

ALIMENTAÇÃO FUNCIONAL COM FRUTO-OLIGOSSACARÍDEOS

Data de submissão: 08/03/2024

Data de aceite: 02/05/2024

Francieli Grose Colodi

Departamento de Bioquímica e
Biotecnologia
Universidade Estadual de Londrina – UEL
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/0526149344575898>

Gabrielly Terassi Bersaneti

Departamento de Bioquímica e
Biotecnologia
Universidade Estadual de Londrina – UEL
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3483974543924751>

Cristiani Baldo

Departamento de Bioquímica e
Biotecnologia
Universidade Estadual de Londrina – UEL
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8103146519423861>

Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi

Departamento de Bioquímica e
Biotecnologia
Universidade Estadual de Londrina – UEL
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8103146519423861>

RESUMO: A integridade da microbiota intestinal contribui para a resistência do hospedeiro a doenças infecciosas. Assim, alimentos funcionais, que incluem probióticos e prebióticos, proporcionam benefícios adicionais à saúde, além do seu valor nutricional. Prebióticos, geralmente, são compostos de baixa massa molecular, que regulam positivamente a composição e a atividade da microbiota, favorecendo, sobretudo, o predomínio de lactobacilos e bifidobactérias. Fruto-oligossacarídeos são oligômeros de frutose, com duas a nove unidades de frutose unidas por ligações glicosídicas β (2 \rightarrow 1), que não são metabolizadas por enzimas digestivas humanas. Os metabólitos resultantes da fermentação de prebióticos por bactérias probióticas estimulam a resposta imunológica e ajudam a reduzir danos vasculares do hospedeiro. O consumo diário de produtos com fruto-oligossacarídeos pode melhorar a intolerância à glicose e a resistência à insulina, aumentar os níveis de ácidos graxos de cadeia curta no intestino e reduzir a hiper permeabilidade e marcadores inflamatórios da mucosa intestinal. Os oligômeros de frutose são indicados na formulação de sorvetes, cremes e sobremesas, bebidas lácteas e

leites fermentados, além de elevar o conteúdo de fibras alimentares de barras de cereais e biscoitos. Ainda podem ser incorporados em filmes e revestimentos comestíveis, visando o aumento da vida de prateleira de alimentos perecíveis. Assim, biomoléculas ativas permitem a produção de produtos funcionais capazes de promover a saúde humana e de contribuir para a cadeia de produção de alimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Prebióticos; Microbiota intestinal; Alimentos funcionais; Promoção da saúde; Tempo de prateleira.

FUNCTIONAL NUTRITION WITH FRUCTOOLIGOSACCHARIDES

ABSTRACT: The host's resistance to infectious diseases depends on the integrity of the gut microbiota. Therefore, functional foods, including prebiotics and probiotics, provide additional health benefits beyond its nutritional value. Prebiotics, comprise mainly low molecular compounds, which positively stabilize the composition and the activity of gut microbiota, supporting the prevalence of lactobacillus and bifidobacteria. Fructooligosaccharides are fructose oligomers, connected by $\beta(2\rightarrow1)$ linkages, which human enzymes are not able to split. The fermentation of prebiotics by probiotic bacteria produces molecules that stimulate the host's immune system, in addition to drop endothelial dysfunction. Daily consumption of fructooligosaccharides might improve glucose intolerance and insulin resistance, raise short chain fatty acids levels in the gut and reduce the hypersensitivity and the inflammatory markers from intestinal epithelial cells. Fructose oligomers are recommended for frozen desserts, dairy beverages and fermented milk, as well as to increase the fiber content of cereal bars and cookies. Additionally, fructooligosaccharides may be incorporated in edible films and coatings, aiming to extend shelf-life of perishable foods. Consequently, active biomolecules allow to assemble functional products, which are able to promote human health and contribute to food life cycle.

KEYWORDS: Prebiotics; Gut microbiota; Functional foods; Health promotion; Shelf-life.

INTRODUÇÃO

As tendências da indústria alimentícia e a busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis e com menores impactos ambientais trazem destaque aos ativos biológicos, que adicionam valor nutricional e tempo de vida útil aos alimentos. Assim, o mercado de alimentos investe cada vez mais em produtos naturais, que melhoram a qualidade de vida e oferecem benefícios à saúde dos consumidores, bem como agregam vantagens ao ciclo de vida dos alimentos.

Os alimentos funcionais evidenciam a relação entre saúde e alimento ao promover benefícios a saúde por meio do consumo de alimentos com moléculas bioativas, como ácidos graxos essenciais, carotenoides, fitoesteróis, moléculas prebióticas como os fruto-oligosacarídeos ou ainda microrganismos probióticos.

Prebióticos são compostos, geralmente, por carboidratos de baixa massa molecular, os quais não são metabolizados por enzimas digestivas humanas e, portanto, compõem

substratos seletivamente utilizados pelos microrganismos do hospedeiro. Deste modo, os prebióticos regulam positivamente a composição e a atividade da microbiota intestinal, conferindo benefícios à saúde humana.

