

## Frutooligosacarídeos e aplicação em produtos lácteos: uma revisão bibliográfica

Fructooligosaccharide and application in dairy products: a literature review

Fructooligosacáridos y aplicación en productos lácteos: una revisión de la literatura

Recebido: 25/04/2023 | Revisado: 07/05/2023 | Aceitado: 08/05/2023 | Publicado: 13/05/2023

### **Pedro Ivo Soares e Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6705-2321>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: pedroivosoares@hotmail.com

### **Suelma Ferreira do Oriente**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3151-7558>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: suelma\_oriente09@hotmail.com

### **Nayara Jessica da Silva Ramos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9225-6614>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: nayara.jessica03@gmail.com

### **Thaís Abrantes Souza Gusmão**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8640-7036>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: ta\_brantes@hotmail.com

### **Rennan Pereira de Gusmão**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7355-8078>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: rennangusmao@gmail.com

### **Resumo**

O frutooligosacarídeo (FOS) é um dos prebióticos mais relevantes da indústria de alimentos, além de contribuir nas características sensoriais do produto, também conferem benefícios à saúde do hospedeiro. O efeito do FOS é frequentemente associado aos seus efeitos benéficos a microbiota intestinal. Este estudo tem como objetivo conceituar os frutooligosacarídeos em termos de definição, inovação, tendências, impacto na saúde e aplicação em produto lácteos através de uma revisão bibliográfica integrativa. Foi utilizado estudos experimentais e não experimentais para ter uma compreensão completa sobre a temática proposta. A pesquisa foi realizada na base do ScienceDirect se restringindo a estudos de livre acesso publicados nos últimos cinco anos usando “fructooligosaccharides”, “FOS”, “healthy”, “dairy”, “milk” como palavras-chave. O estudo fornece evidências sobre a origem, inovação, tendências, impacto na saúde dos frutooligosacarídeos comprovando assim sua relevância e funcionalidade na indústria de alimentos, principalmente pelo foco atual em alimentos funcionais. Sendo assim, a adição dos frutooligosacarídeos em produtos lácteos se mostra viável, o que leva a busca de inovação e atualização de formulações associando o mesmo a outras substâncias benéficas para uma maior eficiência em termos nutricionais, sustentáveis e econômicos.

**Palavras-chave:** Alimento funcional; FOS; Inulina; Prebióticos.

### **Abstract**

Fructooligosaccharide (FOS) is one of the most relevant prebiotics in the food industry, in addition to contributing to the sensory characteristics of the product, it also confers benefits to the health of the host. The effect of FOS is often associated with its beneficial effects on the intestinal microbiota. This study aims to conceptualize fructooligosaccharides in terms of definition, innovation, trends, impact on health and application in dairy products through an integrative literature review. Experimental and non-experimental studies were used to have a complete understanding of the proposed theme. The search was performed on the ScienceDirect database and was restricted to open access studies published in the last five years using “fructooligosaccharides”, “FOS”, “healthy”, “dairy”, “milk” as keywords. The study provides evidence on the origin, innovation, trends, impact on health of fructooligosaccharides, thus proving their relevance and functionality in the food industry, mainly due to the current focus on functional foods. Therefore, the addition of fructooligosaccharides in dairy products is feasible, which leads to the search for innovation and updating of formulations, associating it with other beneficial substances for greater efficiency in nutritional, sustainable and economic terms.

**Keywords:** Functional food; FOS; Inulin; Prebiotics.

## Resumen

El fructooligosacárido (FOS) es uno de los prebióticos más relevantes en la industria alimentaria, además de contribuir a las características sensoriales del producto, también confiere beneficios a la salud del huésped. El efecto de FOS se asocia a menudo con sus efectos beneficiosos sobre la microbiota intestinal. Este estudio tiene como objetivo conceptualizar los fructooligosacáridos en términos de definición, innovación, tendencias, impacto en la salud y aplicación en productos lácteos a través de una revisión integrativa de la literatura. Se utilizaron estudios experimentales y no experimentales para tener una comprensión completa del tema propuesto. La búsqueda se realizó en la base de datos ScienceDirect y se restringió a estudios de acceso abierto publicados en los últimos cinco años utilizando como palabras clave “fructooligosaccharides”, “FOS”, “healthy”, “dairy”, “milk”. El estudio aporta evidencia sobre el origen, innovación, tendencias, impacto en la salud de los fructooligosacáridos, demostrando así su relevancia y funcionalidad en la industria alimentaria, principalmente debido al enfoque actual en los alimentos funcionales. Por lo tanto, es factible la adición de fructooligosacáridos en los productos lácteos, lo que conduce a la búsqueda de innovación y actualización de formulaciones, asociándolo con otras sustancias beneficiosas para una mayor eficiencia en términos nutricionales, sostenibles y económicos.

