

Inulín a oligofruktóza ako funkčné zložky potravinárskych výrobkov

DRAHOMÍRA LUKÁČOVÁ - JOLANA KAROVIČOVÁ

SÚHRN. Inulín a oligofruktóza sú funkčnými zložkami potravín. Ich začlenenie do potravín významne vylepšuje organoleptické vlastnosti potravín, v širokej škále potravinárskych aplikácií prinášajú zlepšenie chute a textúry výsledného produktu. Oligofruktóza je rozpustná látka s charakteristickými technologickými vlastnosťami, ktoré sú veľmi podobné vlastnostiam sacharózy a glukózového sirupu. Často sa používa v kombinácii s intenzívnymi sladidlami. Inulín upravuje stabilitu pien a emulzií. Inulín a oligofruktóza patria medzi nestráviteľné oligosacharidy a zaraďujú sa do komplexu potravinovej vlákniny. Nachádzajú sa v mnohých druhoch zeleniny a ovocia, priemyselne sa získavajú z koreňov čakanky.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: inulín; oligofruktóza; vlastnosti; aplikácie

Inulín a oligofruktóza sú funkčnými zložkami potravín, ktoré poskytujú kombináciu dôležitých technologických výhod a vlastností pozitívne ovplyvňujúcich zdravie konzumenta [1]. Inulín a oligofruktózu zaraďujeme medzi fruktány. Tieto látky sa vyskytujú v niektorých druhoch zeleniny a ovocia. Ich najbežnejšími zdrojmi sú cibuľa, cesnak, pór, čakanka, topinambur, artyčok, jačmeň, pšenica a banány [1-4]. Priemerná denná spotreba inulínu a oligofruktózy sa pohybuje v rozmedzí 3 g až 11 g v európskych krajinách 1 g až 4 g v USA [1].

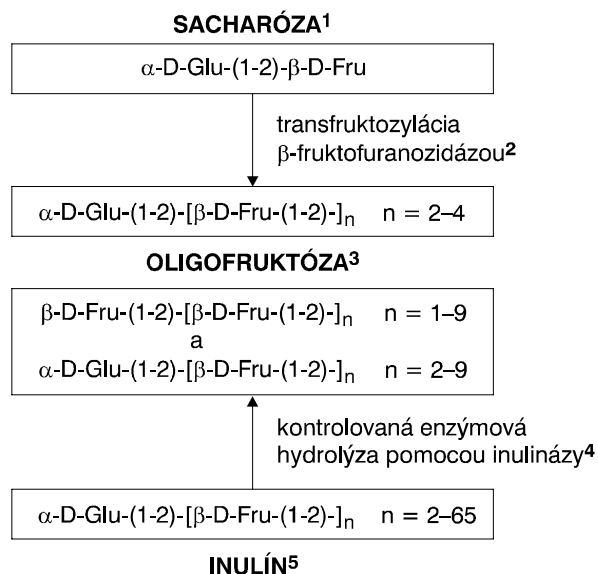
V krajinách EÚ sú inulín a oligofruktóza zaradené medzi potravinové zložky. Môžu sa používať bez obmedzenia ako prídavné látky v potravinách a nápojoch. Vo väčšine krajín sú inulín a oligofruktóza zaradené a označované pod názvom „dietary fiber“, potravinová vláknina [5, 6]. Inulín a oligofruktóza sú príkladmi aktívnych potravinových zložiek pre funkčné potraviny [7].

Ing. Drahomíra LUKÁČOVÁ, Doc. Ing. Jolana KAROVIČOVÁ, PhD., Katedra potravinárskej technológie, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

Korešpondujúci autor: Ing. Drahomíra LUKÁČOVÁ, e-mail: dluvacova@chtf.stuba.sk

Chemická štruktúra inulínu a oligofruktózy

Inulín a oligofruktóza sú zmesné fruktány [8, 9]. Názvom inulíny sa označujú polyméry zložené z lineárnych reťazcov D-fruktofuranóz (fruktány) obsahujúcich spravidla ako koncovú jednotku D-glukózu (glukofruktány) [10]. Inulín je β -(2,1)-fruktán. Štruktúru inulínu tvoria β -(2,1)-väzby [8]. Fruktózové jednotky v tejto zmesi lineárnych fruktózových polymérov a oligomérov sú navzájom viazané pomocou β -(2,1)-väzby. Každý fruktózový reťazec je zakončený molekulou glukózy, naviazanou α -(1,2)-väzbou ako v sacharóze. Dĺžka reťazca fruktánov získaných z čakanky je 2 až 60, s priemerným stupňom polymerizácie 10. Oligofruktóza obsahuje 2 až 8 monosacharidových zvyškov spájaných glykozidickými väzbami. Oligofruktóza získaná parciálnou enzýmovou hydrolýzou čakankového inulínu obsahuje β -(2,1)-fruktózové reťazce a β -(2,1)-fruktózové reťazce zakončené molekulou glukózy. Synteticky pripravená oligofruktóza obsahuje len β -(2,1)-fruktózové reťazce s molekulou glukózy na konci [8, 11]. Oligofruktóza môže



OBR. 1. Schematické zobrazenie chemickej štruktúry a pôvodu inulínu a oligofruktózy.

Glu - glukozylový monomér, Fru - fruktozylový monomér, n - počet monomérov.

