

EWA CIEŚLIK, ANETA PROSTAK, PAWEŁ M. PISULEWSKI

FUNKCJONALNE WŁAŚCIWOŚCI FRUKTANÓW

Streszczenie

W pracy przedstawiono przegląd najnowszego piśmiennictwa krajowego i zagranicznego dotyczącego fruktanów, ich występowania, budowy chemicznej oraz właściwości funkcjonalnych. Źródłem tych związków są: cykoria, topinambur, cebula, czosnek i pory. Szczególną uwagę zwrócono na prebiotyczne, hipolipidemiczne i hipoglikemiczne właściwości fruktanów oraz możliwość ich wykorzystania do produkcji żywności funkcjonalnej.

Wprowadzenie

Wraz ze wzrostem świadomości żywieniowej konsumentów, rośnie zainteresowanie produktami spożywczymi, które oprócz zaspokojenia głodu spełniają dodatkowe, ważne w fizjologii organizmu funkcje. Produkty te mogą wpływać na poprawę stanu zdrowia, czy też zawarte w nich składniki mogą zapobiegać chorobom, szczególnie cywilizacyjnym (nowotworom, miażdżycy, nadciśnieniu, próchnicy). Na ten fakt jako pierwsi zwrócili uwagę Japończycy. Zaczęli wzbogacać żywność różnymi dodatkami, które spełniają określone funkcje żywieniowe. W 1991 r. opracowali i wydali przepisy prawne określające żywność funkcjonalną. Według japońskiego Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej, **żywność funkcjonalna** jest to żywność sprzyjająca zdrowiu człowieka, wyprodukowana z wykorzystaniem wiedzy o zależnościach pomiędzy pokarmem, jego składnikami, a zdrowiem [2]. W kraju tym opracowano listę jedenastu składników nadającym produktom status funkcjonalności; są to: oligosacharydy, błonnik pokarmowy, wielonienasycone kwasy tłuszczowe, alkohole wielowodorotlenowe, peptydy i białka, glikozydy, izoprenoidy, witaminy, fenole, cholina, bakterie fermentacji mlekowej, substancje mineralne. W wielu krajach Europy próbuje się zdefiniować ten rodzaj żywności. Prozdrowotne produkty określane są różnymi syno-

nimami: żywność projektowana, żywność prozdrowotna, żywność medyczna, żywność terapeutyczna [2].

Jednym ze składników żywności warunkującym jej funkcjonalność, są żywe kultury bakterii fermentacji mlekowej - probiotyki. W przewodzie pokarmowym człowieka znajduje się około 400 różnych gatunków bakterii, które można podzielić na patogenne i korzystnie wpływające na nasz organizm. Do najgroźniejszych bakterii należą: *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Streptococcus faecalis*, *Bacillus cereus* [24, 36, 37]. Metabolity patogenów wpływają bardzo szkodliwie na organizm człowieka, działając kancerogennie (nitrozoaminy, indole, skatole, estrogeny) mutagennie i cytotoksycznie (amoniak, aminy). W powstawaniu tych toksycznych dla organizmu związków biorą udział nie tylko same mikroorganizmy, ale także enzymy produkowane przez nie. Oprócz bakterii patogennych, w organizmie człowieka występują bifidobakterie z rodzaju: *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, a także Gram – dodatnie paciorkowce zaliczane do probiotyków. Metabolity tych mikroorganizmów pobudzają system odpornościowy organizmu, syntetyzują witaminy z grupy B oraz produkują substancje o charakterze antybiotyków: bifidyneę, laktocynę, laktacyneę [17, 36, 37]. O warunkach wzrostu mikroflory w jelicie grubym decyduje skład diety, w tym zawartość łatwo fermentowanych cukrowców lub odpowiednich dodatków (prebiotyków). Według najnowszej koncepcji prebiotyk jest dodatkiem prozdrowotnym, pomyślanym jako pożywka dla mikroflory okrężnicy – *healthy food for the colon* [51]. Taką doskonałą pożywką dla rozwoju bakterii fermentacji mlekowej są fruktany.

Budowa i właściwości chemiczne fruktanów

Fruktany są to rozpuszczalne w wodzie krótko – i długołańcuchowe polisacharydy, których podstawową jednostkę budulcową stanowi fruktoza [22, 32]. Występują one w różnych najczęściej jadalnych częściach roślin (bulwy, liście, korzenie), jako substancja zapasowa, gromadząc się głównie w wakuolach. Związki te są stabilne w obojętnych roztworach i odporne na działanie wysokiej temperatury [21].

