

Олигозахаридите в храните и в храненето

Доц. Росица Еникова, гл. ас. инж. хим. Десислава Гюрова
Дирекция „Аналитични лабораторни дейности“, НЦОЗА, София

Резюме

Настоящата работа представя съвремен преглед на основните класове олигозахариди и употребата им като хранителни съставки в пряка връзка с физиологичните им свойства и ефекта върху здравето на човека. Подробно са разгледани естествените и промишлените източници на олигозахариди и тяхното приложение като функционални добавки с цел подобряване качеството на храните.

Ключови думи: олигозахариди, хранителни влакнини, пребиотичен ефект, храни.

Oligosaccharides in foods and nutrition

Assoc. Prof. Dr. Rositsa Enikova, PhD, Assis. Prof. Desislava Gyurova
Department „Analytical laboratory activities“, NCPHA, Sofia

Abstract

This work presents an overview of the main modern classes oligosaccharides and their use as food ingredients in direct relation to their physiological properties and effects on human health. A detailed examination of natural and synthetic sources of oligosaccharides is represented, as like their application as a functional additives to improve food quality.

Key words: oligosaccharides, dietary fiber, prebiotic effect, foods.

Олигозахаридите са въглехидрати с ниска молекулна маса – определят се като биополимери, съдържащи между 3 и 10, а според други автори 3 до 19 монозахаридни единици. Въщност не съществува рационална физиологична или химическа причина за поставяне на строги граници.⁴⁰ Въз основа на физиологичните свойства олигозахаридите се разделят на смилаеми или несмилаеми (разградими и неразградими). Концепцията за несмилаемите олигозахариди произтича от наблюдението, че определен въглероден атом (C1 или C2) от монозахаридните единици на някои хранителни олигозахариди притежава такава конфигурация, която прави съответните химични връз-

ки недостъпни за хидролитичната активност на човешките храносмилателни ензими.²⁹ Това обстоятелство дава основания те да бъдат причислени към хранителните влакнини. Основните категории на несмилаемите олигозахариди, понастоящем използвани като хранителни ингридиенти, включват въглехидрати, в които монозахаридният остатък е фруктоза, галактоза, глюкоза и/или ксилоза.

Несмилаемите олигозахариди са известни с факта, че промотират растежа на полезните бактерии в дебелото черво, главно видовете бифидобактерии, и по този начин са признати като пребиотици. Sako, Matsumoto и Tanaka³⁰ описват 13 класа несмилаеми олигозахариди,

Съединение	Молекулен строеж
Циклогекстрини	(Gu) <i>n</i>
Фруктоолигозахариди	(Fr) <i>n</i> -Gu
Галактоолигозахариди	(Ga) <i>n</i> -Gu
Генциоолигозахариди	(Gu) <i>n</i>
Глюкозилзахароза	(Gu) <i>n</i> -Fr
Изомалтоолигозахариди	(Gu) <i>n</i>
Изомалтулоза (палатиноза)	(Gu-Fr) <i>n</i>
Лактулоза	Ga-Fr
Лактозахароза	Ga-Gu-Fr
Малтоолигозахариди	(Gu) <i>n</i>
Рафиноза	Ga-Gu-Fr
Соеви олигозахариди	(Ga) <i>n</i> -Gu-Fr
Ксилоолигозахариди	(Xu) <i>n</i>

Табл. 1. Несмилаеми олигозахариди с бифидогенни функции, произведени с търговска цел. Ga – галактоза; Gu – глюкоза; Fr – фруктоза; Xu – ксилоза

които притежават бифидогенни функции и се произвеждат с търговска цел (табл. 1.).

Химичните разлики между тези несмилаеми олигозахариди включват дължина на веригата, монозахариден състав, степен на разклоняване и чистота. Въпреки че тези олигозахариди са съставени от най-малко три монозахаридни остатъка, лактулозата е дизахарид, който притежава подобни качества като олигозахаридите и поради тази причина спада към класа на олигозахаридите.⁵ По подобен начин ксилобиозата е съединение със степен на полимеризация, равна на 2, и се счита за ксилоолигозахарид, защото проявява технологични свойства и ефекти върху здравето, подобни на тези на ксилоолигозахаридите с по-висока степен на полимеризация.³⁸

Физиологични свойства на олигозахаридите

Употребата на олигозахаридите като хранителни съставки се дължи на редицата им физиологични свойства, полезни за здравето, и предизвиква голям интерес.