**Palabras clave:** Alimentos funcionales; FOS; Inulina; Prebióticos.

## 1. Introdução

A conscientização do consumidor, em relação aos efeitos da dieta na saúde humana, está mudando os padrões de consumo de alimentos convencionais para alimentos que promovem a saúde (Koirala, 2021).

Alimentos funcionais correspondem a “alimentos processados industrialmente ou naturais que, quando consumidos regularmente dentro de uma dieta diversificada, em níveis eficazes, têm efeitos potencialmente positivos na saúde além da nutrição básica”. Este grupo de alimentos inclui produtos com compostos bioativos naturalmente presentes, como antioxidantes, alimentos com substâncias bioativas, incluindo probióticos e alimentos convencionais aos quais foram adicionados prebióticos. A venda de alimentos funcionais tem aumentado exponencialmente em todo o mundo (Rodríguez et al., 2021; Cosme & Vilela, 2022).

Leite e produtos lácteos têm sido considerados como as principais fontes de nutrientes, por exemplo, proteínas, ácido linoleico conjugado, ácidos graxos especiais e vitaminas. Consumir três ou mais produtos lácteos por dia é propício para a ingestão de energia e nutrientes. Nas últimas décadas, a demanda por pequenos ruminantes tem aumentado, principalmente os derivados do leite caprino. Existem muitas diferenças entre a composição do leite caprino e o leite bovino. O leite caprino tem maior teor de fosfolipídios e menor glóbulo de gordura do que o leite bovino, o que torna o leite caprino mais fácil de ser digerido (Boudebouz et al., 2021; Shang et al., 2022; Leksir et al., 2019).

Sabe-se que os produtos prebióticos podem apresentar efeitos na saúde dos consumidores, dependendo do tipo e dosagem, distribuição do consumo ao longo do dia, duração do consumo e matriz alimentar. Além disso, os compostos prebióticos podem alterar positivamente as propriedades reológicas, físico-químicas e sensoriais dos produtos. Ainda assim, os efeitos dependem do tipo de prebiótico, matriz alimentar e concentração de prebiótico (Glibowski et al., 2020; Reimer et al., 2020; Da Silva et al., 2020).

Os fructooligosacáridos são carboidratos em sua maioria considerados prebióticos. Desempenham um papel fundamental no equilíbrio da microbiota intestinal e na saúde humana. Eles têm despertado um grande interesse pela indústria de alimentos, pois geralmente são empregados como ingredientes que alteram a designação de alimentos para alimentos funcionais. Os fructooligosacáridos, de forma convencional, são produzidos pela reação de enzimas microbianas a partir de sacarose ou inulina como substratos. Vários estudos sobre a síntese de fructooligosacáridos têm sido realizados, buscando a otimização dos parâmetros de produção, o desenvolvimento de processos mais eficientes, os diferentes métodos de fermentação e novas fontes microbianas produtoras de enzimas (Gomes, 2019).

Sendo assim o estudo tem como objetivo conceituar os fructooligosacáridos em termos de definição, inovação, tendências, impacto na saúde e aplicação em produto lácteos através de uma revisão bibliográfica integrativa.

## 2. Metodologia

Uma das formas de realizar revisão bibliográfica é analisando os textos que compõem o estado da arte dos estudos de uma área, ou seja, as publicações mais recentes e avançadas desse campo. A revisão de literatura é um método adequado para sintetizar achados científicos sobre determinado tema específico, sem necessariamente abranger extensivamente um campo de estudos (Carvalho 2019; Ercole et al., 2014).

O método de revisão delimitado para esse estudo foi o de revisão bibliográfica narrativa. Nesse tipo de estudo, há liberdade quanto aos tipos de dados utilizados na pesquisa, não tendo restrição quanto as fontes. Sendo assim os artigos de revisão narrativa são publicações amplas, apropriadas par descrever e discutir o desenvolvimento ou "estado da arte" de um determinado assunto, sob ponto de vista teórico ou contextual (Rother, 2007).

A abordagem metodológica permitiu o uso de estudos experimentais e não experimentais para ter uma compreensão completa sobre a temática proposta. A pesquisa foi realizada na base do ScienceDirect se restringindo a estudos de livre acesso publicados entre os anos de 2019 e 2023 usando “fructooligosaccharides”, “FOS”, “healthy”, “dairy”, “milk” como palavras-chave.