Neste contexto, tem-se como objetivo abordar alimentos funcionais com propriedades prebióticas, destacando a utilização dos fruto-oligossacarídeos. As propriedades funcionais de alimentos adicionados de fruto-oligossacarídeos são descritas para alimentos processados e para alimentos *in natura* revestidos, os quais apresentam aumento da vida útil, vantagem importante ao ciclo de vida de alimentos perecíveis. Portanto, fruto-oligossacarídeos são capazes de agregar diferentes funcionalidades aos alimentos ao promover a saúde humana, por meio do estímulo da microbiota intestinal, bem como pelo aumento do tempo de prateleira dos alimentos, o que garante maior segurança ao consumidor.

ALIMENTOS FUNCIONAIS

O estilo de vida sedentário com dietas não nutritivas e a propensão a obesidade alteram o perfil da microbiota intestinal, a qual é representada por centenas de espécies bacterianas, que correspondem a 95% do número total de células do corpo humano. A integridade desta microbiota contribui de forma significativa para a resistência do hospedeiro a doenças infecciosas, portanto, a má alimentação pode levar a distúrbios metabólicos e ao mau funcionamento de múltiplos órgãos (BALLINI et al., 2023).

Neste contexto, os alimentos funcionais, incluem probióticos e prebióticos, e proporcionam benefícios adicionais à saúde além do seu valor nutricional. Probióticos, correspondem a microrganismos vivos que apresentam grande potencial na prevenção e tratamento de muitas doenças, enquanto prebióticos estimulam o crescimento e a atividade de microrganismos benéficos ao trato gastrointestinal (AYYASH; LIU, 2023).

Alimentos funcionais são capazes de exercer ação metabólica ou fisiológica, contribuindo para a saúde física e para a diminuição de morbidades crônicas; integram a alimentação usual e apresentam efeitos positivos em quantidades não tóxicas, perdurando mesmo após suspensão de sua ingestão (BERNARDES et al., 2010).

Uma vez que apresentam em sua composição substâncias bioativas, estes alimentos também auxiliam no funcionamento fisiológico e metabólico, trazendo benefícios tanto para a saúde física quanto mental, além de prevenir o surgimento de doenças crônicas degenerativas (HENRIQUE et al., 2018).

A ideia de alimento funcional surgiu inicialmente em 1920 através da utilização do iodo como meio de prevenção e tratamento para o bócio, apresentando assim, uma ação fisiológica além da função de nutrir. Contudo, o conceito regulamentado de alimento funcional foi utilizado pela primeira vez no final da década de 1980, no Japão, em virtude da crescente incidência das doenças crônicas não transmissíveis na população japonesa, principalmente entre os idosos (BIANCO, 2008; SANTOS, 2011).

O interesse por alimentos considerados funcionais tem aumentado como consequência do conhecimento sobre a relação do alimento com a saúde, além do aumento das comprovações científicas sobre suas funcionalidades, que agregam as vantagens da prevenção em detrimento ao tratamento e cura das doenças (VIDAL et al., 2012; VIALTA, MADI, 2018). Assim, cresce a preferência dos consumidores por uma alimentação saudável, pois alimentos funcionais são ricos em nutrientes e fortalecem o organismo, nutrindo e promovendo a saúde (SILVA, ORLANDELLI, 2019).

As alegações funcionais e de saúde permitidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estão associadas à presença de ácidos graxos (família ômega 3), carotenoides (licopeno, luteína, zeaxantina), fibras alimentares (beta-glucana, dextrina resistente, goma guar, inulina, lactulose, polidextrose, psillium, quitosana e fruto-oligosacarídeos), fitoesteróis, polióis (manitol, xilitol, sorbitol) e microrganismos probióticos (BRASIL, 1999, 2002).

A ANVISA define propriedade funcional e estabelece as diretrizes para sua utilização, bem como as condições de registro para as alegações (COSTA; ROSA, 2016). As diretrizes da resolução nº 18, de 30 de abril de 1999 são: a alegação é permitida em caráter opcional; o alimento ou ingrediente, além de funções básicas, quando se tratar de nutriente que produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou benéficos à saúde, deve ser seguro sem supervisão médica. Para nutrientes com funções plenamente reconhecidas pela comunidade científica não é necessária a demonstração de eficácia ou sua análise para alegação funcional na rotulagem; as alegações podem fazer referências à manutenção geral da saúde (BRASIL, 1999).

Destaca-se que alimentos funcionais contribuem para a prevenção e tratamento de diversas doenças humanas. Pois suas propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e antitumorais, apontam para a diminuição do risco de diversas doenças potencialmente fatais, como doenças cardiovasculares, diabetes e câncer (PENG et al., 2020).

PREBIÓTICOS E SEUS BENEFÍCIOS À SAÚDE

A Associação Científica Internacional de Probióticos e Prebióticos (ISAPP) define prebióticos como substratos que são seletivamente metabolizados por microrganismos hospedeiros, conferindo benefícios à saúde (GIBSON et al., 2017). Frequentemente, os prebióticos são carboidratos de baixa massa molecular, os quais não são metabolizados por enzimas digestivas humanas e que regulam positivamente a composição e a atividade da microbiota intestinal (MOHANTY et al., 2018).

