

BARTOSZ KULCZYŃSKI, ANNA GRAMZA-MICHAŁOWSKA

## Właściwości prozdrowotne fruktanów typu inuliny

### Health benefits of inulin-type fructans

Katedra Technologii Żywnienia Człowieka, Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

#### KEYWORDS

inulin, fructans,  
fructooligosaccharides, prebiotics,  
health-promoting properties

#### SUMMARY

Inulin-type fructans are a group of compounds that occur in different parts of plants. They include mainly: inulin, oligofructose and oligosaccharides. In the food industry, they are obtained especially from Jerusalem artichokes and chicory. They are also present in garlic, leek, onions and asparagus. Inulin-type fructans are resistant to digestion in the human digestive tract and they are fermented in a colon. They can alter the composition of intestinal microflora and stimulate growth of beneficial bacteria and also inhibit the growth of potentially pathogenic bacteria. They have antihyperlipidemic activity which is particularly important for people with cardiovascular disease. Results of many studies show that fructans have a positive effect on mineral absorption. Inulin, which belongs to this group, is low caloric value starch and fat substitute. Studies have shown that the addition of inulin improves thickening and stabilizing properties to different foods. It can be used to produce cakes, meat dishes, as well as dairy products, including desserts, yoghurts and cheeses. Due to its properties it seems to be a good nutritional component for overweight and obese people.

#### CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA

Fruktany to grupa związków, głównie pochodzenia roślinnego, należących do polisacharydów. Związki te stanowią zapasowe cukry roślin, jednakże syntetyzowane są również przez niektóre mikroorganizmy. Cechą charakterystyczną w budowie fruktanów jest występowanie na końcu łańcucha cząsteczki glukozy, połączonej z resztami fruktozy (1). W obrębie tej grupy rozróżnić można dwa główne rodzaje fruktanów: typu inuliny oraz typu lewanu. Fruktany typu inuliny zbudowane są z reszt fruktozylowych, połączonych wiązaniami  $\beta$ -2-1-glikozydowymi, natomiast fruktany typu lewanu w łańcuchu głównym posiadają wiązania  $\beta$ -2-6-glikozydowe (2). Wśród fruktanów typu inuliny wymienia się: inulinę, oligofruktozę, a także fruktooligosacharydy (3). Fruktany typu inuliny charakteryzują się różnym stopniem polimeryzacji, co kształtuje ich odmienne właściwości. Stopień ten określa liczbę powtarzalnych jednostek fruktozy w łańcuchu oligomeru lub polimeru. Dane literaturowe podają, że stopień polimeryzacji inuliny wynosi 2-60, zaś oligofruktozy 2-10 (3, 4). Związki te wchodzi w skład frakcji rozpuszczalnej błonnika pokarmowego. Wykazują one działanie prebiotyczne – są odporne na działanie enzymów trawiennych w przewodzie pokarmowym człowieka i ulega-

jąc fermentacji pod wpływem mikroflory jelitowej, wpływają korzystnie na skład i/lub aktywność drobnoustrojów obecnych w organizmie (4, 5). Fruktany wykorzystywane są jako istotny element dietoprofilaktyki i dietoterapii wielu chorób cywilizacyjnych (5). Inulina, będąca najlepiej poznanym fruktanem, jest popularnym preparatem dietetycznym, powszechnie dostępnym na rynku artykułów spożywczych. Pozyskuje się ją głównie z korzeni cykorii lub słonecznika bulwiastego. Występuje w postaci proszku, cechującego się niską, w porównaniu do węglowodanów strawnych, kalorycznością (ok. 1,5 kcal/g) oraz niewielką słodkością. Poza swoimi licznymi właściwościami prozdrowotnymi, znajduje szerokie zastosowanie w technologii potraw, będąc dobrym zamiennikiem tłuszczu oraz skrobi. Wykorzystywana jest także często jako środek stabilizujący i zagęszczający. Inulina oraz oligofruktoza są sklasyfikowane prawnie w Unii Europejskiej jako żywność lub składniki żywności, natomiast w Stanach Zjednoczonych zostały one zapisane na liście bezpiecznych dodatków do żywności (ang. *generally recognised as safe* – GRAS). Stosuje się je w produkcji m.in. wypieków, potraw z mięsa czy produktów mlecznych (jogurty, sery, kremy, dipy, desery). Średnie dzienne spożycie inuliny oraz oligofruktozy szacuje się na poziomie 1-4 g w USA oraz