Krótkołańcuchowe oligofruktany-fruktooligosacharydy są zbudowane z 3–10 reszt fruktopiranozowych, połączonych wiązaniem β -2-1 glikozydowym, przy czym na końcu każdego łańcucha znajduje się cząsteczka glukozy, połączona z cząsteczką fruktozy wiązaniem α -1-2 glikozydowym [14, 25, 32, 41]. Wśród tych związków najczęściej rozróżnia się 1-kestozę – zawierającą dwie cząsteczki fruktozy i jedną glukozę, nystozę – zbudowaną z trzech cząsteczek fruktozy i jednej glukozy oraz fruktofuranosylonystozę, posiadającą cztery cząsteczki fruktozy i jedną glukozę. Występują one między innymi w topinamburze (2–3%), porach (2–5%), cebuli (2–6%), bananie (0,3–0,7%), czosnku i zbożach [6, 18, 31, 39].

Do długołańcuchowych fruktanów należą inulina i lewan. Inulina jest węglowodanem zapasowym wielu roślin z rodziny *Compositae* i *Liliaceae*, występującym w

największej ilości w cykorii (15–20%) i topinamburze (17–22%) [6, 12, 18, 39]. Poszczególne cząsteczki fruktozy w inulinie są połączone wiązaniem β -2-1 glikozydowym, a na końcu każdego łańcucha znajduje się cząsteczka glukozy, posiadająca właściwości redukujące. W literaturze najczęściej podawana jest liczba od 20–50 reszt fruktopiranozowych w cząsteczce tego węglowodanu [32, 36, 40]. Inną strukturę chemiczną posiada lewan, fruktan spotykany w trawach. W tym polisacharydzie cząsteczki fruktozy łączą się między sobą wiązaniami β -2-6 glikozydowymi. Ponadto związek ten posiada rozgałęzienia zawierające od 1 do 4 cząsteczek fruktozy połączone wiązaniem β -2-1 glikozydowym. Masa cząsteczkowa lewanu jest większa od masy cząsteczkowej inuliny, gdyż zawiera od 100–200 jednostek fruktozy [33].

Funkcjonalne właściwości fruktanów

Fruktany nie są wchłaniane w organizmie człowieka, ponieważ nasz organizm nie posiada enzymów hydrolizujących wiązanie β -2-1 glikozydowe. Będąc selektywnym podłożem dla bifidobakterii przewodu pokarmowego człowieka, stymulują wzrost mikroflory w jelicie grubym, a ich obecność w produkcie spożywczym nadaje tej żywności status funkcjonalności [1, 17, 27, 28, 31, 51].

Do niedawna traktowano fruktany jako polisacharydy towarzyszące błonnikowi [20]. Obecnie niektórzy autorzy zaliczają je do rozpuszczalnej w wodzie frakcji błonnika pokarmowego, jednakże opinie na ten temat są podzielone [6, 8, 31, 42]. W ubiegłym roku inulina i oligofruktoza zostały przez General Referee for Dietary Fiber and Complex Carbohydrates of AOAC International uznane jako część błonnika pokarmowego [35]. Dotychczasowe badania żywieniowe wykazały, że fruktany są korzystnym substratem dla pożądanej flory bakteryjnej, szczególnie bifidobakterii [28, 29, 36, 37]. Bakterie te metabolizują fruktany do kwasów octowego i mlekowego w proporcji (3:2), najkorzystniejszej dla przewodu pokarmowego człowieka. W ten sposób utrzymują w jelicie grubym (okreźnicy) właściwe pH oraz odpowiednią ilość probiotyków, hamując rozwój bakterii gnilnych i patogennych, które preferują środowisko zbliżone do odczynu obojętnego [24, 26]. Wykazano, że spożywanie inuliny i oligofruktozy powoduje znaczny wzrost (5–10 razy) bifidobakterii w przewodzie pokarmowym i jednoczesne zmniejszenie ilości bakterii szkodliwych [51]. Rozpuszczalna frakcja włókna pokarmowego działa bardziej wszechstronnie w przewodzie pokarmowym, i to niezależnie od swego pochodzenia [16]. Posiada zdolność wiązania wody, przez co zwiększa objętość treści pokarmowej i kału oraz wiąże cholesterol i kwasy żółciowe, co ogranicza ich wchłanianie, sprawiając, że są wydalane z kałem. To powoduje obniżenie poziomu trójglicerydów i cholesterolu w surowicy krwi, których wysoki poziom prowadzi do rozwoju blaszek miażdżycowych w świetle naczyń krwionośnych. Miaz-

dżycza naczyń krwionośnych należy do czynników predysponujących m.in. do zawału serca, który jest przyczyną wielu zgonów [4, 30].