Para um componente alimentar ser classificado como prebiótico, ao menos três critérios são necessários: o substrato não pode ser hidrolisado ou absorvido no estômago ou no intestino delgado; deve ser seletivo no crescimento de bactérias do intestino grosso, como as bifidobactérias, e a fermentação do substrato deve induzir efeitos benéficos

na luz intestinal do hospedeiro (PARRACHO, McCARTENEY, GIBSON, 2007). Assim, prebióticos têm sido empregados na produção de alimentos funcionais, proporcionando diversos efeitos à saúde, como redução dos níveis plasmáticos de lipídeos, triacilgliceróis, colesterol, insulina e glicose, além da diminuição da duração do trânsito gastrointestinal (FIGUEROA-ARRIAGA, 2017).

Dentre os prebióticos comercializados mundialmente destacam-se os fruto-oligossacarídeos, galacto-oligossacarídeos, oligossacarídeos derivados de amido e glicose, inulina e ainda oligômeros não baseados em carboidratos, como flavonoides derivados do cacau. O mercado mundial de prebióticos atingiu 7,99 bilhões de dólares em 2023 e estima-se que alcance 22,71 bilhões de dólares em 2032. O aumento no uso de prebióticos em alimentos e bebidas deve ser de aproximadamente 6,5% neste período, em função da crescente procura por alimentos funcionais (PRECEDENCE RESEARCH, 2023).

Prebióticos são utilizados pela indústria alimentícia como ingredientes em diferentes produtos como laticínios, confeitos, formulações alimentares para bebês, pães integrais, barras de cereais, chocolates, filmes e revestimentos comestíveis (ASHWINI et al., 2019; BERSANETI et al., 2019; DÁVILA et al., 2019). Este mercado estimula a inserção de novas indústrias, sendo que a produção de prebióticos emprega técnicas das áreas de biotecnologia, nanotecnologia e engenharia genética para melhorar a qualidade dos seus produtos (SOUSA et al., 2013).

O consumo regular de prebióticos e probióticos pode ser empregado na profilaxia de uma série de condições patológicas principalmente na área da gastroenterologia (CHERMESH; ELIAKIM, 2006). As bactérias probióticas são estimuladas por prebióticos, como fruto-oligossacarídeos, que chegam intactos no intestino. Ao fermentar estas frutanas, as bactérias benéficas são mais ativas do que as patogênicas. Assim, ácidos graxos de cadeia curta, como propionato, butirato e acetato, são sintetizados pelos microrganismos intestinais como produtos da fermentação dos fruto-oligossacarídeos (ENDERS et al., 2015).

Os ácidos orgânicos de cadeia curta contribuem na produção de energia celular para o cólon e suas células epiteliais. Este metabolismo desfavorece o crescimento de microrganismos patogênicos pela redução do pH de colonização e com isso fortalece o sistema imunológico, melhorando a síndrome do intestino irritável e a doença de Crohn (DAMIÃO, 2014; ASHWINI et al., 2019). O butirato produzido pode ser um modulador da cromatina, atuando como inibidor da proliferação celular no músculo liso vascular, responsável por doenças vasculares como a aterosclerose e hipertensão (RANGANNA et al., 2007).

Os prebióticos também proporcionam aumento do número de bactérias benéficas ao intestino humano, principalmente lactobacilos e bifidobactérias, que aumentam sua atividade metabólica através do fornecimento desses substratos (BIELECKA et al, 2002). Estas bactérias ajudam no equilíbrio da microbiota intestinal, reduzindo os efeitos das

doenças intestinais, inibindo a colonização por *Helicobacter pylori*, associado à gastrite, úlcera péptica e câncer gástrico. Por apresentarem atividade anti-inflamatória, as bactérias benéficas também estimulam a resposta imunológica e ajudam a reduzir danos vasculares, evitando a formação de coágulos e placas de ateroma (RAIZEL et al., 2011; VIDAL, 2012).

Fruto-oligossacarídeos também auxiliam na redução dos níveis de colesterol e na diminuição na síntese de triacilgliceróis no fígado, minimizando os riscos de doenças cardiovasculares (KORCZ, KERÉNYI, VARGA, 2018; DELZENNE, KOK, 1999). Adicionalmente, influenciam na redução da obesidade, uma vez que regulam a expressão de hormônios anoréxicos intestinais, como o peptídeo glucagon-1 e leptina, além da diminuição dos níveis de hormônios que atuam na gênese da obesidade, como a grelina (FARIAS et al., 2019). O aumento da absorção de cálcio também é efeito dos fruto-oligossacarídeos, o que melhora a densidade dos ossos (COUDRAY et al., 2003).

FRUTO-OLIGOSSACARÍDEOS

Frutanas são polímeros de frutose que podem ser incorporadas aos alimentos em função de suas propriedades funcionais como emulsionantes, estabilizantes, geleificantes e edulcorantes (FIGUEROA-ARRIAGA, 2017).

Fruto-oligossacarídeos (FOS) são oligômeros de frutose, nos quais unidades frutossil são ligadas por ligações glicosídicas $\beta(2\rightarrow1)$ a partir da unidade frutossil da sacarose, como a nistose (GF_3), composta por uma glicose ligada a três unidades frutossil. Portanto, FOS são polímeros de frutose com uma glicose terminal, o que os diferenciam de outros oligômeros de frutose (YUN, 1996).