Едно от тези свойства е, че за разлика от шестето и простите захари, несмилаемите полизахариди не се използват от микрофлората на устната кухина. Поради това продукцията на киселини или полиглюкани (съединения, предизвикващи кариес) не се случва. Така несмилаемите олигозахариди могат да бъдат използвани като слабо предизвикващи кариес заместители на захарта в сладкарските продукти, дъвките, киселите млека и безалкохолните напитки.³⁸

Отсъствието на ензими у човека, способни да хидролизират β-връзките, сформиращи единици

те на някои монозахариди (фруктоза, галактоза, глюкоза и/или ксилоза), води до тяхната неусвояемост. Това качество прави несмилаемите олигозахариди подходящи за употреба в сладкарските продукти, нискокалоричните храни и при храни, предназначени за пациенти с диабет.²⁷

Някои олигозахариди, устойчиви на храносмилателния процес в тънкото черво, достигат до слепото черво и се хидролизират едва в него до малки олигомери и мономери, които по-късно се метаболизират от един, няколко или повечето от видовете анаеробни бактерии. Този метаболитен процес, известен като ферментация, служи не само на бактериите за осигуряване на енергия за пролиферация, но и продуцира още газове (H₂O, CO₂, CH₄) и късоверижни мастни киселини като ацетат, пропионат, бутират и L-лактат. Въпреки че не снабдяват организма с монозахариди, несмилаемите олигозахариди са косвени енергийни субстрати и метаболитни регулатори.⁹ Количеството и типът на късоверижните мастни киселини, продуцирани в дебелото черво, зависи от типа на несмилаемите олигозахаридни субстрати, както и от състава на чревната флора.³⁰

Стомашно-чревният тракт е обилно населен с бактерии, предимно анаеробни. Преобладаващите по численост анаероби в дебелото черво са представени в табл. 2.

Тази микробна общност е твърде сложна както по отношение на броя на организмите, приблизително lg = 10–14, така и по своето разнообразие, с над 400–500 различни описани видове. Повечето от тези организми са нормални обитатели, обаче някои чревни видове могат да бъдат въввлечени в остри и хронични заболявания.^{15, 20, 42} Въз основа на химичната

Микробна група	Брой на клетките (lg/g суха маса)
Bacteroides	9.2–13.5
Eubacterium	5.0–13.3
Bifidobacterium	4.9–13.4
Clostridium	3.3–13.1
Lactobacillus	3.6–12.5
Ruminococcus	4.6–12.8
Peptostreptococcus	3.8–12.6
Peptococcus	5.1–12.9
Streptococcus (анаеробу)	7.0–12.3
Methanobrevibacter	7.0–10.3
Desulfovibrios	5.2–10.9

Табл. 2. Количества на преобладаващите анаероби в дебелото черво на човека⁴²

си структура, несмилаемите олигозахариди са субстрати, които могат да бъдат утилизирани от ограничено количество бактерии, стимулирайки по този начин техния растеж. Сред групата на бактериите в стомашно-чревния тракт *Bifidobacteria* и *Lactobacilli* до момента са тези, които най-много използват олигозахаридите, като се счита, че са единствените микроорганизми, които влияят благоприятно върху здравето на организма-гостоприемник.³

Степената, до която олигозахаридите ферментират, зависи от степента на полимеризация, захарните и гликозидните връзки, степента на разклоняване, взаимодействието между бактериите по време на ферментация, връзката между субстратните бактерии и ферментационните продукти, естеството на ферментация и захаролитичния капацитет. Според много автори^{3, 9, 12, 15, 27, 29, 30, 32, 40, 42} ферментацията на несмилаемите олигозахариди в слепото черво от бактериите, които присъстват, може да доведе до следните ефекти върху здравето:

1. Значителна промяна на чревната микрофлора, поради това, че олигозахаридите служат като субстрат за растеж и пролиферация на анаеробните бактерии, главно бифидобактериите, които инхибират растежа на гнилостните и болестотворните бактерии, присъстващи в дебелото черво.