Hipolipidemiczne działanie fruktanów stwierdzono w badaniach na zwierzętach [11, 13, 25, 26, 27]. Dziesięcioprocentowy dodatek oligofruktanów do wysokowęglowodanowej diety szczurów spowodował znaczne obniżenie zawartości trójglicerydów w surowicy krwi. Przyczynę obniżenia poziomu trójglicerydów autorzy tłumaczą spowolnieniem tempa syntezy tych związków w wątrobie, poprzez inaktywację niektórych enzymów wątrobowych [13]. Trautwein i wsp. [46] przeprowadzając pięcioletnie doświadczenie, w którym do diety chomików dodawano różne poziomy inuliny, stwierdzili 15–29% obniżenie poziomu cholesterolu w organizmach zwierząt karmionych paszą zawierającą od 8–16% inuliny. Zaobserwowano ponadto, że 12 i 16% zawartość inuliny w diecie wpływa redukująco na poziom frakcji VLDL oraz trójglicerydów, obniżając ich poziom odpowiednio o 40 i 63% [46]. Hipocholesterolemiczny efekt fruktanów pochodzących z bulw topinamburu potwierdzili także Varlamowa i wsp. [50]. Autorzy [50] stosowali dietę z różnymi poziomami mączki z topinamburu, zawierającej ok. 70% fruktanów. Największy spadek poziomu cholesterolu stwierdzono w surowicy krwi zwierząt karmionych dietą z 15% dodatkiem mączki.

Badania kliniczne przeprowadzone z udziałem ludzi, spożywających dietę z dodatkiem fruktanów potwierdziły hipolipidemiczne działanie tych związków [10, 23, 47]. Jackson i wsp. [23] w ośmiotygodniowym doświadczeniu żywieniowym z udziałem 54 osób wykazali, że 10 g inuliny dodawanej do diety wolontariuszy obniża poziom cholesterolu całkowitego w surowicy krwi, natomiast nie stwierdzono zmian ilości trójglicerydów [23]. Podobny efekt otrzymali Davidson i Maki [10], którzy w sześciotygodniowych badaniach przeprowadzonych z 25 osobową grupą osób uzyskali obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego, w tym frakcji LDL.

Oprócz tych właściwości, fruktany charakteryzują się hipoglikemicznym działaniem [23, 26, 50]. Kok i wsp. [26], w trzydziestodniowym doświadczeniu na zwierzętach karmionych paszą z 10% dodatkiem fruktooligosacharydów, stwierdzili statystycznie istotne obniżenie poziomu glukozy w surowicy krwi. Podobne wyniki wykazali Varlamowa i wsp. [50] w doświadczeniu na zwierzętach, z zastosowaniem mączki z topinamburu. Największe obniżenie poziomu glukozy w surowicy krwi stwierdzono w organizmach szczurów karmionych dietą z 15% dodatkiem mączki [50]. Badania Jackson i wsp. [23] potwierdziły te właściwości fruktanów. W doświadczeniach z udziałem wolontariuszy, spożywających 10 g inuliny dziennie, wykazano obniżenie stężenia insuliny i glukozy we krwi.