Os principais fruto-oligossacarídeos incluem 1-cestose (GF_2), nistose (GF_3) e 1- β -frutofuranosil nistose (GF_4). Os 6^F-FOS são representados pela 6-cestose e apresentam unidades de frutose conectadas por ligações $\beta(2\rightarrow6)$. Enquanto, moléculas 6^G-FOS são classificadas como neoFOS (neocestose e neonistose), caracterizadas pela ligação $\beta(2\rightarrow6)$ entre a frutose e unidade glicosil de sacarose (Figura 1) (GUIO et al., 2012; LINDE et al., 2012).

O intermediário 6,6-nistose é formado a partir de 6-cestose e usado na formação de levana (SANTOS-MORIANO et al., 2015) (Figura 1). A levana é uma frutana que consiste em resíduos de D-frutose unidos por ligações glicosídicas $\beta(2\rightarrow6)$, podendo apresentar ramificações em $\beta(2\rightarrow1)$ (SRIKANTH et al., 2015).

Os fruto-oligossacarídeos podem ser utilizados em substituição ao açúcar em confeitos, gomas, bebidas, dentre outros, por não serem cariogênicos, não sofrerem cristalização ou precipitação. Adicionalmente, não deixam sabor residual e possuem baixo valor calórico, podendo ser consumidos por diabéticos (MUSSATTO; MANCILHA, 2007; YUN, 1996). Estudos demonstraram que os fruto-oligossacarídeos atuam na redução dos níveis plasmáticos de fosfolipídios, triacilgliceróis e colesterol, ajudam na absorção de cálcio e magnésio no intestino e auxiliam no tratamento da obesidade (KORCZ, KERÉNYI, VARGA, 2018; NUNES, GARRIDO, 2018; ASHWINI et al., 2019).

(BRASIL, 2016). Esses oligômeros são ingredientes ideais para a indústria de alimentos por permitirem aplicações em várias áreas. São indicados para formulações de sorvetes, cremes e sobremesas (SPERANZA et al., 2018; VALENCIA et al., 2016), em barras de cereais e biscoitos para elevar o conteúdo de fibras alimentares (SILVA, CONTI-SILVA, 2018; CELLIGOI et al., 2014), em bebidas lácteas e leites fermentados (DELGADO-FERNANDEZ et al., 2019). Adicionalmente, podem ser incorporados em filmes e revestimentos comestíveis, a fim de, aumentar a vida de prateleira dos produtos (BERSANETI et al., 2019; BAMBACE, ALVAREZ, MOREIRA, 2019), bem como podem ser empregados em produtos alimentares para animais (STRICKLING et al., 2000).

Segundo Xavier-Santos et al. (2019) os fruto-oligossacarídeos podem ser usados em produtos dietéticos como pudins, pois os prebióticos apresentam calorias reduzidas e melhoram a textura e propriedades sensoriais do produto. Outros produtos também podem ter em sua composição moléculas prebióticas, como barras de cereais com adição de fruto-oligossacarídeos microbianos. Celligo et al. (2014) desenvolveram uma barra de cereal acrescida de fruto-oligossacarídeos de *B. subtilis* natto e demonstraram que as barras adicionadas de FOS, quando comparadas com a barra sem o prebiótico, não apresentaram diferenças significativas na análise sensorial, indicando que esta molécula não influenciou no grau de apreciação do produto e ainda agregou valor nutricional.

Vários produtos alimentícios à base de água, como laticínios, molhos e sobremesas congeladas podem ter a gordura substituída por oligossacarídeos ou inulina. Na maioria das vezes 1 g de gordura pode ser substituída por 0,35 g de fruto-oligossacarídeos ou inulina (KUMAR, SRIPADA, POORNACHANDRA, 2018). Na fabricação de sorvetes, a adição dos oligossacarídeos prebióticos diminuiu significativamente a temperatura, o tempo de fusão e tempo de descanso da formulação, além de melhorar a leveza e o tamanho dos cristais de gelo. Assim, a substituição da gordura do leite por moléculas prebióticas em sorvetes constitui uma ótima opção no melhoramento dos aspectos nutricionais, além de permitir o desenvolvimento de alimentos funcionais (BALTHAZAR et al., 2017).

Os fruto-oligossacarídeos também são fortes inibidores da degradação do amido, o que os tornou úteis para a indústria de laticínios e panificação. Em produtos lácteos eles melhoram o crescimento das bactérias benéficas presentes no intestino (NOBRE et al., 2015).

De acordo com Ahmadi et al. (2019) o consumo diário de produtos com fruto-oligossacarídeos como prebióticos, pode melhorar a intolerância à glicose, resistência à insulina, aumentar os níveis de ácidos graxos de cadeia curta no intestino e reduzir marcadores inflamatórios da mucosa e a hiper permeabilidade intestinal.

Destaca-se também a utilização de fruto-oligossacarídeos como moléculas para revestimento de alimentos *in natura* ou alimentos perecíveis. A aplicação de coberturas comestíveis protetoras é uma tecnologia alternativa cada vez mais divulgada, e avaliada como um procedimento viável, para elevar a vida útil de frutos e hortaliças, processadas

ou não. Esses revestimentos visam apresentar uma atuação funcional e coadjuvante de embalagem, contribuindo para a preservação da textura e do valor nutricional do produto revestido, reduzindo assim, as trocas gasosas superficiais e a perda ou ganho excessivo de água (ASSIS, BRITTO, 2014).