3-11 g w Europie. Jest ono niższe niż kilkaset lat wcześniej, gdy spożycie roślin bulwiastych było bardzo wysokie (6, 7). Dla przykładu, bogaty we fruktany topinambur był głównym źródłem węglowodanów w diecie Europy Zachodniej aż do XVIII wieku, kiedy to został zastąpiony ubogimi w te związki ziemniakami. Natomiast w Australii roślina z gatunku *Microseris lanceolata* (ang. *murnong*, *yam daisy*) była ważnym źródłem pożywienia wśród Aborygenów. Spożywana powszechnie w dużych ilościach, dostarczała dziennie nawet 200-300 g fruktanów (8).

W poniższej części artykułu przedstawiono potencjał prozdrowotny fruktanów typu inuliny, wraz z uwzględnieniem źródeł ich występowania.

## ŹRÓDŁA WYSTĘPOWANIA FRUKTANÓW TYPU INULINY

Fruktany obecne są w wielu gatunkach roślin należących do różnych rodzin, m.in. do: liliowatych (*Liliaceae*), amarylkowatych (*Amaryllidaceae*), wiechlinowatych (*Gramineae*) oraz astrowatych (*Compositae*). Pomimo wysokiej zawartości tych związków w nadziemnych częściach roślin wiechlinowatych, zboża i trawy do nich należące nie są wykorzystywane do ekstrakcji i przemysłowego przetwarzania tych związków. Natomiast w *Liliaceae*, *Amaryllidaceae* i *Compositae*, gdzie fruktany (zazwyczaj inulina) najczęściej magazynowane są w takich częściach roślin jak cebulki, bulwy, korzenie bulwiaste, w stosunkowo łatwy sposób można wydobyć i przetworzyć wybrane związki do końcowego produktu, jakim jest oczyszczony preparat (6). Inulina została po raz pierwszy wyizolowana z omanu wielkiego (*Inula helenium*) przez niemieckiego naukowca Valentina Rosego w 1804 roku (9). Obecnie, w przemysłowej produkcji inuliny wykorzystuje się głównie dwa gatunki należące do astrowatych: topinambur (*Helianthus tuberosus*) oraz cykorię (*Cichorium intybus*) (6). Wybrane źródła inuliny oraz oligofruktozy zostały przedstawione w tabeli 1 (9). Na skalę przemysłową fruktooligosacharydy można otrzymać dwoma sposobami: w wyniku częściowej hydrolizy enzymatycznej inuliny (z zastosowaniem endoinulinazy) oraz w przebiegu enzymatycznej syntezy z sacharozą, wykorzystując enzymy pochodzenia mikrobiologicznego, których źródłem są przede wszystkim pleśnie z rodzajów *Aureobasidium* (*A. pullulans*), *Aspergillus* (*A. niger*, *A. japonicus*, *A. oryzae*, *A. foetidus*, *A. sydowi*, *A. phoenicis*), a także *Fusarium* (*F. oxysporum*) i *Penicillium* (10).

## POTENCJAŁ PROZDROWOTNY FRUKTANÓW

### Działanie prebiotyczne

Jak już wcześniej wspomniano, spożywane fruktany docierają do jelita grubego w stanie niestrawionym, gdzie ulegają następnie fermentacji. Wiele badań prowadzonych nad wpływem fruktanów typu inuliny na zdrowie człowieka potwierdza działanie prebiotyczne tych związków. Zauważa się, że w znacznym stopniu oddziałują one na skład mikroflory jelitowej. Doświadczenia *in vitro*, badania na zwierzętach