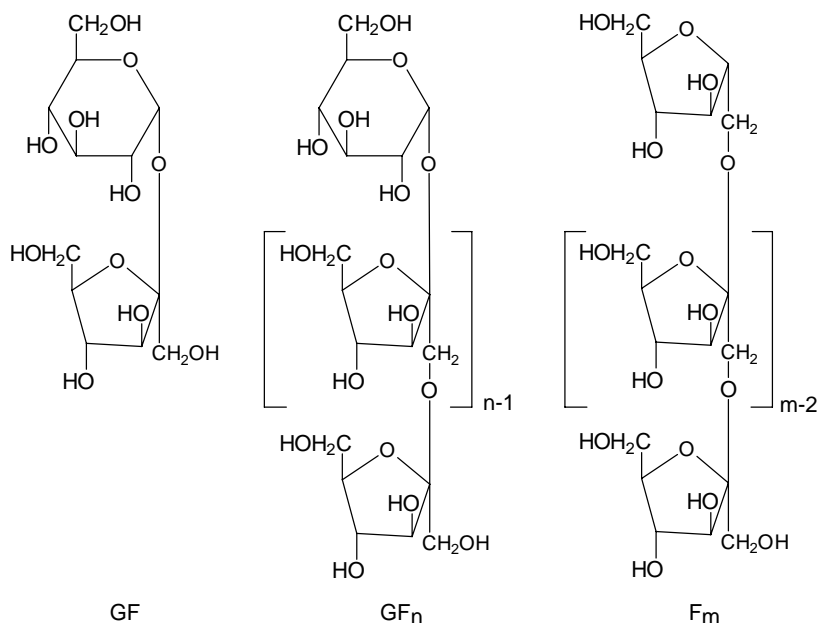
FIG. 1. Schematic representation of the chemical structure and origin of inulin and oligofructose.

Glu - glucosyl monomer, Fru - fructosyl monomer, n - number of monomers. 1 - saccharose, 2 - transfructosylation by β -fructofuranosidase, 3 - oligofructose, 4 - controlled enzymatic hydrolysis using inulinase, 5 - inulin.

vznikať enzýmovou hydrolýzou inulínu alebo môže byť získavaná enzýmovou syntézou použitím sacharózy ako substrátu. Na obr. 1 je znázornená hydrolýza inulínu inulinázou a transfruktozylácia sacharózy β -fruktofuranozidázou, za vzniku oligofruktózy [1]. Molekulárna štruktúra inulínu a oligofruktózy je znázornená na obr. 2 [12]. Všeobecná forma inulínových reťazcov je $\text{Glc}-1 \rightarrow 2-\text{Fru}-1 \rightarrow (2-\text{Fru}-1)_n \rightarrow 2-\text{Fru}$ (Fru - fruktozylové jednotky, Glc - glukozylové jednotky) [3].

Inulín je definovaný ako heterogénna zmes fruktooligosacharidov. Vzhľadom na svoje vlastnosti a vplyv na fyziologické funkcie a metabolizmus v intestinálnom trakte je priradovaný ku komplexu potravinovej vlákniny [13].

Vďaka beta konfigurácii anomérneho uhlíka C_2 vo fruktózových monoméroch inulínu a oligofruktózy, sú tieto látky rezistentné voči hydrolýze enzýmami ľudského tenkého čreva. Fruktózové monoméry sú vytvárané β -(2,1)-glykozidovými väzbami, pričom enzýmy tenkého čreva sú špecifické pre α -glykozidové väzby. Takto tvorené sacharidy sú zaradené medzi nestráviteľné oligosacharidy [2, 14].



OBR. 2. Molekulárna štruktúra sacharózy, inulínu a oligofruktózy.
GF - sacharóza, GF_n - inulín, F_m - oligofruktóza, G - glukóza, F - fruktóza.

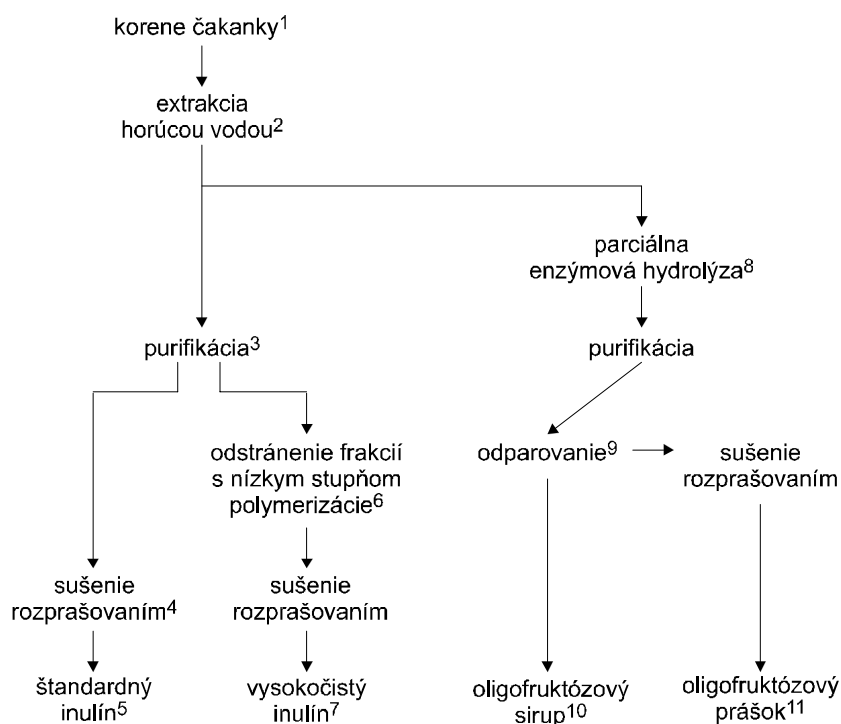
Fig. 2. Molecular structure of saccharose, inulin and oligofructose.
GF - saccharose, GF_n - inulin, F_m - oligofructose, G - glucose, F - fructose.