Além disso, o revestimento pode prevenir a contaminação das frutas e hortaliças que leva à deterioração (como escurecimento, perda de sabor e textura, diminuição da qualidade das frutas e vegetais) apresentando riscos para os consumidores, devido à presença de microrganismos patogênicos (HARRIS et al., 2003).

Os revestimentos podem ser aplicados em diferentes frutas e hortaliças frescas que são altamente perecíveis. Perdas durante a colheita e pós-colheita são devido ao manuseio, transporte e armazenamento. Também há perdas consideráveis devido a microrganismos, insetos, respiração e transpiração, podendo chegar em até 50 % dependendo do produto (TIWARI, 2014).

Portanto, os revestimentos comestíveis desempenham um papel muito importante para minimizar estas situações (DHALL, 2013; YOUSSEF, ALI, EMAM, 2015). Dentre as frutas e hortaliças revestidas estão laranja, maçã, uva, cereja, mamão, limão, morango, manga, pêssego, entre outras, podendo-se encontrar a maçã, pêssego e pêra minimamente processados. E ainda hortaliças como tomate, pepino, pimentão, sendo cenoura, batata-doce e cebola, minimamente processadas (RAGHV, ARGARWAL, SAINI, 2016).

Além da proteção dos alimentos, revestimentos baseados em fruto-oligossacarídeos podem ser usados como prebiótico, pois promovem o crescimento celular de bactérias lácticas e produção de ácidos orgânicos. Alguns estudos avaliaram o potencial prebiótico de fruto-oligossacarídeos no crescimento microbiano e comprovaram que essa biomolécula pode ser metabolizada por linhagens de *Lactobacillus*, demonstrando ter uma eficiente ação prebiótica (SILVA et al., 2016). Bersaneti et al. (2019, 2017) incorporaram a nistose, um fruto-oligossacarídeo sintetizado pela enzima levanasacarase isolada de *Bacillus subtilis* natto, em revestimentos de amido-nistose e comprovaram o crescimento de cinco linhagens de bactérias lácticas, com apenas essa fonte de carbono, atestando o efeito prebiótico do filme com nistose.

A incorporação de fruto-oligossacarídeos em filmes comestíveis pode ser considerada uma alternativa econômica para ser utilizada na indústria alimentícia, resultando em um produto de maior valor agregado que pode ser utilizado para revestimento de frutas e vegetais frescos. Assim, o consumo diário de alimentos funcionais aumenta a ingestão de nutrientes que promovem a saúde e o equilíbrio da microbiota intestinal dos indivíduos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A demanda por melhores condições de saúde e bem-estar, produz a necessidade por novos produtos funcionais. Neste contexto, alimentos com propriedades funcionais podem ser obtidos a partir da incorporação de fruto-oligossacarídeos como moléculas prebióticas.

Fruto-oligossacarídeos microbianos podem ser usados em produtos dietéticos, pois apresentam calorias reduzidas e melhoram a textura e propriedades sensoriais dos alimentos. Adicionalmente, o consumo diário destes prebióticos pode melhorar a intolerância à glicose, resistência à insulina, aumentar os níveis de ácidos graxos de cadeia curta no intestino e reduzir marcadores inflamatórios da mucosa e a hiper permeabilidade intestinal, promovendo a saúde humana.

Filmes e revestimentos comestíveis geram uma atmosfera modificada no alimento, sendo também matrizes alternativas para incorporação de ingredientes ativos, como aromas, vitaminas, antimicrobianos, antioxidantes e prebióticos. Dentre os prebióticos, o fruto-oligossacarídeo nistose, tem se destacado pela indução do crescimento de probióticos, além de melhorar as propriedades mecânicas do revestimento ao qual está incorporado protegendo os alimentos, estendendo sua vida útil.

Assim, a indústria de alimentos e os consumidores podem se beneficiar com biomoléculas ativas, obtidas por processos biotecnológicos, para produção de produtos funcionais capazes de promover a saúde humana e de contribuir para a cadeia de produção de alimentos.

REFERÊNCIAS

AHMADI, S.; NAGPAL, R.; WANG, S.; GAGLIANO, J.; KITZMAN, D. W.; SOLEIMANIAN-ZAD, S.; SHEIKH-ZEINODDIN, M.; READ, R.; YADAV, H. Prebiotics from a corn and sago prevent high-fat diet-induced insulin resistance via microbiome-gut-brain axis modulation. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 67, p. 1-13, 2019.

ASHWINI, A.; RAMYA, H. N.; RAMKUMAR, C.; REDDY, K. R.; KULKARNI, R. V.; ABINAYA, V.; NEVEEN, S.; RAGHU, A. V. Reactive mechanism and the applications of bioactive prebiotics for human health: Review. **Journal of Microbiological Methods**, v. 159, p. 128-137, 2019.

