýmov pochádzajúcich z rôznych rastlinných a animálnych zdrojov, ako aj z mikroorganizmov. Katalyzuje hydrolyzu laktózy na monosacharidy D-glukózu a D-galaktózu. Transgalaktozylácia predstavuje sprievodnú reakciu enzýmovej hydrolyzy. β -D-Galaktozidáza v nej katalyzuje prenos uvoľneného galaktozylu po rozštípení väzby medzi glukózou a galaktózou na iný sacharid prítomný v prostredí¹⁸.

2.3. Prebiotiká inulínového typu

Do tejto významnej skupiny prebiotík patria FOS, inulín a oligofruktóza¹⁹. FOS sú zložené z jednotiek D-fruktózy pospájané v lineárnom reťazci β (2-1) väzbami

Tabuľka I
Charakteristika najbežnejších nestráviteľných oligosacharidov⁴

Prebiotikum	Zloženie	Spôsob výroby	Stupeň polymerizácie
Inulín	β (2-1)fruktány	extrakcia z koreňa čakanky	11–65
Fruktooligosacharidy (FOS)	β (2-1)fruktány	transfruktozylácia sacharózy / hydrolyza inulínu	2–10/ 3–5
Galaktooligosacharidy (GOS)	oligo-galaktóza (85 %), glukóza, laktóza	z laktózy prostredníctvom β -D-galaktozidázy	2–5
Sójové oligosacharidy (SOS)	zmes rafinózy a stachyózy	extrakcia zo sójovej múky	3–4
Xylooligosacharidy (XOS)	β (1-4) reťazce xylózy	enzymatická hydrolyza xylánu	2–4
Izomaltooligosacharidy (IMO)	α (1-4) glukóza, α (1-6) glukóza	transgalaktozylácia maltózy	2–8

Obr. 1. Proces industriálnej produkcie GOS¹⁵

s poslednou molekulou glukózy, pričom tvoria oligoméry o dĺžke 2 až 20 jednotiek. Označujú sa ako FOS typu GF_n, kde n predstavuje počet jednotiek fruktózy. FOS typu GF_n sú neredukujúce sacharidy, pričom existuje aj druhý oligomér typu F_n, s chýbajúcou glukózou, ktorý je už redukujúci sacharid. Produkt oligofruktóza je zmes sacharidov typu GF_n a F_n. V prípade, že je polymerizačný stupeň vyšší ako 20, jedná sa o inulín²⁰. Samotný stupeň polymerizácie významne ovplyvňuje rýchlosť metabolizmu v čreve. Zatiaľ čo FOS a oligofruktóza sú fermentované už v proximálnej časti hrubého čreva, predpokladá sa, že dlhšie molekuly inulínu majú potenciálny vplyv na mikrobiotu zastúpenú vo vzdialenejších častiach. Z tohto dôvodu bola vyvinutá zmes Synergyl, ktorá predstavuje kombináciu oligofruktózy a inulínu na zaistenie dlhodobiejšieho prebiotického efektu^{19,21}. Konečné produkty syntéz obsahujú okrem prebiotík aj určité množstvo neprebiotických mono- a disacharidov, ktoré je možné odstrániť separáciou²². Taktiež sa fruktány vyrábajú priemyselne, enzymatickou syntézou pomocou vláknitej huby *Aspergillus niger*¹⁹.