Technologické vlastnosti

Inulín a oligofruktóza sa priemyselne izolujú z koreňov čakanky. Schéma postupu výroby inulínu, oligofruktózového sirupu a oligofruktózového prášku je znázornená na obr. 3 [7, 15].

Inulín izolovaný z čakanky je biela látka bez zápachu. Oligofruktóza sa získava ako biely prášok alebo bezfarebný viskózný sirup (75 % sušiny). Tieto látky majú vysokú čistotu a dobre známe chemické zloženie. Ich fyzikálno-chemické vlastnosti sú zhrnuté v tab. 1 [7].

Inulín má neutrálnu chuť a vôňu. Štandardný inulín je nepatrne sladký (10% sladivosť v porovnaní s fruktózou). Vysokočistý inulín, z ktorého sú odstránené frakcie so stupňom polymerizácie menším ako 10, nie je sladký. Inulín sa ľahko kombinuje s inými zložkami potravín bez zmeny chuti a vône.



OBR. 3. Priemyselný proces výroby inulínu a oligofruktózy.

FIG. 3. Industrial production process of chicory inulin and oligofructose.

1 - chicory roots, 2 - hot water extraction, 3 - purification, 4 - spray-drying, 5 - standard inulin, 6 - removal of fractions with a low degree of polymerization, 7 - high purity inulin, 8 - partial enzymatic hydrolysis, 9 - evaporation, 10 - oligofructose syrup, 11 - oligofructose powder.

TAB. 1 Fyzikálnochemické vlastnosti inulínu a oligofruktózy z čakanky.
TAB. 1 Physicochemical characteristics of inulin and oligofructose from chicory.

	Štandardný inulín ¹	Vysokočistý inulín ²	Oligofruktózový prášok ³
chemická štruktúra ⁴	GF _n (2≤n≤60)	GF _n (10≤n≤60)	GF _n + F _n (2≤n≤60)
priemerný stupeň polymerizácie ⁵	12	25	4
sušina ⁶ [%]	95	95	95
obsah inulínu/oligofruktózy v sušine ⁷ [%]	92	95,5	95
obsah sacharózy v sušine ⁸ [%]	8	0,5	5
pH (10 % v/v)	5-7	5-7	5-7
sulfátový popol v sušine ⁹ [%]	<0,2	<0,2	<0,2
ťažké kovy v sušine ¹⁰ [mg.kg ⁻¹]	<0,2	<0,2	<0,2
vzhľad ¹¹	biely prášok	biely prášok	biely prášok
chuť ¹²	neutrálna	neutrálna	mierne sladká
sladivosť (sacharóza = 100 %) ¹³	10 %	žiadna	35 %
rozpusťnosť vo vode pri 25 °C ¹⁴ [g.l ⁻¹]	120	25	> 750
viskozita vo vode (5 %) pri 10 °C ¹⁵ [mPas]	1,6	2,4	< 1,0
funkčnosť v potravinách ¹⁶	náhrada tuku	náhrada tuku	náhrada cukru
synergia/spolupôsobenie ¹⁷	s gélotvornými činidlami	s gélotvornými činidlami	s intenzívnymi sladidlami

G - glukozylóvé jednotky, F - fruktozylóvé jednotky.

G - glucosyl units, F - fructosyl units. 1 - standard inulin, 2 - high purity inulin, 3 - oligofructose powder, 4 - chemical structure, 5 - average degree of polymerization, 6 - dry matter, 7 - inulin/oligofructose content in dry matter, 8 - saccharose content in dry matter, 9 - sulphated ash in dry matter, 10 - heavy metals in dry matter, 11 - appearance, 12 - taste, 13 - sweetness (saccharose = 100 %), 14 - solubility in water at 25 °C, 15 - viscosity in water at 10 °C, 16 - functionality in foods, 17 - synergism.

Je to látka mierne rozpustná vo vode (maximum 10 % pri laboratórnej teplote) a spôsobuje zníženie viskozity (menej ako 2 mPa.s pre 5% vodný roztok). Inulín má pozoruhodnú schopnosť nahrádzať tuk. Dokonalým zmiešaním s vodou alebo inou kvapalinou s „vodným“ charakterom, vytvára štruktúru gélového charakteru [7].

Inulín má množstvo vlastností a technologických výhod zaujímavých pre potravinársky priemysel a možno ho využiť ako výhodnú balastnú látku (na obohacovanie potravín bez nežiaducej zmeny ich vzhľadu alebo chuti), ako prebiotickú prísadu, ako zložku do potravín s nízkou energetickou hodnotou, ako náhradu tuku, ako náhradu cukru a na celkové zlepšenie kvality potravinárskych výrobkov [16]. Oligofruktóza je v porovnaní s inulínom vo vode viac rozpustná (okolo 80 % pri laboratórnej teplote). V čistej forme má 35% sladivosť v porovnaní so sacharózou, jej chuť je čistá, bez doznievania, čo sa uplatňuje najmä v kombinácii s intenzívnymi sladidlami (aspartam a acesulfam K), čím sa dosiahne vyváženosť chuti, bez výslednej pachuti [7]. Zaradenie oligofruktózy ako zložky do potravín prispieva k úprave organo-

leptického profilu výsledného produktu, pričom oligofruktóza plní funkciu stabilizátora vlhkosti, znižuje aktivitu vody, čím priamo zabezpečuje vyššiu mikrobiologickú stabilitu výsledného produktu [7].