**Tab. 1.** Zawartość inuliny i oligofruktozy w wybranych surowcach roślinnych (9)

Źródło żywności	Inulina (g/100 g)	Oligofruktoza (g/100 g)
Cykoria	35,7-47,6	19,6-26,2
Słonecznik bulwiasty	16,0-20,0	12,0-15,0
Mniszek lekarski	12,0-15,0	9,6-12,0
Czosnek	9,0-16,0	3,6-6,4
Por	3,0-10,0	2,4-8,0
Cebula	1,1-7,5	1,1-7,5
Szparagi	2,0-3,0	2,0-3,0
Pszenica	1,0-4,0	1,0-4,0
Jęczmień	0,5-1,5	0,5-1,0
Banan	0,3-0,7	0,3-0,7

oraz badania z udziałem ludzi pokazują, że efekt bifidogenny oligofruktozy oraz inuliny często związany jest z hamowaniem wzrostu potencjalnie patogennych drobnoustrojów, takich jak: *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella*, *Listeria*, *Campylobacter*, *Shigella*, *Vibrio cholerae* (11). Działanie to potwierdzają wyniki otrzymane przez Langlands i wsp., którzy przez dwa tygodnie badali wpływ spożycia inuliny (7,5 g/dzień) oraz oligofruktozy (7,5 g/dzień) na rozwój bakterii w proksymalnej i dystalnej części jelita grubego. Zaobserwowano istotny statystycznie wzrost ilości bakterii z rodzaju *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* i *Eubacteria*, w porównaniu do grupy kontrolnej. Nastąpił jednocześnie spadek liczby bakterii z rodzaju *Enterobacter* oraz *Clostridium*, jednakże uzyskane różnice nie były znaczące statystycznie (12). Zmiany w składzie mikroflory kału zaobserwowali Gibson i wsp. Wzbogacenie diety o 15 g inuliny lub oligofruktozy wiązało się ze wzrostem ilości bakterii *Bifidobacterium* oraz spadkiem bakterii rodzaju *Fusobacterium*, *Clostridium* i *Bacteroides* (wynik zaobserwowany wyłącznie dla oligofruktozy) (13). Z kolei Saavedra i wsp. w swoich randomizowanych badaniach klinicznych, prowadzonych z udziałem dzieci w wieku 4-24 miesięcy, dowiedli, że wzbogacenie oligofruktozą spożywanych kaszek wiązało się z 40% niższą częstotliwością występowania zaparć, w porównaniu do dzieci, które otrzymywały kaszki bez dodatku tych związków (14). Badania wykonane przez Lewisa i wsp. potwierdziły efekt bifidogenny oligofruktozy. Wśród pacjentów przyjmujących oligofruktozę przez 30 dni zauważono istotny statystycznie wzrost ilości bakterii *Bifidobacterium* w kale. Ponadto, wśród suplementowanych pacjentów, u których występowała biegunka związana z zakażeniem wywołanym bakteriami *Clostridium difficile*, odnotowano mniejszą częstotliwość pojawiania się nawrotów biegunek, w porównaniu do grupy kontrolnej, nieotrzymującej fruktanów (15). Bouhnik i wsp. przeprowadzili długoterminowe badania na osobach w podeszłym wieku (średnia wieku

69 lat), którym przez cztery tygodnie podawali 8 g frukto-oligosacharydów dziennie, w dwóch podzielonych dawkach. Po zakończonym okresie suplementacji stwierdzono wzrost ilości bifidobakterii w kale, w porównaniu do okresu sprzed interwencji. Jednakże, po czterech tygodniach od zaprzestania suplementacji, odnotowano spadek badanych bakterii do poziomu wyjściowego, co wskazuje, że wzbogacenie diety o fruktooligosacharydy nie miało trwałego wpływu bifidogenego (16). Badania wykonane przez Menne i wsp. wykazały, że podaż 8 g oligofruktozy dziennie przez pięć tygodni spowodowała statystycznie istotny wzrost bakterii rodzaju *Bifidobacterium*, zaś jednocześnie nie zaobserwowano różnicy w ilości bakterii *Lactobacillus*, *Bacteroides* oraz *Clostridium perfringens* (17). W doświadczeniu prowadzonym przez Nemcovą i wsp. na proszętkach otrzymano wyniki, które jednoznacznie pokazały, że podanie *Lactobacillus paracasei* wraz z fruktooligosacharydami przyczyniło się do znacznego wzrostu bakterii *Lactobacillus* oraz *Bifidobacterium*, przy równoczesnym obniżeniu niekorzystnych bakterii z rodzaju *Clostridium* i *Enterobacteriaceae*. Dodatkowo, zauważono, że pozytywne zmiany w składzie mikroflory są bardziej wyraźne w porównaniu do grupy otrzymującej wyłącznie probiotyk. Fakt ten jednoznacznie wskazuje na synergistyczne działanie podawanych pro- i prebiotyków (18). Wydaje się, że istnieje minimalna dawka fruktanów typu inuliny, niezbędna do uzyskania efektu bifidogenego. Dane literaturowe wskazują, że efekt ten może zostać wywołany przez dostarczenie organizmowi co najmniej 2,5 g wspomnianych prebiotyków dziennie (4). Poza korzystnym wpływem na stan mikroflory jelitowej, jako istotny skutek fermentacji inuliny i oligofruktozy w okrężnicy wymienia się wytwarzanie krótkołańcuchowych kwasów karboksylowych (octanu, maślanu i propionianu) oraz mleczanu (6).