Vzhľadom na neutrálnu chuť sú často prebiotiká inulínového typu pridávané do potravín ako vlákna. Taktiež ako v prípade iných oligosacharidov, aj v prípade FOS boli preukázané bifidogénne účinky. Gibson a Wang²³ poukázali nielen na to, že kmeň *Bifidobacterium infantis* dokázal rásť na FOS, ale taktiež došlo k inhibícii rastu kmeňov *Escherichia coli* a *Clostridium perfringens*. FOS sú rozpustné vo vode, preto sú označované aj ako rozpustná vlákna. Obdobne ako v prípade GOS je sladivosť 0,3–0,6× vyššia v porovnaní so sacharózou²⁴. Bunešová a spol.²⁵ testovali prebiotiká na báze GOS a FOS na vzorkách stolice dojčiat. Výsledky po 24 h kultivácie preukázali,

že prebiotické sacharidy podporovali rast nielen bifidobaktérií, ale aj klostridií, ktoré sú vo väčšej miere zastúpené u dojčiat s nižším počtom bifidobaktérií. Selektívny efekt len pre žiadaný rod *Bifidobacterium* spp. sa nepotvrdil.

2.4. Sójové oligosacharidy

Sójové oligosacharidy (SOS) bývajú súhrnne označené ako oligosacharidy rafinózového rádu (RSO – raffinose series oligosaccharides). Patrí sem trisacharid rafinóza, tetrasacharid stachyóza a pentasacharid verbaskóza. Sú zložené zo sacharózy s naviazanou jednou, alebo viacerými molekulami galaktózy pospájanými α(1-6) glykozidickou väzbou²⁶. Z dôvodu neprítomnosti α-D-galaktozidázy v ľudskom tele SOS prechádzajú do hrubého čreva, kde sú fermentované prítomnou mikrobiotou za vzniku mastných kyselín s krátkym reťazcom. Vyskytujú sa hlavne v strukovinách a na rozdiel od väčšiny oligosacharidov sa získavajú priamo zo suroviny, bez potreby enzymatickej výroby²⁰.

Obsah jednotlivých oligosacharidov sa v sójovej múke pohybuje od 0,1 do 1,5 % v prípade rafinózy, od 1,0 do 6,0 % v prípade stachyózy²⁷. Švejstil a spol.²⁸ vo svojej práci stanovili celkový obsah RSO v rôznych druhoch sójových produktov s následným zhodnotením prebiotického efektu na ľudskú črevnú mikrobiotu. Zo všetkých testovaných vzoriek bol najvyšší obsah RSO zaznamenaný v sójovej múke (5,59 g/100 g), čo poukazuje na efektívny zdroj prebiotických oligosacharidov vo výžive človeka. Vo viacerých štúdiách bol preukázaný pozitívny efekt RSO na rast prebiotických baktérií. Inoguchi a spol.²⁹ porovnávali vplyv fermentovaného a nefermentovaného sójového nápoja na črevnú mikrobiotu ľudí, pričom oba nápoje podpo-

rovali rast bifidobaktérií, zatiaľ čo fermentovaný sójový nápoj súčasne znížil aj počty životaschopných klostridií. Martinez-Villaluenga a spol.³⁰ sa zaoberali prípravou fermentovaného mliečného výrobku, ktorý bol obohatený RSO. Oligosacharidy boli vo výrobku prednostne využité ako zdroj uhlíka pred laktózou, čo sa prejavilo urýchlením procesu fermentácie o 2 hodiny a zároveň došlo k zvýšeniu počtov *B. animalis* subsp. *lactis* a *L. acidophilus*.

2.5. Xylooligosacharidy

Xylooligosacharidy (XOS) predstavujú ďalšiu skupinu, ktorú môžeme zaradiť medzi prebiotiká. Základnou surovinou pre ich výrobu je polysacharid xylán, získavaný prevažne z obilnín. Sú produkované dvomi spôsobmi a to chemickou a enzymatickou hydrolýzou³¹. XOS vďaka svojim vlastnostiam môžeme zaradiť medzi potenciálne zložky funkčných potravín, a taktiež majú uplatnenie pri výrobe synbiotických výživových doplnkov³². Fooks a Gibson³³ testovali synergický účinok s probiotickými baktériami, pričom potvrdili potlačenie rastu patogénnych mikroorganizmov ako *Escherichia coli* a *Campylobacter jejuni*.