Aplikácia do potravín

COUSSEMENT a kol. [17] uvádza, že oligofruktóza a inulín sú látky využívané na rôzne potravinové aplikácie v mnohých krajinách sveta. Sú používané ako potravinárske prídavné látky aplikovateľné v takmer všetkých odboroch potravinárstva ako funkčná vláknina, bifidogénny faktor, plnivo znižujúce energetickú hodnotu výrobku, sladidlo a iné [18].

Inulín a oligofruktóza sú často aplikované práve pre ich prospech, ktorý ponúkajú: tvorbu vhodného prostredia v tráviacom trakte človeka, zlepšenie organoleptických vlastností, náhradu odbúrateľných sacharidov a zlepšenie technologických vlastností výsledného produktu. Tab. 2 poskytuje prehľad ich aplikácií do potravín a nápojov [7].

Aplikácia inulínu a oligofruktózy do potravín je technologicky nenáročná, zlepšuje organoleptické vlastnosti výsledného produktu [19], jeho chuť a textúru [20].

Ich použitie v pekárenských výrobkoch a extrudovaných cereáliach, predstavuje veľký pokrok v porovnaní s používaním klasickej potravinovej vlákniny. Extrudovaným a cereálnym výrobkom dodávajú chrumkavosť a „expanziu“ a predlžujú ich skladovateľnosť [7].

Podľa CHARALAMPOPOULOSA a kol. [21] cereálie, ktorých súčasťou sú aj inulín a oligofruktóza, sú vhodné na výrobu funkčných potravinárskych produktov na cereálnej báze. Funkčnosť týchto látok spočíva hlavne v prebiotických vlastnostiach nestráviteľných sacharidov.

Rozpustnosť inulínu a oligofruktózy ich dovoľuje zaradiť do kvapalných výrobkov a výrobkov s polotuhou konzistenciou, ako sú nápoje, mliečne produkty a nátierky. Pretože má inulín gélotvorné vlastnosti, dovoľuje rozvoj nízkoenergetických potravín, bez vytvárania nežiaducich zmien v chuti a textúre výsledného produktu. Platí to najmä pre výrobky, ako sú nátierky, výrobky na maslovom základe, tavené a smotanové syry. Umožňuje to nahraďiť značné množstvo tuku a stabilizovať emulzie, zatiaľ čo je zachovaná ľahko roztierateľná textúra. Vynikajúce výsledky sú dosiahnuté v nátierkach typu emulzie voda v oleji s tukovým obsahom od 20 do 60 %, ako aj v nátierkach typu emulzia olej vo vode obsahujúcich 15 alebo menej percent tuku. V nízkotučných výrobkoch, ako sú mliečne výrobky, čerstvé syry, jogurty, krémy a mliečne dezerty, prídanie inulínu v malých množstvách dodáva krémovej-

šiu chuť a zlepšuje vyrovnanosť a vyváženosť chuti. V mliečnych šľahaných penách (čokoládových, ovocných, jogurtových, syrových) prináša prídavok inulínu uľahčenie úpravy pri spracovaní na požadovanú homogénnu hmotu. Výsledné produkty si udržiavajú ich typickú štruktúru dlhý čas. Prídanie inulínu do mrazených dezertov zabezpečuje ľahké spracovanie a skutočnú „tukovú“ chuť, ako aj tepelnú stabilitu [7].

Inulín nachádza uplatnenie ako nízkoenergetická zložka a vlákna v čokoládach (bez prídania cukru), často v kombinácii s polyolom alebo fruktózou [7]. Zmrzlina a mrazené krémy sú ďalšou oblasťou ich použitia. Tu nie je najdôležitejšia nutritívno-fyziologická hodnota výrobku. Prídanie inulínu umožňuje výrobu „nízkoenergetickej“ zmrzliny. V niektorých prípadoch je funkčnosť inulínu porovnateľná so želatínou [22].

TAB. 2. Súhrnný prehľad aplikácií inulínu a oligofruktózy do potravín.

TAB. 2. Overview of food application of inulin and oligofructose.

Aplikácia ¹	Funkčnosť ²	Používané množstvo [% v/v] ³	
		Inulín ⁴	Oligofruktóza ⁵
mliečne výrobky ⁶	náhrada cukru a tuku, synergia so sladidlami, textúra a chuťnosť, stabilita pien, vlákna a prebiotikum	2–10	2–10
mrazené dezerty ⁷	náhrada cukru a tuku, textúra a jemnosť, synergia so sladidlami, vlákna a prebiotikum	2–10	5–12
stolové nátierky ⁸	náhrada tuku, textúra a roztierateľnosť, stabilita emulzií, vlákna a prebiotikum	2–10	–
chlieb a pečivo ⁹	vlákna a prebiotikum, udržiavanie vlhkosti, náhrada cukru	2–15	2–25
raňajkové cereálie ¹⁰	vlákna a prebiotikum, chrumkavosť	2–25	2–15
plnky ¹¹	náhrada cukru a tuku, úprava textúry	2–30	2–50
ovocné preparáty ¹²	náhrada cukru, synergia so sladidlami, textúra a chuťnosť, vlákna a prebiotikum	2–10	5–50
šalátové dressinky ¹³	náhrada tuku, textúra a chuťnosť	2–10	–
mäsové výrobky ¹⁴	náhrada tuku, textúra a stabilita, vlákna	2–10	–
dietetické výrobky a náhrady jedla ¹⁵	náhrada cukru a tuku, synergia so sladidlami, nízka energetická hodnota, textúra a chuťnosť, vlákna a prebiotikum	2–15	2–20
čokolády ¹⁶	náhrada cukru, odolnosť voči teplu, vlákna	5–30	–
tabletky ¹⁷	náhrada cukru, vlákna a prebiotikum	5–100	2–10