2. Намаление на рН в дебелото черво и следователно във фекалиите, в резултат от производството на късоверижни мастни киселини. По-ниските рН стойности инхибират растежа на някои видове патогенни бактерии, като се насърчава растежът на бифидобактериите и на други млечнокисели видове.

3. Производство на нутриенти, такива като витамини (В1, В2, В6, и В12), никотинова и фолиева киселина.

4. Увеличаване на обема на фекалната екскреция, което е свързано с нарастване на броя на бактериите в резултат на значителна ферментация на несмилаеми олигозахариди.

5. Облекчение на запек, дължащо се на фекални пълнители и евентуално въздействие върху чревния мотилитет. Несмилаемите олигозахариди притежават ефекти, наподобяващи тези на класическите хранителни влакнини, и по същия начин имат коригиращ ефект при запек.

6. Крайните продукти от ферментацията на несмилаемите олигозахариди, късоверижните мастни киселини, се абсорбират ефективно и се използват от епителните клетки на дебелото черво в човека.

7. Инхибиране на диарийния синдром.

8. Защитен ефект срещу инфекции в стомашно-чревния, респираторния и урогениталния тракт, дължащо се на тяхната способност да инхибират адхезията на бактерии върху епителните повърхности.

9. Увеличаване на абсорбцията на различни минерали, като калций, желязо, магнезий, дължащо се на задължителния/отделителен капацитет на несмилаемите олигозахариди.

10. Полезен ефект върху възлехигратния и липидния метаболизъм, водещ до намаляване на холестерола, триглицеридите и фосфолипидните концентрации в кръвта, намалявайки по този начин риска от диабет и затлъстяване. Промените в концентрацията на серумния холестерол са свързани с промените в чревната микрофлора. Някои щамове, например на *Lactobacillus acidophilus*, усвояват холестерола, присъстващ в средата, докато други по всяка вероятност инхибират абсорбцията на холестерола през чревната стена.

11. Намаляване на риска от неоплазми, главно рак на червата.

Всички посочени по-горе ефекти благотворно засягат здравето на гостоприемника и това е причината несмилаемите олигозахариди да бъдат разглеждани като „функционални храни“,^{27, 29} дефинирани като „хранителни съставки, които засягат физиологичната функция на организма по целенасочен начин, така че да имат положителен ефект, което може своевременно оправдае здравните претенции“.²⁸

В допълнение, повечето от несмилаемите олигозахариди също се класифицират като пребиотици, защото те селективно стимулират растежа и/или метаболитната активност на щамовете бактерии, полезни за здравето, водят до подобрение в състава на микрофлората на дебелото черво и по този начин укрепване на здравето.^{5, 15, 29, 40}

Терминът „пребиотици“ е въведен за пръв път от Gibson & Roberfroid през 1995 г. и се дефинира като „несмилаеми хранителни съставки, които оказват положителен ефект

върху гостоприемника и селективно стимулират растежа и активността на ограничен брой бактерии в дебелото черво, чрез което се подобрява човешкото здраве". Пребиотиците са типични олигозахариди или комплекси от олигозахариди, които селективно се използват от бактериите-коменсали, включително тези видове, които играят положителна роля за човешкото здраве.

Някои автори считат, че полезните ефекти за здравето при прием на олигозахариди наподобяват ефекта на хранителните влакнини, тъй като те увеличават фекалния болус и намаляват транзитното време в стомашно-чревния тракт, подобряват контрола на глюкозата и модулират метаболизма на триглицеридите.^{9, 29, 33} Още повече, че несмилаемите олигозахариди показват някои предимства пред класическите хранителни влакнини, защото изискват по-ниска дневна доза и не причиняват диария, ако се консумират в препоръчителните дози. Те са леко сладки, нямат неприятна консистенция и вкус, напълно разтворими са във вода, физически стабилни са и лесно се включват в преработени храни и напитки.

Според Roberfroid & Slavin²⁹ оценката на приемливата доза е трудна, защото всеки индивидуален организъм има различно усещане за приемлив или неприемлив чревен дискомфорт. Например, консумация на галактоолигозахариди, по-висока от 20 г дневно, и консумация на фруктоолигозахариди, по-висока от 40 г дневно, е описана като предизвикваща диария.^{30, 36} От друга страна, при проучвания върху здрави субекти и такива с диабет, високи дози на изомалтоза, до 50 г дневно, са толерирани без следа от чревен дискомфорт.¹⁹ Дневният прием на γ -циклодекстрин се счита за достатъчен за настъпване на стомашно-чревен толеранс.