2.6. Izomaltooligosacharidy

Izomaltooligosacharidy (IMO) sú zložené z glukózy pospájanej pomocou glykozidickej $\alpha(1-6)$ väzby, pričom sú tvorené krátkymi reťazcami o dĺžke 2–4 jednotiek. Komerčne sa vyrába zmes di-, tri- a tetraoligosacharidov. IMO majú preukázateľný bifidogénny účinok u ľudí²⁰. Vďaka priemyselným aplikáciám vo fermentovaných potravinách (saké, sójové omáčky, miso) dosahujú rozmach hlavne v ázijských krajinách³⁴.

3. Fyziologické účinky na ľudský organizmus

Príjem a užívanie vysokých dávok probiotík bez prítomnosti prebiotík v strave by prakticky nemal význam. Väčšina z probiotických baktérií by sa nemohla v potrebnej miere rozmnožovať a adherovať na črevný epitel s následnou kolonizáciou tráviaceho traktu. Výhody konzumácie prebiotík na zdravie človeka možno popísať v dvoch mechanizmoch. Prvým je podpora selektívnej proliferácie a adherencie probiotických mikroorganizmov na črevný epitel, čím dochádza k zmenšeniu priestoru pre kolonizáciu patogénov. Druhým významným mechanizmom je ovplyvnenie metabolickej aktivity probiotických mikroorganizmov, čím sa spúšťa proces syntézy enzýmov a priaznivých metabolitov ovplyvňujúcich patologické a metabolické procesy v organizme. Počas samotného procesu fermentácie prebiotických substrátov v hrubom čreve dochádza k tvorbe nižších organických kyselín (octová, propiónová), čo má za následok zníženie pH v čreve s následnou podporou diferenciácie črevných epitelových buniek. Taktiež dochádza k produkcii esenciálnych vitamínov najmä skupiny B (B_1 , B_2 , B_6 a B_{12}), ktoré

sú absorbované črevnou sliznicou a následne distribuované cievnym a lymfatickým systémom. Viaceré štúdie preukázali, že oligofruktóza a inulín sa považujú za najlepšie prebiotiká s preventívnou schopnosťou zmierniť priebeh osteoporózy³⁵. Taktiež viaceré štúdie poukazujú na fakt, že vhodne zvolená kombinácia prebiotík a probiotík má hypocholesterolemický efekt a vplýva na metabolizmus žlčových kyselín, pomer LDL/HDL cholesterolu, na distribúciu plazmových lipoproteínov a reguláciu pečenných cholesterolových enzýmov³⁶.

Arslanoglu a spol.³⁷ vo svojej práci popisujú pozitívny účinok zmesi podávaných krátkoreťazových GOS a dlhoreťazových FOS (9:1) na výskyt atopických ekzémov a infekčných ochorení u detí do 6 mesiacov. Výskumy naznačujú pozitívne ovplyvnenie imunity prostredníctvom črevnej mikrobioty aj po ukončení podávania prebiotík. Goubeyre a spol.³⁸ taktiež popisujú pozitívny účinok vplyvu pro- a prebiotík na alergické reakcie u ľudí.

4. Priemyselná aplikácia prebiotík

Popri množstve zdravotných benefitov spolu s ohľadom na priaznivé fyzikálno-chemické vlastnosti majú prebiotiká zároveň potenciál zlepšiť kvalitu potravín. Predstavujú ideálne prísady do produktov zameraných pre špecifické skupiny obyvateľstva ako sú dojčatá, deti, ženy a starší ľudia. Úspešne boli aplikované taktiež aj do nepotravinárskych výrobkov, napr. do krmív pre domáce i hospodárske zvieratá a ryby.