Ponadto fruktany wpływają korzystnie na absorpcję składników mineralnych z diety, stymulując wchłanianie niektórych z nich, w tym szczególnie wapnia, magnezu i żelaza [33, 34, 40, 49]. Zarówno doświadczenia na zwierzętach, jak i badania żywieniowe z udziałem ludzi wykazały wzrost przyswajalności tych pierwiastków w obec-

ności fruktanów w diecie [4, 7, 11]. 10% dodatek inuliny lub oligofruktozy powodował ok. 60% wzrost przyswajalności wapnia, magnezu i żelaza w organizmach szczurów [11]. Podobnie wysoki wzrost absorpcji wapnia zaobserwowano w doświadczeniu z 15% udziałem oligofruktozy w diecie tych zwierząt. Badania wykazały, że systematyczne podawanie oligofruktanów zapobiega obniżaniu zawartości wapnia i fosforu w kośćcu, a tym samym obniżaniu się masy kostnej szczurów [44]. W badaniach żywieniowych przeprowadzonych z udziałem dwunastoosobowej grupy dorastających chłopców, spożywających sok pomarańczowy z 5% dodatkiem fruktooligosacharydów, stwierdzono wzrost przyswajalności wapnia o 12% [40]. Znacznie większy wzrost przyswajalności wapnia (58%) stwierdzili Coudray i wsp. [7] w doświadczeniach żywieniowych z 18 g dodatkiem inuliny w dziennej racji pokarmowej.

Doświadczenia żywieniowe z udziałem ludzi, zwłaszcza długoterminowe, wykazały, że spożywanie inuliny obniża ryzyko wystąpienia nowotworów okrężnicy i polipów jelita grubego [9, 38]. Antykancerogenne działanie 15% dodatku inuliny lub oligofruktanów stwierdzono w badaniach na szczurach [45]. Reddy [38] sugeruje, że równoczesne podawanie zliofilizowanych kultur *Bifidobacterium longum* z oligofruktanami może hamować powstawanie guza jelita grubego. Pozytywny wpływ synbiotyków, przeciwdziałający tworzeniu się nowotworu jelita grubego, potwierdziły doświadczenia na szczurach [15].

Możliwość wykorzystania fruktanów do produkcji żywności funkcjonalnej

Ze względu na swoje właściwości funkcjonalne fruktany znalazły zastosowanie do produkcji żywności specjalnego przeznaczenia.

W związku z tym, że inulina i fruktooligosacharydy nie są hydrolizowane do monosacharydów i nie mają wpływu na wzrost poziomu glukozy i insuliny w surowicy krwi, fruktany zostały wykorzystane do produkcji żywności dla diabetyków [21]. Zastosowanie inuliny w żywieniu diabetyków datuje się od 20 lat, szczególnie jako dodatek do pieczywa cukierniczego (ciasteczek, deserów), a od niedawna do produkcji niskotłuszczowych lodów.

W badaniach nad biojogurtami wykazano, że 1% dodatek inuliny do jogurtów modyfikuje znacznie ich konsystencję i smak, a także przyczepność i spójność [48]. W ostatnich latach na rynku europejskim pojawiło się wiele fermentowanych produktów mleczarskich zawierających bakterie o działaniu probiotycznym. Napoje nowej generacji, obok wymienionej mikroflory charakterystycznej, mogą dodatkowo zawierać inne gatunki *Lactobacillus* np. *acidophilus* lub *casei* oraz inne składniki o właściwościach prebiotycznych np. fruktooligosacharydy [27, 51]. W 1995 r. światowa produkcja prebiotyków przekraczała 85 tys. ton i obejmowała 12 klas oligosacharydów, w tym fruktooligosacharydy [51].

Inulina i fruktooligosacharydy charakteryzują się niską wartoř energetyczną, dlatego teź moga być wykorzystywane do produkcji żywnořci niskokalorycznej i dietycznej (czekolad, deserów mroźonych, bezalkoholowych napojów) oraz jako substytuty tłuszczu [24, 43]. Badania Roberfroid [40] wykazały, że 1 g fruktanów dostarcza tylko od 1-1,5 kcal. Zastąpienie tłuszczu przez inulinę oraz węglowodanów przez fruktooligosacharydy nie powoduje żadnych niekorzystnych zmian sensorycznych, natomiast obniża wartoř energetyczną produktu spoźywczego. Dodatek inuliny do niskotłuszczowych deserów polepsza konsystencję masy i strukturę produktu, co daje wraźenie pokarmu tłustego i kremowego. Natomiast dodatek preparatu zawierającego oligofruktoze wzbogaca bukiet smakowo-zapachowy produktu, nadając mu owocowy smak. W chwili obecnej stosuje się fruktany do produkcji słodzików, batonów dietycznych, czekolad i pieczywa cukierniczego.