ASSIS, O. B. G., BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Thechnology**. v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

AYYASH, M.; LIU, S-Q. Special Issue "Probiotics, Prebiotics and Functional Foods: Health Benefits and Biosafety". **Microorganisms**, 11(5):1218, 2023.

BALLINI, A.; CHARITOS, I.A.; CANTORE, S.; TOPI, S.; BOTTALICO, L.; SANTACROCE, L. About Functional Foods: The Probiotics and Prebiotics State of Art. **Antibiotics**, 12, 635, 2023.

BALTHAZAR, C. F.; SILVA, H. L. A.; VIEIRA, A. H.; NETO, R. P. C.; CAPPATO, L. P.; COIMBRA, P. T.; MORAES, J.; ANDRADE, M. M.; CALADO, V. M. A.; GRANATO, D.; FREITAS, M. Q.; TAVARES, M. I. B.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Assessing the effects of different prebiotic dietary oligosaccharides in sheep milk ice cream. **Food Research International**, v. 91, p. 38-46, 2017.

BAMBACE, M. S.; ALVAREZ, M. V.; MOREIRA, M. R. Prebiotic edible coatings with biopreservatives: Quality and safety of fresh apple cubes. **Journal of food process engineering**, v. 42, p. 12961-12971, 2018.

BASHOLLI-SALIHU, M.; KRYEZIU, T. L.; NEBIJA, D.; SALAR-BEHZADI, S.; VIERNSTEIN, H.; MUELLER, M. Prebióticos como excipientes para melhorar a estabilidade e a funcionalidade de *Bifidobacterium longum* ssp. *infantis* com potencial aplicação como simbióticos em alimentos e produtos farmacêuticos. **Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 74, p. 326-333, 2019.

BERNARDES, N. R.; PESSANHA, F. F.; OLIVEIRA, D. B. Alimentos Funcionais: Uma breve revisão. **Ciência e Cultura - Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB**. Barretos, v.6, n.2, p. 11-19, 2010.

BERSANETI, G. T.; BALDO, C.; CELLIGOI, M. A. P. C. Immobilization of levansucrase: strategies and biotechnological applications. **Journal of the Chilean Chemistry Society**, v. 64, n. 1, p. 4377-4381, 2019.

BERSANETI, G. T.; GARCIA, S.; MALI, M.; CELLIGOI, M. A. P. C. Evaluation of the prebiotic activities of edible starch films with the addition of nystose from *Bacillus subtilis* natto. **LWT - Food Science and Technology**, 116, 2019.

BERSANETI, G. T.; PAN, N. C.; BALDO, C.; CELLIGOI, M. A. P. C. Coproduction of fructooligosaccharides and levan by levansucrase from *Bacillus subtilis* natto with potential application in the food industry. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 184, p. 838-851, 2017.

BIANCO, A. L. A. **Construção das Alegações de Saúde para Alimentos Funcionais**. Brasília: Embrapa, 113, 2008.

BIELECKA, M.; BIEDRZYCKA, E.; MAJKOWSKA, A.; JUSKIEWICZ, J.; WRÓBLEWSKA, M. Effect of non-digestible oligosaccharides on gut microecosystem in rats. **Food Reserch International**, v. 35, p. 139-144, 2002.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução n. 2, de 07 de janeiro de 2002**. Aprova o regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional e ou de saúde. Brasília, DF, 2002.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução n. 18, de 30 de abril de 1999**. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de Alimentos. Brasília, DF, 1999.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alegações de propriedade funcional aprovadas**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-de-produtos-origem-vegetal/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/alegacoes-de-propriedade-funcional-aprovadas_anvisa.pdf. Acesso em 06/03/2024.

CELLIGOI, M. A. P. C.; SANTOS, D. A.; SILVA, P. B.; GARCIA, S.; PRUDENCIO, S. H.; VIGNOLI, J. A. Obtenção Biotecnológica de Frutooligosacarídeos (FOS): Otimização de Processos e aplicação em alimentos. 2014, Brasil. **Patente: Privilégio de Inovação**. Número do registro: BR1020140088270.

CHERMESH, I.; ELIAKIM, R. Probiotics and the gastrointestinal tract: where are we in 2005?. **World Journal of Gastroenterology**, v. 12, n. 6, p. 853-857, 2006.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2016.

COUDRAY, C.; TRESSOL, J. C.; GUEUX, E.; RAYSSIGUIER, Y. Effects of inulin-type fructans of different chain length and type of branching on intestinal absorption and balance of calcium and magnesium in rats. **European Journal Nutrition**, v. 42, p. 91–98, 2003.

DAMIÃO, A. O. in: NÓBREGA, F. J. **O que você quer saber sobre Nutrição: Perguntas e respostas comentadas**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2014. cap. 50, p. 827-843.

DÁVILA, I.; GULLON, B.; ALONSO, J. L.; LABIDI, J.; GULLON, P. Vine shoots as new source for the manufacture of prebiotic oligosaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v. 207, p. 34–43, 2019.

DELGADO-FERNANDEZ, P.; CORZO, N.; OLANO, A.; HERNANDEZHERNANDEZ, O.; MORENO, F. J. Effect of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria and physicochemical properties of yoghurts. **International Dairy Journal**, v. 89, p. 77–85, 2019.