### Właściwości kardioprotekcyjne

Wpływ działania fruktanów typu inuliny na profil lipidowy krwi był przedmiotem badań wielu naukowców. W randomizowanych badaniach z podwójnie ślełą próbą, podczas których podawano ochotnikom będącym na diecie wysokowęglowodanowej i niskotłuszczowej 10 g inuliny dziennie przez trzy tygodnie, okazało się, że suplementacja fruktanami wpłynęła korzystnie na obniżenie stężenia trójglicerydów we krwi, w porównaniu do grupy placebo. Autorzy badania dostrzegli również, że nastąpiło obniżenie lipogenezy wątrobowej (19). Efekt hipolipemiczny został zauważony także podczas badań przeprowadzonych na myszach, po wzbogaceniu ich karmy w 10% dodatek inuliny. U osobników otrzymujących wskazany prebiotyk, nastąpił istotnie statystyczny spadek stężenia cholesterolu całkowitego we krwi oraz cholesterolu frakcji LDL. Nie zaobserwowano natomiast zmian w ilości cholesterolu frakcji HDL oraz trójglicerydów (20). Obniżenie stężenia trójglicerydów we krwi zostało natomiast odnotowane przez Correia-Sá i wsp., którzy w swoim badaniu podawali szczurom będącym na diecie zwyczajowej i wysokotłuszczowej oligofruktozę w dawce 10% (21). W badaniu prowadzonym z udziałem mężczyzn

cierpiących na hipercholesterolemię, którym w trakcie trzytygodniowego okresu badań podawano codziennie lody wzbogacone o 20 g inuliny, dostrzeżono znaczący spadek stężenia trójglicerydów (o 40 mg/dL we krwi (22). Ciekawe doświadczenie zostało przeprowadzone przez Hana i wsp., którzy badali wpływ dodatku inuliny o różnym stopniu polimeryzacji na profil lipidowy krwi u szczurów karmionych dietą wysokotłuszczową. Okazało się, że obniżenie stężenia trójglicerydów i cholesterolu całkowitego we krwi nastąpiło w grupach zwierząt, którym podawano inulinę o stopniu polimeryzacji 15 i 24. Efektu takiego nie odnotowano dla inuliny o stopniu polimeryzacji 10 (23). Reis i wsp., autorzy pracy przeglądowej dotyczącej wpływu działania fruktanów typu inuliny na gospodarkę tłuszczową, wnioskują, że istnieją różne mechanizmy, poprzez które wywierany jest pozytywny efekt na profil lipidowy krwi. Zaliczają do nich przede wszystkim: zmniejszenie ekspresji genów enzymów wątrobowych, odpowiedzialnych za syntezę lipidów *de novo*, zwiększenie aktywności lipazy lipoproteinowej w tkankach mięśniowych czy też zwiększenie wydalania soli kwasów żółciowych i cholesterolu wraz z kałem (24). Z drugiej strony należy zaznaczyć, że istnieje szereg badań, które nie potwierdzają hipolipemicznego działania fruktanów typu inuliny. Badania wykonane przez van Dokkum i wsp. pokazały, że codzienne spożycie przez 84 dni 15 g inuliny lub fruktooligosacharydów przez zdrowych, młodych mężczyzn nie spowodowało istotnych zmian w stężeniu cholesterolu całkowitego we krwi, cholesterolu frakcji LDL i HDL, trójglicerydów oraz apolipoprotein A-1 i B (25). Podobny brak efektu na podstawowe wartości parametrów lipidogramu został odnotowany w badaniu, w którym 64 zdrowym kobietom, z normolipidemią, podawano 14 g inuliny dziennie przez 8 tygodni (26). Również doświadczenie przeprowadzone przez Daubioul i wsp. nie wykazało statystycznie istotnych różnic w poziomie cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji LDL i HDL oraz trójglicerydów pomiędzy grupą otrzymującą dziennie 16 g oligofruktozy a grupą placebo, pozbawioną dodatku prebiotyku (27).