Ostatnio na rynku europejskim pojawił się wytwarzany przez belgijską firmę Vamdermoortle produkt mařopodobny zawierający inulinę, niskosłodzone napoje francuskiej firmy Thiriet oraz żywnoř dietyczna zawierająca fruktooligosacharydy francuskiej firmy Vivis [51]. W krajach Europy zachodniej inulina jest dostępna na rynku jako preparat pod nazwą Frutafit – produkt działającej ponad 100 lat holenderskiej firmy Consun oraz Raftiline – preparat firmy belgijskiej Orafiti, a oligofruktoza pod nazwą Raftilose - firmy Orafiti [1, 6, 39, 41]. Raftiline jest to preparat zawierający 85% inuliny, charakteryzujący się słodkim smakiem i szerokim zastosowaniem w przemyśle spoźywczym, szczególnie do produkcji żywnořci dietycznej. Raftilose posiada podobne zastosowanie, jest preparatem zawierającym 95% oligofruktanów. Zarówno w Holandii, jak i w Belgii do produkcji tych prebiotyków słuź korzenie cykorii, które zawierają około 17% tego węglowodanu. Obecnie niemiecki przemysł spoźywczy wykorzystuje bulwy topinamburu do produkcji syropu zawierającego 52% tych węglowodanów oraz charakteryzującego się niską wartořci energetyczną wynoszącą 133 kcal/100 g, a takźe niskokalorycznego proszku (maćzki) [3, 8, 14].

W ostatnim dziesięcioleciu takźe w Polsce wzrosło zainteresowanie topinamburem oraz moźliwořciami wykorzystania bulw do produkcji żywnořci funkcjonalnej [19]. W Akademii Rolniczej w Poznaniu trwają badania nad przydatnořci bulw nowych rodów topinamburu do produkcji syropów fruktozowych [5], a poznańska firma farmaceutyczna rozpoczęła produkcj preparatu z bulw topinamburu o nazwie Topinulin, który będzie dostępny w aptekach i w sklepach z żywnořci dietyczna.

Podsumowanie

Z przedstawionego przeglądu piřmiennictwa krajowego i zagranicznego wynika, że fruktany charakteryzują się wyjątkowymi wlařciwořci prebiotycznymi, mogą wpływać korzystnie na gospodarck lipidową i węglowodanową, a takźe wspomagają przyzwajalność niektórych składników mineralnych. Obecnie w wielu placówkach

naukowych trwają badania służące ocenie przydatności żywieniowej różnych preparatów oligocukrów, w tym oligofruktanów, pod względem nie tylko ich wpływu na populację mikroflory jelita grubego, lecz także oddziaływania na absorpcyjne funkcje jelit, metabolizm azotu i innych składników, detoksykację kancerogenów oraz system immunologiczny organizmu.

Wiele przesłanek wskazuje, że w najbliższych latach znacznie wzrośnie zastosowanie probiotyków i prebiotyków, a także synbiotyków do produkcji środków spożywczych, co postawi nowe wymagania przed producentami i dystrybutorami żywności w Polsce.