DELZENNE, N.M.; KOK, N.N. Biochemical basis of oligofructose induced hypolipidaemia in animal models. **Journal Nutrition**, v. 129, p.1467–1470, 1999.

DHALL, R., K. Advance in edible coating for fresh fruits and vegetables: A review, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 53, pp. 435-450, 2013.

ENDERS, G. **O discreto charme do intestino: Tudo sobre um órgão maravilhoso**. São Paulo: Le Livros, 2015. 228 p.

FARIAS, D. P.; ARAÚJO, F. F.; NERI-NUMA, I. A.; PASTORE, G. M. P. Prebiotics: Trends in food, health and technological applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 23-35, 2019.

FIGUEROA-ARRIAGA, I. C. **Obtención de un producto de panificación enriquecido con fructanos de *Agave angustifolia* Haw y su evaluación en ratones en crecimiento**. 2017. 96 f. Tesis (Maestría em Ciências em Desenvolvimento de Produtos Bióticos) – Centro de Desenvolvimento de Produtos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Morelos, 2017.

FLOROWSKA, A.; KRYGIER, K.; FLOROWSKI, T.; DŁUŻEWSKA, E. Prebiotics as functional food ingredients preventing diet-related diseases. **Food & Function**, v. 7, p. 2147–55, 2016.

GIBSON, G. R.; HUTKINS, R.; SANDERS, M. E.; PRESCOTT, S. L.; REIMER, R. A.; SALMINEN, S. J.; SCOTT, K.; STANTON, C.; SWANSON, K.S.; CANI, P. D.; VERBEKE, K.; REID, G. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 14, p. 491, 2017.

GUIO, F.; RUGELES, L. D.; ROJAS, S. E.; PALOMINO, M. P.; CAMARGO, M. C.; SÁNCHEZ, O. F. Kinetic modeling of fructooligosaccharides production using *Aspergillus oryzae* N74. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 167, p. 142–163, 2012.

HARRIS, L., J. FARBER, J., N. BEUCHAT, L., R. PARIS, M., E. SUSLOW, T., V. GARRETT, E., H. BUSTER, F., F. Outbreak association with fresh produce. **Comprehensive Reviews in Food Science Food Safety** (Supplement), 2, pp. 78-141, 2003.

HENRIQUE, V. A.; NUNES, C. R.; AZEVEDO, F. T.; PEREIRA, S. M. F.; BARBOSA, J. B.; TALMA, S. V. Alimentos funcionais: aspectos nutricionais na qualidade de vida. **Aracaju, 1º Ed**, IFS, 57p., 2018.

KORCZ, E.; KERÉNYI, Z.; VARGA, L.; Dietary fibers, prebiotics, and exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria: potential health benefits with special regard to cholesterol-lowering effects. **Food & Function**, p. 1-10, 2018.

KUMAR, G. C.; SRIPADA, S.; POORNACHANDRA, Y. Status e perspectivas futuras de fruto-oligosacarídeos como nutraceuticos. In: **Papel da Ciência dos Materiais na Bioengenharia de Alimentos**. Academic Press, p. 451-503, 2018.

LINDE, D.; RODRÍGUEZ-COLINAS, B.; ESTÉVEZ, M.; POVEDA, A.; PLOU, F. J.; FERNÁNDEZ LOBATO, M. Analysis of neofructooligosaccharides production mediated by the extracellular β -fructofuranosidase from *Xanthophyllomyces dendrorhous*. **Bioresource Technology**, 109, 123–130, 2012.

MOHANTY, D.; MISRA, S.; MOHAPATRA, S.; SAHU, P. S. Prebiotics and synbiotics: Recent concepts in nutrition. **Food Bioscience**, 26, 152–160, 2018.

MUSSATTO, S., I. MANCILHA, I., M. Non-digestible oligosaccharides: A review. **Carbohydrate Polymers**, 68, 587–597, 2007.

NOBRE, C.; CERQUEIRA, M. Â.; RODRIGUES, L. R.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J. A. Production and extraction of polysaccharides and oligosaccharides and their use as new food additives. In: **Industrial Biorefineries & White Biotechnology**, p. 653–679, 2015.

NUNES, M. L.; GARRIDO, M. P. The obesity and the action of prebiotics, probiotics and symbiotics in intestinal microbiota. **Nutrição Brasil**, v. 17, p. 189- 196, 2018.

PARRACHO, H.; McCARTNEY, A.L.; GIBSON, G.R. Probiotics and prebiotics in infant nutrition. **Proceedings of Nutrition Society**, v. 66, p. 405-411, 2007.

PENG M, TABASHSUM Z, ANDERSON M, TRUONG A, HOUSER AK, PADILLA J, AKMEL A, BHATTI J, RAHAMAN SO, BISWAS D. Effectiveness of probiotics, prebiotics, and prebiotic-like components in common functional foods. **Compr Rev Food Sci Food Saf**. 19(4):1908-1933, 2020.

PRECEDENCE RESEARCH, 2023. **Prebiotic Ingredients Market, Report 2023-2032**. Disponível em: <https://www.precedenceresearch.com/prebiotic-ingredients-market>. Acesso em 06/03/2024.