### Wchłanianie składników mineralnych

Istnieje kilka badań, których celem było określenie wpływu fruktanów, jako rozpuszczalnego błonnika pokarmowego na wchłanianie wybranych składników mineralnych. Uważa się, że wysokie stężenie krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych, powstałych w jelicie grubym w wyniku fermentacji fruktanów, obniża jego pH, przyczyniając się tym samym do rozpuszczalności i dostępności soli mineralnych, głównie wapnia i magnezu. Ponadto, fruktany typu inuliny mogą wpływać na zwiększenie zawartości wody w okrężnicy, co także przyczynia się do zwiększenia rozpuszczalności niektórych składników mineralnych. Sugeruje się również, że wybrane kwasy tłuszczowe, szczególnie maślane i mleczane, stymulują proliferację komórek nabłonkowych okrężnicy, co zwiększa ich zdolność absorpcyjną (28). Badania wykonane pod przewodnictwem Roberfroida wykazały, że podawanie rosnącym szczurom

inuliny powodowało u nich wzrost zawartości mineralnej kości (ang. *bone mineral content* – BMC) oraz gęstości mineralnej kości (ang. *bone mineral density* – BMD) (29). W doświadczeniu przeprowadzonym z udziałem starszych kobiet (średnia wieku 72 lata), którym przez 6 tygodni podawano inulinę wzbogaconą oligofruktozą, stwierdzono, że suplementacja ta poprawiła wchłanianie wapnia i magnezu, także gdy poziom witaminy D w organizmie był odpowiedni, a spożycie wapnia wysokie. Ponadto, zauważono pozytywny wpływ na aktywność markerów obrotu kostnego (30). W innym badaniu, w którym uczestniczyły również kobiety w wieku postmenopauzalnym, po okresie pięcioletniej suplementacji oligofruktozą w dawce 10 g/dzień odnotowano zwiększenie wchłaniania magnezu oraz podwyższenie jego statusu w organizmie (31). Z kolei u kobiet w wieku 53-70 lat, które suplementowane były fruktooligosacharydami w ilości 10 g/dzień, zauważono wzrost wchłaniania miedzi. Jednakże, efektu takiego nie zaobserwowano w przypadku pozostałych składników mineralnych: cynku i seleniu (32). W badaniach van den Heuvel i wsp. nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu na wchłanianie wapnia i żelaza po podaniu mężczyznom w wieku 20-30 lat 15 g inuliny lub oligofruktozy dziennie, przez 21 dni (33). Randomizowane badanie z podwójnie ślepą próbą przeprowadzone przez Griffin i wsp. pokazało, że dodatek mieszanki inuliny z oligofruktozą w ilości 8 g/dzień do soku pomarańczowego wzbogaconego w wapń, po trzech tygodniach wpłynął korzystnie na wchłanianie wapnia. Co ciekawe, efektu takiego nie odnotowano w przypadku podania 8 g/dzień samej oligofruktozy (34). Interesujący eksperyment został zrealizowany przez Yasudę

i wsp., którzy wzbogacali inuliną dietę świń cierpiących na niedobory żelaza i anemię. W badaniu tym stwierdzono zależne od dawki zwiększenie poziomu żelaza rozpuszczalnego w jelicie grubym, a także poprawę poziomu hemoglobiny we krwi (35). Wzrost wchłaniania wapnia, magnezu, żelaza i miedzi u szczurów, po wzbogaceniu karmy inuliną (100 g inuliny/kg diety), został potwierdzony w badaniach wykonanych przez Lopeza i wsp. (36). Podobne wyniki uzyskali Coudray i wsp., którzy zauważyli wzrost wchłaniania cynku i miedzi u szczurów, po wzbogaceniu ich diety o dodatek inuliny (75 g inuliny/kg diety) (37).