1 - application, 2 - functionality, 3 - dosage level [% w/w], 4 - inulin, 5 - oligofructose, 6 - dairy products, 7 - frozen desserts, 8 - table spreads, 9 - breads and bakery products, 10 - breakfast cereals, 11 - fillings, 12 - fruit preparations, 13 - salad dressings, 14 - meat products, 15 - dietetic products and meal replacers, 16 - chocolate, 17 - tablets.

Náhrada tuku inulínom môže byť tiež aplikovaná v mäsových výrobkoch, omáčkach a polievkach. Tak sa dá dosiahnuť krémovitejšia a šťavnatejšia chuť mäsových výrobkov s redukovaným obsahom tuku a zlepšenou stabilitou vzhľadom na imobilizáciu vody [7]. MENDOZA a kol. [23] použili inulín ako tukovú náhradu do nízkotučných suchých fermentovaných salám. Takto boli pripravené salámy s konečným obsahom tuku 50 % a 25 % z pôvodného množstva. Inulín bol aplikovaný do diela (chudé, stredne tučné, tučné bravčové mäso) dvojakým spôsobom: vo forme prášku a ako vodný roztok v dvoch rôznych koncentráciach: 7,5 % a 12,5 %. Na posúdenie vplyvu prídavku inulínu na kvalitu výrobku bola uskutočnená senzorická analýza (sledovanie vône, chuti, farby, šťavnatosti, jemnosti, textúry, pikantnosti, slanosti a celkovej prijateľnosti) a dozrievanie (zrelosť) výrobku boli hodnotené aj fyzikálnochemickými a mikrobiologickými analýzami. Výsledky ukázali celkové zlepšenie v senzorických vlastnostiach, vzhľadom na jemnejšiu textúru, mäkkosť a pružnosť v porovnaní s konvenčnými salámami s vysokým obsahom tuku. Prídavkom inulínu sa získal mäsový výrobok so zníženým obsahom tuku obohatený o vlákninu.

Symbiotické pôsobenie inulínu a probiotík (bifidobaktérií) vysvetlili a opísali HARDI a kol. [24], ktorí využili prídavok inulínu do mliečnych výrobkov. Autori sledovali vplyv použitej štartovacej kultúry, vplyv podielu tuku v surovine (čerstvé kravské mlieko) a vplyv inulínu na reologické vlastnosti a kinetiku fermentácie (rýchlosť poklesu pH hodnoty) výrobku a tiež na optimalizáciu samotného technologického procesu výroby. Sledované boli štyri typy výrobkov: nízkotučný jogurt (<1 % tuku), jogurt s obsahom tuku 3,2 %, probiotický mliečny fermentovaný nápoj s nízkym obsahom tuku (<1 % tuku) a probiotický mliečny fermentovaný nápoj s obsahom tuku 3,2 %. Na inokuláciu jogurtov bola použitá zmesná štartovacia kultúra (2 %): *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*. Vzorky boli fermentované 4 h pri teplote 41 °C. Na inokuláciu probiotického mliečneho fermentovaného nápoja bola použitá zmesná štartovacia kultúra (2 %) *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Bifidobacterium* spp. a *Lactobacillus acidophilus*. Vzorky boli fermentované 4 h pri teplote 38 °C. Inulín bol pridaný v koncentrácii 3 %. Výsledky ukázali, že najväčší vplyv na priebeh fermentácie mala použitá štartovacia kultúra. Inulín sa ukázal ako veľmi dobrý promótor fermentačnej aktivity pri vzorkách zaočkovaných probiotickou kultúrou (v dôsledku prítomnosti bifidobaktérií). Inulín je silným bifidogénnym prebiotikom [24-26]. Vzorky pripravené s jogurtovou kultúrou vytvárali pevnejšiu a kompaktnjšiu konzistenciu [24].

TAB. 3. Hladiny inulínu používané pri aplikácii inulínu do mliečnych výrobkov.

TAB. 3. Typical usage levels of inulin in dairy products.

Mliečne výrobky ¹	Používané množstvo ² [%]	
	Štandardný inulín ³	Vysokočistý inulín ⁴
nátierky ⁵	10,0	6,0
čokolády so zníženým obsahom tuku ⁶	3,0	1,5
mliečne nápoje so zníženým obsahom tuku ⁷	2,0	1,0
jogurty so zníženým obsahom tuku ⁸	3,5	2,0

1 - dairy products, 2 - typical usage level, 3 - standard inulin, 4 - high purity inulin, 5 - spreads, 6 - low-fat chocolate, 7 - low-fat milk drinks, 8 - low-fat yoghurts.

TAB. 4. Príklady potravín s obsahom fruktooligosacharidov v Európe.

TAB. 4. Examples of fructooligosaccharide-containing foodstuffs on the European market.