RAGHV, P., K. ARGARWAL, N. SAINI, M. Edible coating of fruits and vegetables: a review. **International Journal of Scientific Research and Modern Education**, v. 1, p. 188-204, 2016.

- RAIZEL, R.; SANTINI, E.; KOPPER, A. M., FILHO, A. D. R. Efeitos do consumo de probióticos, prebióticos e simbióticos para o organismo humano. **Revista Ciência & Saúde**. Porto Alegre, v.4, p.66-74, 2011.
- RANGANNA, K.; MATHEW, O. P.; YATSU, F. M.; YOUSEFIPOUR, Z.; HAYES, B. E.; MILTON, S. G. Involvement of glutathione/glutathione S-transferase antioxidant system in butyrate-inhibited vascular smooth muscle cell proliferation. **The FEBS Journal**, v. 274, p. 5962–5978, 2007.
- SANTOS, F. L. Os alimentos funcionais na mídia: quem paga a conta. In: PORTO, C. M.; BROTAS, A. M. P.; BORTOLIERO, S. T. **Diálogos entre ciência e divulgação científica: leituras contemporâneas**. Salvador: EDUFBA, p. 199-210, 2011.
- SANTOS-MORIANO, P.; FERNANDEZ-ARROJO, L.; POVEDA, A.; JIMENEZBARBERO, J.; BALLESTEROS, A. O.; PLOU, F. J. Levan versus fructooligosaccharide synthesis using the levansucrase from *Zymomonas mobilis*: Effect of reaction conditions. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, 119, 18–25, 2015.
- SILVA, P. B.; GARCIA, S.; BALDO, C.; CELLIGOI, M. A. P. C. Prebiotic activity of fructooligosaccharides produced by *Bacillus subtilis* natto CCT 7712. **Acta Alimentaria, An International Journal of Food Science**, 2016.
- SILVA, T. F. DA.; CONTI-SILVA, A. C. Potentiality of gluten-free chocolate cookies with added inulin/oligofructose: Chemical, physical and sensory characterization. **LWT- Food Science and Technology**, v. 90, p.172–179, 2018.
- SILVA, V. S.; ORLANDELLI, R. C. Desenvolvimento de alimentos funcionais nos últimos anos: uma revisão. **Revista Uningá**, v. 56, n. 2, p. 182-194, 2019.
- SOUSA, R. C. P. et al. Tecnologia de bioprocesso para produção de alimentos funcionais. **Revista Agroambiente On-line**, v. 7, n. 3, p. 366-372, 2013.
- SPERANZA, B.; CAMPANIELLO, D.; MONACIS, N.; BEVILACQUA, A.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M. R. Functional cream cheese supplemented with *Bifidobacterium animalis* subsp. lactis DSM 10140 and *Lactobacillus reuteri* DSM 20016 and prebiotics. **Food Microbiology**, v. 72, p. 16–22, 2018.
- SRIKANTH, R.; REDDY, C. H. S.; SIDDARTHA, G.; RAMAIAH, M. J.; UPPULURI, K. B. Review on production, characterization and applications of microbial levan. **Carbohydrate Polymers**, v. 20, p. 102–114, 2015.
- STRICKLING, J.A. Evaluation of oligosaccharides addition to dog diets: influences on nutrient digestion and microbial populations. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.205-219, 2000.
- TIWARI, R. **Post-harvest diseases of fruits and vegetables and their management by biocontrol agents**, Department of Botany, University of Lucknow, Lucknow-226007, 2014.
- VALENCIA, M. S.; SALGADO, S. M.; ANDRADE, S. A. C.; PADILHA, V. M.; LIVERA, A. V. S.; STAMFORD, T. L. M. Development of creamy milk chocolate dessert added with fructo-oligosaccharide and *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 81. **LWT- Food Science and Technology**, v. 69, p. 104–109, 2016.

VIALTA, A. M.; MADI, L. F. C. O workshop ingredientes, alimentos processados funcionais e saúde no âmbito das atividades do Agropolo Campinas-Brasil. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 21, 2018.

VIDAL, A. M.; DIAS, D. O.; MARTINS, E. S. M.; OLIVEIRA, R. S.; NASCIMENTO, R. M. S.; CORREIA, M. G. S. Ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Ciências Biológicas e da saúde**. Aracaju, v.1, n. 15, p.43-52, 2012.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; TEIXEIRA, F. C. **Alimentos funcionais**: conceitos básicos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1Ed, 20p., 2010.

XAVIER-SANTOS, D.; BEDANI, R.; PEREGO, P.; CONVERTI, A.; SAAD, S. M. I. L. acidophilus La-5, fructo-oligosaccharides and inulin may improve sensory acceptance and texture profile of a synbiotic diet mousse. **LWT- Food Science & Technology**, v. 105, p. 329–335, 2019.

YOUSSEF, A., R., M. ALI, E., A., A. EMAM, H., E. Influence of postharvest application of some edible coating on storage life and quality attributes of novel Orange fruits during cold storage, **Int. Journal of Chemistry Tech. Research**, pp. 2189-2200, 2015.

YUN, J.W. Fructooligosaccharides – occurrence, preparation and application. **Enzyme and Microbial Technology**, v.19, p.107-117, 1996.