## PODSUMOWANIE

Fruktany typu inuliny stanowią grupę funkcjonalnych składników żywności, które głównie poprzez swój korzystny wpływ na zmianę mikroflory jelitowej mogą potencjalnie oddziaływać w szerokim zakresie na zdrowie człowieka. Poza jednoznacznie potwierdzonym działaniem prebiotycznym, dostępne dane literaturowe wskazują również na inne korzyści zdrowotne wynikające ze spożycia tych związków. Zwraca się szczególną uwagę na właściwości hipolipemiczne, mające duże znaczenie w profilaktyce i leczeniu chorób sercowo-naczyniowych, a także na zwiększanie wchłaniania wybranych składników mineralnych, w tym poprawę stanu kośćca. Inulina, będąca związkiem niskokalorycznym i jednocześnie pełniącym rolę zamiennika tłuszczów i skrobi, może stanowić istotny element dietetyczny w żywieniu osób cierpiących na nadwagę i otyłość. Ponadto, dzięki temu, że cechuje się właściwościami stabilizującymi i zagęszczającymi, może być wykorzystywana w produkcji wielu potraw oraz produktów spożywczych.

## KONFLIKT INTERESÓW CONFLICT OF INTEREST

Brak konfliktu interesów  
None

## ADRES DO KORESPONDENCJI

Bartosz Kulczyński  
Katedra Technologii Żywności  
Człowieka  
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań  
tel. +48 (61) 848-73-26  
bartekkulczyński@gmail.com

## PIŚMIENNICTWO

1. Karimi R, Azizi MH, Ghasemlou M et al.: Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: a review. *Carbohydr Polym* 2015; 119: 85-100.
2. Karwowska R, Marszałkowski G: Fruktany. *Wiad Bot* 1992; 36: 29-33.
3. Jędrzejczak-Krzepkowska M, Bielecki S: Bifidobakterie i stymulujące ich wzrost fruktany typu inuliny. *Postepy Biochem* 2011; 4: 392-400.
4. Kelly G: Inulin-type prebiotics – a review: part 1. *Altern Med Rev* 2008; 4: 315-329.
5. Roberfröid MB: Inulin-type fructans: functional food ingredients. *J Nutr* 2007; 137: 2493-2502.
6. Kaur N, Gupta AK: Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *J Biosci* 2002; 27: 703-714.
7. Bosscher D: Fructan prebiotics derived from inulin. [In:] Charalampopoulos D, Rastall RA (eds.): *Prebiotics and probiotics science and technology*. Springer, New York 2009: 163-204.
8. Raschka L: Mechanisms underlying the effects of inulin-type fructans on the intestinal calcium absorption. *The Technical University of Munich (TUM)*. Praca dyplomowa 2005: 1-83.
9. Franck A: Inulin. [In:] Stephen AM, Phillips GO, Williams PA (eds.): *Food polysaccharides and their applications*. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton 2006: 335-352.
10. Kubik C, Piasecka K, Anyszka A et al.: Polifruktany i fruktooligosacharydy (FOS) – występowanie, otrzymywanie, zastosowanie. *Biotechnologia* 2006; 2: 103-116.
11. Schaafsma G, Slavin JL: Significance of inulin fructans in the human diet. *Compr Rev Food Sci F* 2015; 14: 37-47.
12. Langlands SJ, Hopkins MJ, Coleman N et al.: Prebiotic carbohydrates modify the mucosa associated microflora of the human large bowel. *Gut* 2004; 53: 1610-1616.
13. Gibson GR, Beatty ER, Wang X et al.: Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology* 1995;