Ефективните бифидогенни дози изглеждат, са различни за различните видове олигозахариди. Въпреки това повечето олигозахариди са доказали, че увеличават броя на бифидобактериите в дебелото черво при дози <15 г на ден.⁹ Някои автори предполагат, че дневен прием от 10 г галактоолигозахариди е достатъчен да предизвика бифидогенен ефект. Дозите от други несмилаеми олигозахариди, необходими за появата на бифидогенен ефект, са сравними с тези на галактоолигозахаридите. За ксилоолигозахаридите, например, 2 г дневно се считат

за достатъчна доза за появата на бифидогенен ефект.^{12, 30} Rivero-Urgell & Santamaria-Orleans²⁷ докладват, че прием от фруктоолигозахариди между 2 г и 10 г на ден при възрастни действа като бифидогенен агент. Дневната доза, необходима за ефект от изомалтоолигозахариди, е между 8–10 г дневно.¹³

Естествени източници на несмилаеми олигозахариди

Различните видове несмилаеми олигозахариди могат да бъдат открити като естествени компоненти в млякото, меда, плодовете и зеленчуците, като лук, йерусалимски артишок, артишок, цикория, праз, чесън, банан, ръж, ечемик, козя брага, якон (южноамериканско растение, корените на които са особено богати на инулин). За повечето от тези източници концентрационният обхват е между 0.3% и 6% на свежо тегло; за цикория и козя брага тези стойности са между 5% и 10%, докато в йерусалимския артишок и якона стойностите достигат до 20%. Други примери за естествено съдържащи се несмилаеми олигозахариди са галактозилзахарозите рафиноза и стахиоза в зърната на соята и груги вариета и бобови семена, ксилоолигозахаридите в бамбука и галактозосъдържащите олигозахариди в млякото, по-специално в коластрата в свободна форма или като гликозюмати.⁴⁰

Специално аспарагусът, захарното цвекло, чесънът, цикорията, лукът, йерусалимският артишок, пшеницата, медът, бананите, ечемикът, доматиите и ръжта са специални източници на фруктоолигозахариди.^{2, 15, 32} Изомалтозата естествено се среща в меда, сок от захарна тръстика и продукти, получени от него, като меласа.¹⁹ Ксилоолигозахаридите се срещат естествено в бамбук, плодове, зеленчуци, плодове, мляко и мед.³⁸ Галактоолигозахаридите се срещат естествено в човешкото мляко и в по-малка степен в кравето мляко.³⁵ Галактоолигозахаридите са естествени водоразтворими глюкани.³⁵ Семена от бобови растения, леща, грах, боб, нахут, слез, комбинирани и горчица са богати на рафиноза.^{15, 31}

Нов източник на несмилаеми олигозахариди са полизахаридите в клетъчните стени на растенията. Такива растителни полизахариди често присъстват в големи количества в



богати на фибри продукти и отпадъци (трици, зърнени култури, плодове къспе, захарно цвекло, фибри в картофите, пресован шрот и маслодайни семена и вариба).

Олигозахаридите могат да се произвеждат и по промишлени методи. Индустралните производствени процеси представляват или екстракция на несмилаемите олигозахариди от естествените източници, или хидролиза на полизахариди, или ензимни и химични синтези на дизахаридни субстрати. С изключение на соевите олигозахариди и рафинозата (които се получават чрез директна екстракция) и лактулозата (която се произвежда от реакция на изомеризация), несмилаемите олигозахариди се произвеждат с използване на ензимни процеси. Те са или изградени от прости захари, като захароза и лактоза чрез ензимни трансгликозилирани реакции, или формираны чрез контролирана ензимна хидролиза на полизахариди, такива като нишесте и ксилан.³⁰ Тези процеси обикновено продуцират редица олигозахариди, различаващи се по степента си на полимеризация и понякога по мястото на гликозидните връзки.