Dojčenská výživa

Dôvodom fortifikácie dojčenských mliečnych výživ o prebiotické zložky je snaha dosiahnuť bifidogénny efekt porovnateľný s dojčenými deťmi. Už prídavky malých množstiev GOS ($2,4 \text{ g l}^{-1}$) majú preukázaný pozitívny vplyv na stimuláciu intestinálnej mikrobioty^{39,40}. Tento predpoklad bol sledovaný na dojčatách, ktorým bola po dobu prvých 4 mesiacov podávaná výživa obohatená o inulín a oligofruktózu. Črevná mikrobiota sledovaných detí bola porovnateľná s dojčenými a taktiež boli potvrdené vyššie počty bifidobaktérií ako v prípade kontrolnej skupiny⁴¹.

Mliečne výrobky

Mliečne produkty sú považované za potencionálny nosič pro- a prebiotík. GOS môžu byť pridané do produktu pred samotnou fermentáciou, ale na druhej strane sa vďaka svojim vlastnostiam pridávajú aj po ukončení fermentačného procesu, kedy priaznivo ovplyvňujú konzistenciu výrobkov. Za podmienok samotnej technologickej výroby a skladovania nedochádza k ich utilizácii. Tento proces nastáva až v gastrointestinálnom trakte za anaeróbnych podmienok⁴². Rodrigues a spol. poukazujú na vhodnú kombináciu prebiotík (inulín a oligofruktóza) a probiotík (*L. acidophilus* a *B. lactis*) pri výrobe syrov, kedy došlo k urýchleniu procesu fermentácie, ako aj k zvýšenej produkcii kyseliny mliečnej⁴³. Cruz a spol. sa zamerali na

hodnotenie zvyšujúcich sa prídavkov oligofruktózy (0 až 8 %) na fyzikálno-chemické, reologické a mikrobiologické vlastnosti neochuteného jogurtu. Prídavok 2,6 % sa ukázal ako najvhodnejší z hľadiska senzoričných vlastností, kedy nebola ovplyvnená životaschopnosť kmeňov *Streptococcus thermophilus* a *L. bulgaricus*, hodnoty pH ani proteolýza počas celých 28 dní chladiarenského uchovávaní⁴⁴.

Nápoje

Vďaka ich sladivosti sa najmä GOS pridávajú do ovocných džúsov a nápojov ako sirupová zložka. Atribútom ich použitia do tejto potravinárskej komodity je najmä ich dobrá rozpustnosť, stálosť a odolnosť voči kyslejšiemu pH. Sú taktiež schopné odolať vyšším teplotám a dlhým dobám skladovania, pričom nedochádza k narušeniu homogenity ako aj ostatných vlastností nápojov³⁹.

Pekárenské výrobky

Pri vývoji pekárenských výrobkov, u ktorých spotrebiteľ vyžaduje zvýšený podiel vlákniny, predstavujú GOS s ohľadom na priaznivé vlastnosti ideálne prísady. Ich schopnosť udržať vláknosť a vlhkosť finálnych výrobkov ich predurčujú aj na aplikáciu v tejto oblasti³⁹.

5. Záver

Prebiotiká ako selektívne fermentovateľné prísady prevažne sacharidového pôvodu prechádzajú gastrointestinálnym traktom bez zmeny až po hrubé črevo, kde stimulujú rast a aktivitu prítomnej mikrobioty. FOS sú prirodzenou zložkou obilných zŕn, sójových bôbov, rôznych druhov zeleniny ako napríklad cibule, póru, banánov a hrozienok, na druhej strane GOS sú prirodzenou súčasťou kravského mlieka. Môžu byť taktiež súčasťou širokej škály potravinových produktov ako mliečnych a pekárenských výrobkov, ale výnimkou nie sú ani cukrovinky či nápoje. Najvýznamnejším zdravotným prínosom je ich vplyv na črevnú mikrobiotu, kde podporujú rast najmä laktobacilov a bifidobaktérií. V neposlednom rade majú prospešný vplyv na metabolizmus cukrov a tukov, pričom znižovaním hladiny cholesterolu potláčajú riziko vzniku civilizačných ochorení, akým je napr. *diabetes mellitus*.