LITERATURA

- [1] Andersson H.B., Ellegard L.H., Bosaeus I.G.: Nondigestibility characteristics of inulin and oligofructose in humans, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1428S.
- [2] Antosiewicz I., Moroz A., Zalewski S.: Żywność prozdrowotna niejedno ma imię. *Zdrowa Żywność, Zdrowy Styl Życia*, **3/37**, 1997, 6.
- [3] Barta J.: Jerusalem artichoke as a multipurpose raw material for food products of high fructose or inulin content. [w:] *Inulin and inulin containing crops*, Wyd. Elsevier Science Publishers B.V., 1993, 323.
- [4] Bartnikowska E.: The role of dietary fiber in the prevention of lipid metabolism disorders. *Complex carbohydrates in foods*, Wyd. Marcel & Dekker, Inc. New York, 1999, 53.
- [5] Chrapkowska K.J., Góral S., Piasecki M.: Otrzymywanie syropów fruktozowych z bulw *Helianthus tuberosus* (topinambur), *Mat. XXIV Sesji Nauk. KTiChŻ PAN*, Wrocław, 1993, 161.
- [6] Coussement P.: Inulin and oligofructose as dietary fiber: analytical, nutritional and legal aspects. *Complex carbohydrates in foods*, Wyd. Marcel & Dekker, Inc. New York, 1999, 25.
- [7] Coudray C., Bellanger J., Castiglia-Delavaud C., Remesy C., Vermorel M.: Effect partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men, *Eur. J. Clin. Nutr.*, **51**, 1997, 375.
- [8] Coussement P.: Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1412S.
- [9] David J.A., Kendall C.W., Vuksan V.: Inulin, oligofructose and intestinal function, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1431S.
- [10] Davison M.H., Maki K.C.: Effects of dietary inulin on serum lipids, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1474S.
- [11] Delzenne N.M., Aertssens J., Verplaetse H., Roccaro M., Roberfroid M.: Effect of fermentable fructo-oligosaccharides on mineral, nitrogen and energy digestive balance in rat, *Life Sci.*, **57**, 1995, 1579.
- [12] Delzenne N.M.: The hypolipidemic effect of inulin: when animal studies help to approach the human problem, *B. J. Nutr.*, **82**, 1999, 3.
- [13] Delzenne N.M., Kok N.N.: Biochemical basis of oligofructose-induced hypolipidemia in animal models, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1467S.
- [14] Fontana A., Hermann B., Guiraud J.P.: Production of high-fructose-containing syrups from Jerusalem artichoke extracts with fructose enrichment through fermentation. *Inulin and inulin containing crops*, Wyd. Elsevier Science Publishers B.V., 1993, 251.

- [15] Gallaher D.D., Khil J.: Effect of synbiotics on colon carcinogenesis in rats, *J. Nutr.*, **129**, 1999, 1483S.
- [16] Gawęcki J.: Współczesna wiedza o węglowodanach, Wyd. AR Poznań 1998.
- [17] Gibson G.R.: Dietary modulation of the human gut microflora using the prebiotics oligofructose and inulin, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1438S.
- [18] Góral S.: Topinambur - słonecznik bulwiasty - *Helianthus tuberosus*. Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. SGGW, Warszawa, 1996, 76.
- [19] Góral S.: Słonecznik bulwiasty – topinambur. Uprawa i użytkowanie. Biuletyn IHAR Radzików, **4**, 1999, 1.
- [20] Hasik J., Bartnikowska E.: Włókno pokarmowe w żywieniu człowieka. PZWL, Warszawa, 1987, 152.
- [21] Hirayama M., Nishizawa K., Hidaka H.: Production and characteristics of fructo-oligosaccharides. [w:] Inulin and inulin containing crops, Wyd. Elsevier Science Publishers B.V., 1993, 347.
- [22] Incoll L., Bonnett G.D.: The occurrence of fructan in food plants. Inulin and inulin containing crops, Wyd. Elsevier Science Publishers B.V., 1993, 309.
- [23] Jackson K.G., Taylor G.R.J., Clohessy A.M., Williams Ch.M.: The effect of the daily intake of inulin on fasting lipid, insulin and glucose concentrations in middle-aged men and women, *B. J. Nutr.*, **82**, 1999, 23.
- [24] Jacurzyński B.: Efekty zdrowotne oligosacharydów. *Żyw. Człow. Metab.*, **23**, 3, 1996, 284.
- [25] Kok N., Roberfroid M., Robert A., Delzenne N.: Involvement of lipogenesis in the lower VLDL secretion induced by oligofructose in rats, *Br. J. Nutr.*, **7**, 1996, 881.
- [26] Kok N., Roberfroid M., Delzenne N.: Systemic effect of nondigestible fructooligosaccharides in rats. Functional properties of non-digestible carbohydrates, INRA, Nantes, 1998, 123.
- [27] Kruse H.P., Kleessen B., Blaut M.: Effects of inulin on faecal bifidobacteria in human subjects, *B. J. Nutr.*, **82**, 1999, 375.
- [28] Le Blay G., Blottere H.M., Bonnet C., Cherbut C.: Prebiotic action of short chain fructooligosaccharides in rats: long-term effect. Functional properties of non-digestible carbohydrates, INRA Nantes, 1998, 191.
- [29] Mazza G.: Functional food biochemical and processing aspects. Technomic publishing CO.IN.C, Lancaster Basel, 1998, 363.
- [30] Michajlik A., Bartnikowska E.: Lipidy i lipoproteiny osocza. PZWL, Warszawa 1999.
- [31] Moshfegh A.J., Firday J.E., Goldman J.P., Jaspreet K., Ahuja Ch.: Presence of inulin and oligofructose in the diets of Americans, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999 1407S.
- [32] Ninness K.R.: Inulin and oligofructose: What are they? *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1402S.
- [33] Ohta A., Baba S., Ohtsuki M., Taguchi A., Adachi T. Hara H.: Prevention of coprophagy modifies magnesium absorption in rats fed with fructo-oligosaccharides, *B. J. Nutr.*, **75**, 1999, 775.
- [34] Ohta A., Baba S., Ohtsuki M., Tagizawa T., Adachi T. Hara H.: In vivo absorption of calcium carbonate and magnesium oxide from the large intestine in rats, *J. Nutr. Sci. Vitaminol*, **43**, 1997, 35.
- [35] Prosky L.: Inulin and oligofructose are part of the dietary fiber complex, *J. of AOAC International*, **82**, 2, 1999, 223.
- [36] Rao A. V.: Dose-response effects of inulin and oligofructose on intestinal bifidogenesis effects, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1442S.
- [37] Reading S., Aramendi S., Gibson G., McCartney A.: An in vitro investigation of the minimum fructo-oligosaccharide dose a prebiotic effect. Functional properties of non-digestible carbohydrates, INRA, Nantes, 1998, 182.
- [38] Reddy B.S.: Possible mechanisms by which pro- and prebiotics influence colon carcinogenesis and tumor growth, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1478S.