Получаване на олигозахариди. Нови олигозахариди с пребиотичен потенциал

Получаването на нови олигозахариди е особено актуален въпрос. Водещо значение за синтез на нови олигозахариди днес имат ензимните технологии. Чрез ензимен синтез, при който регио- и стерео-специфичностите на реакциите могат да бъдат контролирани, олигозахаридите се произвеждат в широки гами.⁶ Настоящите предимства на глюкосинтезните-специфично-метилрала глюкозидази, които ефективно синтезират олигозахаридите, но не ги хидролизират, представляват обещаваща алтернатива за синтез на нови олигозахариди.²⁴ Областта на твърдофазния синтез на олигозахариди печели все повече внимание в последните години, защото „обездвижването“ на захарта значително подобрява възстановяването на продукта.³² Мащабното производство на олигозахариди или с помощта на глюкозилтрансферазни изолати от инженерни микроорганизми или цели клетки като ензимен източник може да промоти-

ра нова ера в сферата на възлехидратния синтез.⁹ Друга интересна сфера за производство на олигозахариди се явяват лигноцелулозните материали. Някои автори изказват мнение, че е възможно да се получат различни видове олигозахариди, използвайки тези материали като суровини.

Потенциалът на растителните клетъчни полизахариди като източник на нови пребиотични олигозахариди чрез използването на ензими започна да предизвиква все по-голям интерес.⁴⁰ Така например специфични гликанази могат да се прилагат за създаването на няколко нови олигозахариди от растителните клетъчни полизахариди.^{23, 37} Арабино-галакто-олигозахаридите могат да бъдат получени от соя посредством ендогалактанази; арабино-олигозахариди могат да бъдат извлечени от захарното цвекло посредством ендоарабинанази; рамногалактуроно-олигозахаридите могат да бъдат получени от ябълки посредством рамногалактуронази; арабиноксилоолигозахаридите – от пшеница посредством ксиланази; галактуроно-олигозахаридите – от полигалактуронова киселина чрез ендогалактуронази. Всички тези олигозахариди, с изключение на олигорамногалакторунонаниите и олигогалакторунаниите, ферментират под въздействието на бифидобактерии и проявяват пребиотичен ефект.²⁵ Цинамоил-олигозахаридите могат да бъдат продуцирани чрез хидролиза на пшенични трици и слама чрез ендоксианаза.¹⁸ Специфични олигозахариди могат да бъдат изолирани от *Gramineae* или от някои членове от рода *Caryophyllales* чрез лека киселинна хидролиза или чрез третиране с полизахаридни хидролизиращи ензими.¹⁴ Глюкоолигозахаридите, идващи от целулозата; арабиноолигозахаридите, идващи от арабинозата; наред с ксилоолигозахаридите, могат да бъдат получени чрез автохидролиза на оризови и ечемичени люспи.^{10, 39} Целоолигозахаридите, които са съставени от 1,4-свързани β -D-глюкопиранозни остатъка, могат да бъдат приготвени чрез киселинна катализна хидролиза на целулоза, последвана от фракциониране/пречистване на крайната течна фаза.¹

Биотехнологията при зърнените култури чрез ензимни реакции или чрез ферментация също може да произведе широка гама от олигозахариди с потенциални пребиотични свойства. Присъстващата при зърнените култури α -ами-

лаза може да хидролизира желатинизираните нишестени гранули, като различните получени фракции на олигозахаридите последващо могат да бъдат разделени и тествани.⁴ Глюкоолигозахаридите също могат да бъдат произведени от целобиоза посредством трансглюкозилационни реакции, катализирани от β -глюкозидаза-ензим, получен от клетъчните стени на дрожди.²² β -глюко-олигозахаридите могат да бъдат произведени чрез ензимни хидролизи на β -D-глюкана на овесени трици, чрез действието на ендо- β -глюканаза II-ензим. Тези олигозахариди са показали, че подобряват растежа на млечнокиселите бактерии и тяхната употреба като пребиотици се препоръчва.¹⁷

През последните няколко години бяха широко проучени също олигозахаридите от растения и водорасли. Това са олигоглюкани, олигоцитозани, олигогалактуронати, наричани още олигозахарини (oligosaccharins).⁷ Сред тях цитозан-олигозахаридите могат да бъдат произведени чрез частична хидролиза на цитозан, от които пентамерите и хексамерите са получени като междинни продукти от реакцията. Доказаните здравни ползи от цитозан-олигозахаридите се изразяват в: понижаване на холестерола в кръвта; понижаване на високото кръвно налягане; защитни ефекти срещу инфекции; контролиране на артритата и подобряване на антитуморните качества.^{16, 21}