Zoznam skratiek

B.	<i>Bifidobacterium</i>
FISH	fluorescenčná <i>in situ</i> hybridizácia
FOS	fruktooligosacharidy
Gal	galaktóza
Glc	glukóza
GOS	galaktooligosacharidy
IMO	izomaltooligosacharidy
K.	<i>Kluyveromyces</i>
L.	<i>Lactobacillus</i>
NDO	nestráviteľné oligosacharidy, non-digestible oligosaccharides

OMM	oligosacharidy materského mlieka
PCR	polymerázová reťazová reakcia
RSO	oligosacharidy rafinóзовého rádu, raffinose series oligosaccharides
SOS	sójové oligosacharidy
TOS	transgalaktozylované oligosacharidy
XOS	xylooligosacharidy

LITERATÚRA

- Gibson G. R., Probert H. M., Loo J. V., Rastall R. A., Roberfroid M. B.: *Nutr. Res.* 17, 259 (2004).
- Roberfroid M.: *J. Nutr.* 137, 830 (2007).
- Fooks L. J., Gibson G. R.: *FEMS Microbiol. Ecol.* 39, 67 (2002).
- Macfarlane S., Macfarlane G. T., Cummings J. H.: *Aliment. Pharmacol. Ther.* 24, 701 (2006).
- Krenn E. J., Bode L.: *Minerva Pediatr.* 64, 83 (2012).
- Mussatto S. I., Mancilha I. M.: *Carbohydr. Polym.* 68, 587 (2007).
- Rockova S., Nevoral J., Rada V., Marsik P., Sklenar J., Hinkova A., Vlkova E.: *Int. Dairy J.* 21, 504 (2011).
- Jantscher-Krenn E., Bode L.: *Minerva Pediatr.* 64, 99 (2012).
- Görner F., Valík E.: *Aplikovaná mikrobiológia požívatín*. Malé centrum, Bratislava 2004.
- Locascio R. G., Ninonuevo M. R., Kronewitter S. R., Freeman S. L., German J. B., Lebrilla C. B., Mills D. A.: *Microb. Biotechnol.* 2, 333 (2009).
- Lamsal B. P.: *J. Sci. Food Agric.* 92, 2020 (2012).
- Sako T., Matsumoto K., Tahala R.: *Int. Dairy J.* 9, 69 (1999).
- Angus F., Smart S., Shortt C., v knihe: *Probiotic Dairy Products* (Tamime A. Y., ed.), kap. 6. Wiley-Blackwell, Oxford 2005.
- Boon M. A., Oost J., Vos W. M., Janssen A. E. M., Riet K.: *Appl. Biochem. Biotechnol.* 75, 269 (2000).
- Rabiu B. A., Jay A. J., Gibson G. R., Rastall R. A.: *Appl. Environ. Microbiol.* 67, 2526 (2001).
- Rastall R. A., v knihe: *Prebiotics: Development and Application* (Gibson G. R., Rastall R. A., ed.), kap. 4. J. Wiley, Londýn 2006.
- Watson D., Motherway M. O., Schoterman M. H., van Neerven R. J., Nauta A., Sinderen D.: *J. Appl. Microbiol.* 114, 1132 (2012).
- Tores D. P. M., Gonclaves M. P. F., Teixeira J. A., Rodrigues L. R.: *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 9, 438 (2010).
- Kelly G.: *Altern. Med. Rev.* 13, 315 (2008).
- Touhy K. M., Rouzaud G. C. M., Brück W. M., Gibson G. R.: *Curr. Pharm. Des.* 11, 75 (2005).
- Loo J. V., v knihe *Prebiotics: Development and Application* (Gibson G. R., Rastall R. A., ed.), kap. 3. J. Wiley, Chichester 2006.
- Coussement P. A.: *J. Nutr.* 129, 1412S (1999).
- Gibson G. R., Wang X.: *J. Appl. Bacteriol.* 77, 412 (1994).