Výrobok ¹	Výrobca ²	Aktívna zložka ³
Symbalance (jogurt ⁴)	Tonilait (Švajčiarsko)	3 kmene <i>Lactobacillus</i> + inulín
Jour apres Jour (mlieko ⁵)	Lactel (Francúzsko)	vitamíny + oligofruktóza (zo sacharózy)
Probiotic plus Oligofructose (jogurt)	Bauer (Nemecko)	2 kmene <i>Lactobacillus</i> + oligofruktóza
Actiline (nátierka ⁶)	Vamdermoortele (Belgicko)	inulín
Ligne Bifide dietetic range (sušienky, hotové jedlá ⁷)	Vivis (Francúzsko)	oligofruktóza (zo sacharózy)
Aviva (sušienky, čokoládový nápoj ⁸)	Novartis (Švajčiarsko)	oligofruktóza (zo sacharózy)
Low-sugar sorbet	Thiriet (Francúzsko)	oligofruktóza (zo sacharózy)
Actimel (jogurt)	Danone (Belgicko)	<i>L. acidophilus</i> + oligofruktóza (zo sacharózy)
Fysiq (mliečny nápoj ⁹)	Mona (Holandsko)	<i>L. acidophilus</i> + inulín

1 - product, 2 - producer, 3 - active ingredient, 4 - yoghurt, 5 - milk, 6 - spread, 7 - biscuits, ready meals, 8 - biscuits, chocolate drink, 9 - milk drink.

JAMRICOVÁ a kol. [27] študovali vplyv inulínu na fermentáciu mliečnych probiotických nápojov. Na fermentáciu použili probiotické kultúry LA-5 *Lactobacillus acidophilus* BB-11 a *Bifidobacterium bifidum* a inulín. Sledovali vplyv prídavku inulínu v množstve 10 g do jedného litra sterilného mlieka na priebeh fermentácie a rast probiotických kultúr. Fermentácia prebiehala 24 hodín pri teplote +37 °C. Výsledky výskumu ukázali, že prídavok inulínu v uvedenom množstve, teplote, pozitívne ovplyvňuje fermentáciu s *Bifidobacterium bifidum* BB-11. Tvorba kyseliny mliečnej (aktívna kyslosť - pH) počas fermentácie bola v porovnaní so vzorkou bez prídavku inulínu výrazne rýchlejšia. Výrazne pozitívny efekt inulínu sa prejavil aj na raste bifidobaktérií. Morfológicky boli bifidobaktérie vo vzorke s prídavkom inulínu

väčšie. Prídavok inulínu ovplyvňuje pozitívne aj fermentáciu s *Lactobacillus acidophilus* LA-5. Po 24-hodinovej fermentácii sa zistil vyšší počet laktobacilov, tvorba kyseliny mliečnej bola rovnaká vo vzorke s prídavkom inulínu aj bez prídavku.

Tab. 3 poskytuje prehľad používaného množstva inulínu a oligofruktózy do konkrétnych potravín, v tab. 4 sú uvedené potraviny s obsahom inulínu a oligofruktózy [28, 29]. Inulín sa často používa aj ako potravinová vláknina vo forme tabliet [7].

Prebiotický koncept inulínu a oligofruktózy

Inulín a oligofruktóza sa čoraz viac aplikujú do funkčných potravín, špeciálne vo veľkej miere do mliečnych výrobkov, ale tiež aj do iných potravín ako prebiotické zložky [7, 30]. Prebiotiká sú definované ako potravinové zložky, ktoré nepodliehajú pôsobeniu enzýmov na trávenie v hornej časti gastrointestinálneho traktu, vstupujú do čriev v nedotknutom stave a stimulujú rast konkrétnych, priaznivých organizmov črevnej mikrobioty. Prebiotiká zabezpečujú preferovaný substrát pre konkrétne endogénne druhy baktérií [31-34].

Na základe uskutočnených in vivo a in vitro testov [31, 35-39] a tiež preto, že spĺňajú požiadavky a kritériá, ktoré povoľujú potravinové zložky klasifikovať ako prebiotiká [28, 40,41], sú inulín a oligofruktóza zaradené medzi prebiotiká. Degradácia, resp. štiepenie inulínu a oligofruktózy v ľudskom tráviacom systéme podľa KOLIDA a kol. [28] je nasledovná: ústa - nedochádza k hydrolýze, minimálny bakteriálny rozklad, žalúdok - nedochádza ku kyslej hydrolýze, nedochádza k absorpcii, tenké črevo - nedochádza k enzýmo-

TAB. 5. Fermentovateľnosť prebiotík črevnými baktériami.

TAB. 5. Fermentable of prebiotics by human microbial flora.

Baktérie ¹	Inulín ²	Oligofruktóza ³
bakteroidy ⁴	+	+
bifidobaktérie ⁵	+	+
klostrídie ⁶	-	+/-
<i>E. coli</i>	-	-
laktobacily ⁷	+/-	+/-
veilonely ⁸	-	-

1 - bacteria, 2 - inulin, 3 - oligofructose, 4 - bacteroids, 5 - bifidobacteria, 6 - clostridia, 7 - lactobacilli, 8 - veilonels.

ťažkosti. Preto je potrebné nájsť vzťah medzi dávkou a účinkom, nielen kvôli požadovanému cielenému účinku, ale tiež kvôli možnému vzniku ťažkostí súvisiacich s trávením (obr. 4) [12].