Алгал-олигозахариди могат да бъдат получени чрез много методи, включващи водна екстракция, екстракция с етанол, киселинна и ензимна хидролиза, което води до получаването на различни продукти с различни активности. Специален ензим хидролизира агара – агароза, установена в някои морски мекотели. Ензимът се продуцира и от някои бактериални родове, включващи *Cytophaga*, *Vibrio*, *Streptomyces*, *Alteromonas*, *Pseudoalteromonas*, and *Pseudomonas*. Повечето от тези бактерии са изолирани от морски среди, докато само някои от тях са изолирани от реки, горещи извори, почва и канализация.⁴¹

Бъдещо охарактеризиране на тези олигозахариди относно техния ефект в редица биологично активни тестове и тяхната ферментация от човешката микрофлора ще бъдат индикатор дали могат да бъдат използвани като пребиотици.

Приложения на несмилаемите олигозахариди

Редица несмилаеми олигозахариди през последните десетилетия са признати като функционални хранителни съставки, а техните промишлени приложения непрекъснато нарастват. Основното им приложение е фокусирано в напитки, (плодови напитки, кафе, какао, чай, сода, напитки за здравето и алкохолни напитки), млечни продукти, (ферментирало мляко, инстантни прахове, мляко на прах, сладолед), пробиотични кисели млека и синбиотични продукти (съдържащи смес от пробиотици и пребиотици, които оказват благоприятен ефект чрез подобряване на оцеляването и имплантирането на живи микробни хранителни добавки в стомашно-чревния тракт, чрез селективно стимулиране на растежа и/или активацията на метаболизма на един или ограничен брой здраве-промотиращи бактерии, и по този начин подобряване на общия здравен статус на човека.¹¹

Други текущи приложения на несмилаемите олигозахариди в хранителната индустрия включват десертите, като желеята, пудинги, сладкарски изделия, като бонбони, бисквити, зърнени закуски, шоколад и сладкиши, хляб, конфитюри и мармелади, и месни продукти, като рибна паста и паста тофу.⁴⁰

Детски храни и специални храни за хора в напреднала възраст или в болничното хранене са обещаващи примери на продукти за включването на галактоолигозахариди, тъй като тези индивиди са по-чувствителни към промени в чревната микрофлора.³⁰

Някои нехранителни приложения за олигозахаридите също са били предложени за лекарства, козметични и препарати за хигиена на устната кухина.⁵ Несмилаемите олигозахариди също така могат да бъдат използвани в храните за животни, както и в козметиката като стабилизатори, пълнители, имуностимулиращи агенти или пребиотични ингридиенти.²⁶ Лактулозата, например, понастоящем се използва като фармацевтичен продукт, контролиращ запек и някои енцефалопатии по говедата.³¹ Изомалтоолигозахаридите са били използвани за третиране на хроничен запек и хипергликемия, явяваща се като усложнение при приложението на хемодиализа.¹³



Циклогекстрините се използват в храни, козметика, опазване на околната среда, опаковане и текстилната промишленост. Те също така намират приложение в третирането на води за увеличение на стабилизиращото действие, капсулиране и адсорбция на замърсители. В козметичните препарати (зъбни паста, обезмаслени кремове, течни и твърди омекотители на тъкани, хартиени кърпи, тъкани) също се влагат циклогекстрини.^{8, 35}

Заклучение

Олигозахаридите са функционални хранителни съставки, притежаващи висок потенциал за подобряване на качеството на много храни.

Всъщност в днешно време несмилаемите олигозахариди са признати като хранителни съставки, притежаващи свойствата на хранителни влакнини, които поддържат и подобряват баланса на чревните екосистеми, респ. човешкото здраве. Освен физиологичното възрастово намаляване на броя на бифидобактериите в червата, съвременникът ни е подложен на стрес и различни групи фактори, водещи до дисбиоза, обменни нарушения, намаляване на имунитета. Приемът на продукти или храни, съдържащи пробиотици, главно лактобацили и бифидобактерии, или хранителни добавки с бифидогенни фактори или пребиотици, които промотират растежа на полезните ендогенни бактерии в червата, е много полезно решение на този проблем. В този смисъл, синбиотичните здравословни хранителни продукти, съдържащи едновременно пробиотични лактобацили, бифидобактерии и пребиотични олигозахариди, са най-последните новости в хранително-вкусовата промишленост, обогатяващи възможностите на диетологичната практика.