- [39] Roberfroid M.B.: Caloric value of inulin and oligofructose, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1436S.
- [40] Roberfroid M.B.: Dietary fiber properties and health benefits of non-digestible oligosaccharides. Complex carbohydrates in foods, Wyd. Marcel & Dekker, Inc. New York, 1999, 25.
- [41] Robyt J.F.: Essential of carbohydrates chemistry. Wyd. Springer, Nowy Jork, 1998, 157.
- [42] Schneeman B. O.: Fiber, inulin and oligofructose: similarities and differences, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1424S.
- [43] Słomińska L.: Węglowodanowe zamienniki tłuszczu, *Przem. Spoż.*, **7**, 1999, 12.
- [44] Taguchi A., Ohta A., Abe M., Baba S., Ohtsuki M., Takizawa T., Yuda Y., Adachi T.: The influence of fructo-oligosaccharides on the bone of model rats with ovariectomized osteoporosis, *Sci. Rep. Meiji Seika Kaisha*, **33**, 1994, 37.
- [45] Taper H.S., Roberfroid M.: Influence of inulin and oligofructose on breast cancer and tumor growth, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1488S.
- [46] Trautwein E.A., Radünz E., Rieckhoff D., Erbesdobler H.F.: Effects of increasing doses of dietary inulin on cholesterol and bile acid metabolism in hamsters. Functional properties of non-digestible carbohydrates, *INRA Nantes*, 1998, 132.
- [47] Williams Ch.M.: Effects of inulin on lipid parameters in humans, *J. Nutr.*, **129**, 3, 1999, 1471S.
- [48] Wszolek M.: Wpływ dodatku inuliny na cechy jakościowe biojogurtów. *Mat. Konf. Nauk. nt.: "Żywność Funkcjonalna"*, Kraków 1999, 104.
- [49] Van den Heuvel E.G.H.M., Muys T., Van Dokkum W., Schaafsma G.: Oligofructose stimulates calcium absorption in adolescents. Functional properties of non-digestible carbohydrates, *INRA Nantes*, 1998, 138.
- [50] Varlamowa K., Partskhaladze E., Olshamovsky V., Danilowa E.: Potential uses of Jerusalem artichoke tuber concentrates as food additives and prophylactics. Sixth Seminar on Inulin. Braunschweig, Germany, 1996, 141.
- [51] Zduńczyk Z.: Koncepcja pre- i probiotyków jako dodatków do żywności, *Mat. Konf. Nauk.-Tech.*, Konin, 1999, 2.

FRUCTANS - FUNCTIONAL PROPERTIES

Summary

The present paper reviews recent Polish and foreign papers focusing on fructans, their chemical structure, functional properties. The sources of fructans such as Jerusalem artichoke, chicory, onion, garlic, and leek were presented. Particular attention was paid to hypolipidemic, hypoglycemic effect of fructans, their prebiotic properties, and potential uses for production of functional food. ☒