Záver

Inulín a oligofruktóza môžu význačne zlepšiť organoleptické vlastnosti konečného produktu, pri výrobe ktorého sú použité. Ich aplikácia umožňuje zlepšenie chuti a textúry v širokej škále potravinárskych výrobkov. Oligofruktóza je dobre rozpustná a má technologické vlastnosti, ktoré sú blízke vlastnostiam sacharózy a glukózového sirupu. Je často používaná v kombinácii so sladidlami. Inulín je podstatne menej rozpustný, upravuje stabilitu pien a emulzií a preukazuje výnimočnú „tukovú podobnosť“, ak je použitý vo forme gélu vo vode. Nahrádzanie tuku a sacharidov inulínom a oligofruktózou poskytuje a ponúka výhody bez kompromisov z hľadiska chuti a textúry, zatiaľ čo sú dosiahnuté nutritívne obohatené produkty [7].

Literatúra

1. ROBERFROID, M. B.: Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87, 2002, s. S139-S143.
2. ROBERFROID, M. B. - SLAVIN, J.: Nondigestible oligosaccharides. Critical review in *Food Science and Nutrition*, 40, 2000, s. 461-480.
3. AZIS, B. H. - CHIN, B. - DEACON, M. P. - HARDING, S. E. - PAVLOV, G. M.: Size and shape of inulin in dimethyl sulphoxide solution. *Carbohydrate Polymers*, 38, 1999, s. 231-234.
4. VAN DER MEER, I. M. - KOOPS, A. J. - HAKKERT, J. C. - VAN TUNEN, A. J.: Cloning of fructan biosynthesis pathway of Jerusalem artichoken. *The Plant Journal*, 15, 1998, s. 489-500.
5. PROSKY, L.: Inulin and oligofructose are part of dietary fiber complex. *Journal of AOAC International*, 82, 1999, s. 223-226.
6. COUSSEMENT, P. A. A.: Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status. *Journal of Nutrition*, 129, 1999, s. 1412-1417.
7. FRANCK, A.: Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87, 2002, s. S287-S291.
8. FLICKINGER, E. A. - VAN LOO, J. - FAHEY, G. C.: Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in the diets of domesticated animals: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43, 2003, s. 19-60.
9. KIM, D. H. - CHOI, Y. J. - SONGS, S. K. - YUN, J. W.: Production of inulo-oligosaccharides using endo-inulinase from a pseudomonas sp. *Biotechnology Letters*, 19, 1997, s. 369-371.
10. VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin*. 1. vyd. Tábor : OSSIS, 1999. 352 s.

11. ROBERFROID, M. B.: Concepts in functional food: the case of inulin and oligofructose. *Journal of Nutrition*, 129, 1999, s. 1398-1401.
12. KVASNIČKOVÁ, A.: Sacharidy pro funkční potraviny. 1. vyd. Praha : ÚZPI, 2000. 82 s.
13. BOBEK, P. - GALBAVÝ, Š. - MÁRIÁSSYOVÁ, M.: Vplyv inulínu na nutričnú hypercholesterolémiu a chemicky indukované prekancerózne lézie na hrubom čreve potkana. *Bulletin potravinárskeho výskumu*, 39, 2000, s. 213-221.
14. DELZENNE, N. - ROBERFROID, M.: Physiological effects of non digestible oligosaccharides. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 27, 1994, s. 1-6.
15. COUSSEMENT, P.: ORAFIT active food ingredients. Tienen, Belgicko : Orafit, 2002. 9 s.
16. ŠRAMKOVÁ, K. - PAVELKA, M.: Inulín, inulooligosacharidy a funkčné potraviny. *Trendy v potravinárstve*, 8, 2001, č. 6, s. 10-12.
17. COUSSEMENT, P.: Pre- and synbiotics with inulin and oligofructose. *Food Technology in Europe*, 12, 1995, s. 102-104.
18. JENKINS, D. J. A. - KENDALL, C. W. C. - VUKSAN, V.: Inulin, oligofructose and intestinal function. *Journal of Nutrition*, 129, 1999, s. 1431-1433.
19. FRANCK, A.: Prebiotics stimulate calcium absorption: a review. *Milchwissenschaft*, 53, 1998, s. 427-429.
20. FRANCK, A. - COUSSEMENT, P.: Multi-functional inulin. *Food Ingredients and Analysis International*, October, 1997, s. 8-10.
21. CHARALAMPOPOULOS, D. - WANG, R. - PANDIELLA, S. S. - WEBB, C.: Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 2, 2002, s. 2505.
22. COUSSEMENT, P.: Innovationen mit Inulin and Oligofructose. *Deutsche Milchwissenschaft*, 16, 1996, s. 697-698.
23. MENDOZA, E. - GARCÍA, M. L. - CASAS, C. - SELGAS, M. D.: Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat Science*, 57, 2001, s. 387-393.
24. HARDI, J. - SLAČANAC, V.: Ispitivanje kinetike koagulacije i reoloških svojstava fermentiranih mliječnih napitaka: utjecaj starter kulture, udjela mliječne masti i dodatka inulina. *Mljekarstvo*, 50, 2000, s. 217-226.
25. BRUNO, F. A. - LANKAPUTHRA, W. E. V. - SHAN, N. P.: Growth, viability and activity of *Bifidobacterium* spp. in skim milk containing prebiotics. *Journal of Food Science*, 67, 2002, s. 2740-2744.
26. SHIN, H. S. - LEE, J. H. - PESTKA, J. J. - USTUNOL, Z.: Growth and viability of commercial *Bifidobacterium* spp in skim milk containing oligosaccharides and inulin. *Journal of Food Science*, 65, 2002, s. 884-887.
27. JAMRICHOVÁ, S. - SLOTTOVÁ, A.: Štúdium vplyvu inulínu na fermentáciu probiotických kultúr. *Mliekarstvo*, 3, 2002, s. 37-38.
28. KOLIDA, S. - TUOHY, K. - GIBSON, G. R.: Prebiotics effects of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87, 2002, s. S193-S197.
29. HAASRECHT, J.: Oligosaccharides. Promising performers in new product development. *IFI*, 1, 1995, s. 23-27.
30. WALTER, T.: Bread goes prebiotic. *International Food Ingredients*, 2, 1999, s. 20-21.
31. GIBSON, G. R. - ROBERFROID, M. D.: Dietary modulation of the human colonic microflora: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 125, 1995, s. 1401-1412.
32. CLARE, M. - HASLER, PH. D.: Functional foods: their role in disease prevention and health promotion. *Food Technology*, 52, 1998, s. 63-69.
33. ZIEMER, CH. J. - GIBSON, R. G.: An overview of probiotics, prebiotics and synbiotics in the functional food concept: perspective and future strategies. *International Dairy Journal*, 8, 1998, s. 470-479.