108: 975-982. **14.** Saavedra J, Tschernia A, Moore N et al.: Gastro-intestinal function in infants consuming a weaning food supplemented with oligofructose, a prebiotic. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1999; 29: 513. **15.** Lewis S, Burmeister S, Brazier J: Effect of the prebiotic oligofructose on relapse of *Clostridium difficile*-associated diarrhea: a randomized, controlled study. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2005; 3: 442-448. **16.** Bohuník Y, Achour L, Paineau D et al.: Four-week short chain fructo-oligosaccharides ingestion leads to increasing fecal bifidobacteria and cholesterol excretion in healthy elderly volunteers. *Nutr J* 2007; 6: 42. **17.** Menne E, Guggenbuhl N, Roberfroid M: Fn-type chicory inulin hydrolysate has a prebiotic effect in humans. *J Nutr* 2000; 130: 1197-1199. **18.** Nemcova R, Bomba A, Gancarcikova S et al.: Study of the effect of *Lactobacillus paracasei* and fructooligosaccharides on the faecal microflora in weaning piglets. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 1999; 112: 225-228. **19.** Letexier D, Diraison F, Beylot M: Addition of inulin to a moderately high-carbohydrate diet reduces hepatic lipogenesis and plasma triacylglycerol concentrations in humans. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 559-564. **20.** Mortensen A, Poulsen M, Frandsen H: Effect of a long-chained fructan Raftiline HP on blood lipids and spontaneous atherosclerosis in low density receptor knockout mice. *Nutr Res* 2002; 22: 473-480. **21.** Correia-Sá I, de Sousa-Lopes H, Martins MJ et al.: Effects of raftilose on serum biochemistry and liver morphology in rats fed with normal or high-fat diet. *Mol Nutr Food Res* 2013; 57: 1468-1472. **22.** Causey JL, Feirtag JM, Gallaher DD et al.: Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. *Nutr Res* 2000; 20: 191-201. **23.** Han KH, Tsuchihira H, Nakamura Y et al.: Inulin-type fructans with different degrees of polymerization improve lipid metabolism but not glucose metabolism in rats fed a high-fat diet under energy restriction. *Dig Dis Sci* 2013; 58: 2177-2186. **24.** Reis SA, Conceição LL, Rosa DD et al.: Mechanisms used by inulin-type fructans to improve the lipid profile. *Nutr Hosp* 2015; 31: 528-534. **25.** van Dokkum W, Wezendonk B, Srikumar TS et al.: Effect of nondigestible oligosaccharides on large-bowel functions, blood lipid concentrations and glucose absorption in young healthy male subjects. *Eur J Clin Nutr* 1999; 63: 1-7. **26.** Pedersen A, Sandström B, van Amelsvoort JM: The effect of ingestion of inulin on blood lipids and gastrointestinal symptoms in healthy females. *Br J Nutr* 1997; 78: 215-222. **27.** Daubioul CA, Horsmans Y, Lambert P et al.: Effects of oligofructose on glucose and lipid metabolism in patients with nonalcoholic steatohepatitis: results of a pilot study. *Eur J Clin Nutr* 2005; 59: 723-726. **28.** Sabater-Molina M, Larqué E, Torrella F et al.: Dietary fructooligosaccharides and potential benefits on health. *J Physiol Biochem* 2009; 65: 315-328. **29.** Roberfroid MB, Cumps J, Devogelaer JP: Dietary chicory inulin increases whole-body bone mineral density in growing male rats. *J Nutr* 2002; 132: 3599-3602. **30.** Holloway L, Moynihan S, Abrams SA et al.: Effects of oligofructose-enriched inulin on intestinal absorption of calcium and magnesium and bone turnover markers in postmenopausal women. *Br J Nutr* 2007; 97: 365-372. **31.** Tahiri M, Tressol JC, Arnaud J et al.: Five-week intake of short-chain fructo-oligosaccharides increases intestinal absorption and status of magnesium in postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 2001; 16: 2152-2160. **32.** Ducros V, Arnaud J, Tahiri M et al.: Influence of short-chain fructo-oligosaccharides (sc-FOS) on absorption of Cu, Zn, and Se in healthy postmenopausal women. *J Am Coll Nutr* 2005; 24: 30-37. **33.** van den Heuvel EG, Schaafsma G, Muys T et al.: Nondigestible oligosaccharides do not interfere with calcium and nonheme-iron absorption in young, healthy men. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 445-451. **34.** Griffin IJ, Davila PM, Abrams SA: Non-digestible oligosaccharides and calcium absorption in girls with adequate calcium intakes. *Br J Nutr* 2002; 87: 187-191. **35.** Yasuda K, Roneker KR, Miller DD: Supplemental dietary inulin affects the bioavailability of iron in corn and soybean meal to young pigs. *J Nutr* 2006; 136: 3033-3038. **36.** Lopez HW, Coudray C, Levrat-Verny MA et al.: Fructooligosaccharides enhance mineral apparent absorption and counteract the deleterious effects of phytic acid on mineral homeostasis in rats. *J Nutr Biochem* 2000; 11: 500-508. **37.** Coudray C, Feillet-Coudray C, Gueux E et al.: Dietary inulin intake and age can affect intestinal absorption of zinc and copper in rats. *J Nutr* 2006; 136: 117-122.

nadesłano: 07.04.2016

zaakceptowano do druku: 22.04.2016