24. Sabater-Molina M., Larqué E., Torrella F., Zamora S.: *J. Physiol. Biochem.* **65**, 315 (2009).
25. Bunešová E., Vlková E., Rada V., Killer J., Musilová S.: *Benefic. Microbes* **5**, 377 (2014).
26. Peterbauer T., Lahuta L. B., Blochl A., Mucha J., Jones D. A., Hedley C. L., Gorecki R. J., Richter A.: *Plant. Physiol.* **127**, 1764 (2001).
27. Choct M., Dersjant L. I., McLeish J., Peisker M.: *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* **23**, 1386 (2010).
28. Švejtil R., Musilová Š., Rada V.: *Sci. Agric. Bohemica* **46**, 73 (2015).
29. Inoguchi S., Ohashi Y., Narai-Kanayama A., Aso K., Nakagaki T., Fujisawa T.: *Int. J. Food Sci. Nutr.* **63**, 402 (2012).
30. Martinez-Villaluenga C., Frias J., Vidal-Valverde C., Gomez R.: *J. Food Prot.* **68**, 1246 (2005).
31. Vázquez M. J., Alonso J. L., Domínguez H., Parajó J. C.: *Trends Food Sci. Technol.* **11**, 387 (2000).
32. Aachary A. A., Prapulla S. G.: *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **10**, 2 (2011).
33. Fooks L. J., Gibson G. R.: *FEMS Microbiol. Ecol.* **39**, 67 (2002).
34. Goffin D., Delzenne N., Blecker C., Hanon E., Deroanne C., Paquot M.: *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **51**, 394 (2011).
35. Bosscher D., Loo J. V., Franck A.: *Int. Dairy J.* **16**, 1092 (2006).
36. Ooi L. G., Liong M. T.: *Int. J. Mol. Sci.* **11**, 2499 (2010).
37. Arslanoglu S., Moro G. E., Schmitt J., Tandoi L., Rizzardi S., Boehm G.: *J. Nutr.* **38**, 1091 (2008).
38. Gourbeyre P., Denery S., Bodinier M.: *J. Leukocyte Biol.* **89**, 685 (2011).
39. Sangwan V., Tomar S. K., Singh R. R. B., Singh A. K., Babar A.: *J. Food Sci.* **76**, 103 (2011).
40. Ben X. M., Li J., Feng Z. T., Shi S. Y., Lu Y. D., Chen R., Zhou X. Y.: *World J. Gastroenterol.* **14**, 6564 (2008).
41. Boehm G., Lidestri M., Casetta P., Jelinek J., Negretti F., Stahl B., Marini A.: *Arch. Dis. Child. Fetal. Neonatal. Ed.* **86**, F178 (2002).
42. Vidová M., Hronská H., Tokošová S., Rosenberg M.: *Potravinárstvo* **7**, 28 (2013).
43. Rodriguez D., Rocha-Santos T. A. P., Gomes A. M., Goodfellow B. J., Freitas A. C.: *Food Chem.* **131**, 1414 (2012).
44. Cruz A. G., Cavalcanti R. N., Guerreiro L. M. R., Sant'Ana A. S., Nogueira L. C.: *Food Eng.* **114**, 323 (2013).

Z. Matejčková, D. Liptáková, and E. Valík
(Department of Nutrition and Food Quality Assessment, Institute of Food Science and Nutrition, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia): **Prebiotics and their Applications in Food Industry**

Recently, an increasing interest in functional foods has been observed. Prebiotics as non-digestible oligosaccharides are ingredients incorporated into functional products not only for economic reasons but also due to scientific evidence of their benefits on human health. They act as substrates for the growth of bifidobacteria and lactobacilli in the intestine and thus enhance the gastrointestinal functions and immune system. In addition, prebiotics have been shown to increase the absorption of calcium and magnesium and to influence blood glucose levels.

Keywords: oligosaccharides, intestinal microbiota, functional foods, inulin