34. MATTILA-SANDHOLM, T. - MYLLÄRINEN, P. - CRITTENDEN, R. - MOGENSEN, G. - FONDÉN, R. - SAARELA, M.: Technological challenges for future probiotic foods. *International Dairy Journal*, 12, 2002, s. 173-182.
35. GIBSON, G. R.: Dietary modulation of the human gut microflora using prebiotics. *British Journal of Nutrition*, 80, 1998, s. 209-212.
36. WANG, X. - GIBSON, G. R.: Effects of the in vivo fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. *Journal of Applied Bacteriology*, 75, 1993, s. 373-380.
37. KLEESSEN, B. - SYKURA, B. - ZUNFT, H. J. - BLAUT, M.: Effects inulin and lactose on faecal microflora, microflora, microbial activity and bowel habit in elderly constipated persons. *American Journal of Clinical Nutrition*, 65, 1997, s. 1397-1402.
38. SAAVEDRA, J. M. - TSCHERNIA, A.: Human studies with probiotics and prebiotics: clinical implications. *British Journal of Nutrition*, 87, 2002, s. S241-S246.
39. CUMMINGS, J. H. - MACFARLANE, G. T.: Gastrointestinal effects of prebiotics. *British Journal of Nutrition*, 87, 2002, s. S145-S151.
40. GIBSON, G. R. - BEATTY, E. R. - WANG, X. - CUMMINGS, J. H.: Selective stimulation of bifidobacteria in human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology*, 108, 1995, s. 975-982.
41. FOOKS, L. J. - FULLER, R. - GIBSON, G. R.: Prebiotics, probiotics and human gut microbiology. *International Dairy Journal*, 9, 1999, s. 53-61.
42. POOL-ZOBEL, B. - VAN LOO, J. - ROWLAND, J. - ROBERFROID, M.: Review of experimental evidence investigating the potential of prebiotic carbohydrates inulin and oligofructose to reduce the risk of colon cancer. *British Journal of Nutrition*, 87, 2002, s. S273-S281.
43. COLLINS, M. D. - GIBSON, G. R.: Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 1999, s. 1052-1057.
44. PUUPPONEN-PIMIÄ, R. - AURA, A. M. - OKSMAN-CALDENTY, K. M. - MYLLÄRINEN, P. - SAARELA, M. - MATTILA-SANDHOLM, T. - POUTANEN, K.: Development of functional ingredients for gut health. *Trends in Food Science and Technology*, 13, 2002, s. 3-11.
45. CASHMAN, K. D.: Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. *British Journal of Nutrition*, 87, 2002, s. S169-S177.
46. SCHOLZ-AHREN, K. E. - SCHAAFSMA, G. - VAN DEN HEUVEL E. G. H. M. - SCHREZENMEIER, J.: Effects of prebiotics on mineral metabolism. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73, 2001, s. 459-464.
47. VAN DEN HEUVEL, E. - MUYS, T. - VAN DOKKUM, W. - SCHAAFSMA, G.: Oligofructose stimulates calcium absorption in adolescents. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 1999, s. 544-548.
48. GRIFFIN, I. J. - DAVILA, P. M. - ABRAMS, S. A.: Non-digestible oligosaccharides and calcium absorption in girls with adequate calcium intakes. *British Journal of Nutrition*, 87, 2002, s. S187-S191.
49. SCHOLZ-AHRENS, K. E. - SCHREZENMEIER, J.: Inulin, oligofructose and mineral metabolism - experimental data and mechanism. *British Journal of Nutrition*, 87, 2002, s. S179-S186.

Do redakcie došlo 14.10.2003.

Inulin and oligofructose as a functional ingredients of food products

LUKÁČOVÁ, D. - KAROVIČOVÁ, J.: Bull. potrav. Výsk., 42, 2003, p. 27-41.

SUMMARY. Inulin and oligofructose are functional food ingredients. Their incorporation in food improves organoleptic properties of food, improving both taste and mouthfeel in a wide range of food applications. Oligofructose is a soluble compound possessing technological properties very similar to those of saccharose and glucose syrups. It is often used in combination with high intensity sweeteners. Inulin improves the stability of foams and emulsions. Inulin and oligofructose belong to non-digestible oligosacharides that are classified as dietary fiber. They are found in many types of vegetables and fruits, and industrially are produced from chicory roots.

KEYWORDS: inulin; oligofructose; properties; application