Книзопис

- Akpar, O., McGorin, R.J., & Penner, M.H. Cellulose-based chromatography for cello oligosaccharide production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 54, 4144–4148.
- Aun, J.W. Fructooligosaccharides – occurrence, preparation and application. *Enzyme and Microbial Technology*, 1996, 19, 107–117.
- Bielecka, M., Biedrzycka, E., majkowska, A., Juskiewicz, J., & Wroblewska, M. Effect of non-digestible oligosaccharides on gut micro ecosystem in rats. *Food Research International*, 2002, 35, 139–144.
- 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*, 2002, 79, 131–141.
- Crittenden, R.G. and Plane, M.J. Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. *Trends in Food Science and Technology*, 1996, 7, 353–361.
- Crout, D.H.G., & Vic, G. Glycosidases and glycosyl transferases in glycoside and oligosaccharide synthesis. *Current Opinion in Chemical Biology*, 1998, 2, 98–111.
- Delattre, C., Michaud, P., Lion, J.M., Courtois, B., & Courtois, J. Production of glucuronan oligosaccharides using a new glucuronan lyase activity from a *Trichoderma* sp. strain. *Journal of Biotechnology*, 2005, 118, 448–457.
- Del Valle, E.M.M. Cyclodextrins and their uses: A review. *Process Biochemistry*, 2004, 39, 1033–1046.
- Delzenne, N.M., & Roberfroid, M.R. Physiological effects of non-digestible oli-

- gosaccharides. *Lebensmittel – Wissenschaft und-Technologie*, 1994, 27, 1–6.
- Garrote, G., Dominguez, H., & Parajo, J.C. Production of substituted oligosaccharides by hydrolytic processing of barley husks. *Industrial & Engineering chemistry research*, 2004, 43, 1608–1614.
- Gibson, G.R., & Roberfroid, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 1995, 125, 1401–1412.
- Gibson, R. Fibre and effects on probiotics (the prebiotic concept). *Clinical Nutrition Supplements*, 2004, 1, 25–31.
- Goulas, A.K., Fisher, D.A., Grimbale, G.K., Grandison, A.S., & Rastall, R.A. Synthesis of isomaltoligosaccharides and oligodextrins by the combined use of dextranase and dextranase. *Enzyme and Microbial Technology*, 2004; 35, 327–338.
- Ishii, T. Structure and functions of feruloylated polysaccharides. *Plant Science*, 1997, 127, 111–127.
- Johansen, H.N., Glitsø, V., & Knudsen, K.E.B. Influence of extraction solvent and temperature on the quantitative determination of oligosaccharides from plant materials by HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1996, 44, 1470–1474.
- Kim, S., & Rajapakse, N. Enzymatic production and biological activities of chitosan oligosaccharides (COS): A review. *Carbohydrate polymers*, 2005, 62, 357–368.
- Kontula, P., von Wright, A., & Mattila-Sandholm, T. oat bran β -gluco- and xylo-oligosaccharides as fermentative substrates for lactic acid bacteria. *International journal of Food Microbiology*, 1998, 45, 163–169.
- Lequart, C., Nuzillard, J., Kurek, B., & Debeire, P. Hydrolysis of wheat bran and straw by an endoxylanase: Production and structural characterization of cinnamoyl – oligosaccharides. *Carbohydrate research*, 1999, 319, 102–111.
- Lina, B.A.R., Jonker, D., & Kozianowsky, G. Isomaltulose (Palatinose). A review of biological and toxicological studies. *Food and Chemical Toxicology*, 2002, 40, 1375–1381.
- Manning, T.S., & Gibson, G.R. *Best Practice and Research Clinical Gastroenterology*, 2004, 18, 287–298.
- Ming, M., Kuroiwa, T., Ichikawa, S., sato, S., & Mukataka, S. Production of chitosan oligosaccharides by chitosinase directly immobilized on an agar gel-coated multidisk impeller. *Biochemical Engineering Journal*, 2006 28, 289–294.
- Onishi, N., & Tanaka, T. Purification and properties of a galacto- and gluco-oligosaccharide-producing β -glucosidase from *Rhodotorula minuta* IF0879. *Journal of fermentation and Bioengineering*, 1996, 82, 439–443.
- Oosterveld, A., Beldman, G., & Voragen, A.G.J. Enzymatic modification of pectic polysaccharides obtained from sugar beet pulp. *Carbohydrate Polymers*, 2002, 48, 439–443.
- Perugino, G., Trincone, A., Rossi, M., & Moracci, M. Oligosaccharide synthesis by glycosynthases. *Trends in Biotechnology*, 2004, 22, 31–37.
- Rastall, R.A., & Maitin, V. Prebiotics and synbiotics: Towards the next generation. *Current Opinion in Biotechnology* 2002, 13, 490–496.
- Remaud-Simeon, M., Willemot, R., Sarcabal, P., Montalk, G.P., & Monsan, P. Glucansucrases: Molecular engineering and oligosaccharide synthesis. *Journal of Molecular catalysis B: Enzymatic*, 2000, 10, 117–128.
- Rivero-Urgell, M., & Santamaria – Orleans, A. Oligosaccharides: Application in infant food. *Early Human Development*, 2001, 65, S43–S52.
- Roberfroid, M.B. Functional effects of food components and the gastrointestinal system: Chicory fructooligosaccharides. *Nutrition Reviews*, 1996, 54, 538–542.
- Roberfroid, M. & Slavin, J. Nondigestible oligosaccharides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2000, 40, 461–480.
- Sako, T., Matsumoto, K. & Tanaka, R. Recent progress on research and applications of non-digestible galacto-oligosaccharides. *International dairy Journal*, 1999, 9, 69–80.
- Sanchez – Mata, M. C., Penuela – Tuero, M.J., Camara – Hurtago, M. et al. Determination of mono-, di-, and oligosaccharides in legumes by high performance liquid chromatography using an amino bonded silica column. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998, 46, 3648–3652.
- Sangeetha, P.T., ramesh, M.N., & Prapulla, S.G. Recent trends in the microbial production, analysis and application of fructooligosaccharides. *Trends in Food Science and Technology*, 2005, 16, 442–457.
- Santos, A.M.P. Síntese de oligossacarídeos a partir da sacarose por inulinase de *Kluyveromyces marxianus* var *bulgaricus*. Tese de doutorado, FFA/UNICAMP, 2002, 162.
- Seeberger, P.H., & Haase, W. Solid-phase oligosaccharide synthesis and combinatorial carbohydrate libraries. *Chemical Reviews*, 2002; 100, 4349–4393.
- Singh, M., Sharma, R., & Banerjee, V.C. Biotechnological applications of cyclodextrins. *Biotechnology advances*, 2002, 20, 341–359.
- Spiegel, J.E., Rose, R., Karabell, P., Frankos, V.H., Schmitt, D.F. Safety and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. *Food Technology*, 1994, 48, 85–89.
- Van Laere, K.M.J., Hartemink, R., Bosveld, M., Schols, H.A., & Voragen, A.G.J. Fermentation of plant cell wall derived polysaccharides and their corresponding oligosaccharides by intestinal bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48, 1644–1652.
- Vazquez, M.J., Alonso, J.L., Dominguez, H., & Parajo, J.C. Xylooligosaccharides: Manufacture and applications. *Trends in Food Science and Technology*, 2000, 11, 387–393.
- Vegas, R., Alonso, J.L., Dominguez, H., & Parajo, J.C. Processing of rice husk auto hydrolysis liquors for obtaining food ingredients. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 2004, 52, 7311–7317.
- Voragen, A.G.J. Technological aspects of functional food related carbohydrates. *Trends in Food Science & technology*, 1998, 9, 328–335.
- Wang, J., Jiang, X., Mou, H., & Guan, H. Antioxidation of agar oligosaccharides produced by agarase from a marine bacterium. *Journal of Applied Phycology*, 2004, 16, 333–340.
- Ziemer, C.J., & Gibson, G.R. An overview of probiotics, prebiotics and synbiotics in the functional food concept: perspectives and future strategies. *International Dairy journal*, 1998, 8, 473–479.