Após a seleção dos estudos, conforme os critérios de inclusão definidos, foram realizadas nessa ordem: uma leitura exploratória para compreensão acerca do tópico de pesquisa definido, leitura seletiva, para uma coleta de dados mais definida; leitura interpretativa e construção da revisão bibliográfica.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Frutooligosacarídeos: conceito, tendência e inovação

O crescente interesse em ingredientes que promovem benefícios à saúde, ao mesmo tempo em que previnem o aparecimento de doenças, tornou-se evidente. Atualmente, os pesquisadores buscam descobrir e desenvolver novos produtos que ajudem a modular funções no organismo. Tais ingredientes podem modificar a microbiota intestinal, auxiliando ou modulando o bom funcionamento do organismo e podem estar presentes naturalmente nos alimentos ou adicionados em processos de fabricação (De Figueiredo, et al., 2020).

Os frutanos são categorizados como metabólitos à base de frutose com não mais do que uma glicose em sua estrutura. Esses compostos são encontrados em todos os reinos biológicos, exceto na animalia. Uma subclasse de frutanos, frutooligosacarídeos (FOS), são oligômeros lineares de D-frutose ligada a  $\beta$  (2-1) com um grau máximo de polimerização (DP) de 11. Devido ao seu peso molecular, podem ser consideradas na classe das moléculas pequenas, os FOS lineares têm duas séries:  $\alpha$ -D-glucopiranosil- $[\beta$ -D-frutofuranosil] $_n$ -1- $\beta$ -frutofuranosídeo (GF<sub>n</sub>) e  $\beta$ -D-frutofuranosil- $[\beta$ -D-frutofuranosil] $_m$ -1- $\beta$ -D-frutopiranosose (FmFp); a ligação frutossil-glicose é sempre  $\beta$  (2 $\leftrightarrow$ 1) e as ligações frutossil-frutose também são  $\beta$  (2  $\rightarrow$  1) (Salomé-Abarca et al., 2023; Versluys et al., 2018).

Naturalmente, os FOS estão presentes em diferentes matérias-primas ricas em inulina, como chicória, alcachofra, dália, aguamie, espargos, agave, entre outros. Estes podem ser produzidos por três métodos, nomeadamente: (i) extração de matérias-primas ricas em inulina (ii) produção enzimática inulina por endoinulinases e (iii) transfrutossilacção de sacarose por  $\beta$ -frutofuranosidases. Sua extração de matérias-primas ricas em inulina geralmente não é recomendada, devido ao alto custo de processamento a jusante e baixo rendimento do produto, o que torna o processo caro e trabalhoso. Por isso, a preparação dos FOSs é realizada pela ação hidrolítica das endoinulinases sobre a inulina ou pela transfrutossilacção da sacarose pelas  $\beta$ -frutofuranosidases (Singh, et al., 2020).

No processo de transfrutossilacção, as  $\beta$ -frutofuranosidases quebram as ligações presentes entre as moléculas de sacarose e transferem a frutose para o receptor de sacarose/FOSs. FOSs preparados por este método são de comprimento de

cadeia curta (DP <4) com  $\alpha$ -d-Glu(1→2)-[ $\beta$ -d-Fru(1→2)-]<sub>n</sub>, onde 'n' representa as unidades de frutose que varia entre 2 e 4. Enquanto, as endoinulinases hidrolisam as ligações internas da inulina para produzir FOSs de comprimento de cadeia longa (DP <9) com  $\beta$ -d-Fru(1→2)-[ $\beta$ -d-Fru(1→2)-]<sub>n</sub>, onde 'n' varia entre 1 e 9 e  $\alpha$ -d-Glu(1→2)-[ $\beta$ -d-Fru(1→2)-]<sub>n</sub>, onde 'n' varia de 2 a 9. No processo de transfrutoseilação, são produzidas grandes quantidades de subprodutos (sacarose não reagida, frutose e glicose geradas), o que aumenta o custo de purificação e diminui o rendimento do produto. Considerando que, alto rendimento (> 80%) de FOSs de inulina pura ou substratos ricos em inulina torna as endoinulinases uma alternativa preferível para a produção de FOSs. A síntese de FOSs por método químico não é viável em escala industrial, devido à sensibilidade química do substrato e produto de carboidratos. Além disso, a maioria dos catalisadores químicos são tóxicos e possuem baixa especificidade em relação a um substrato, o que limita seu uso em diversas indústrias alimentícias (Singh, et al., 2020).

Os frutanos também são considerados compostos multifuncionais, o que lhes confere diversas aplicações práticas na indústria como prebióticos, adoçantes, substitutos de gordura, entre outros. Assim, os FOS representam o grupo de oligossacarídeos mais comercializados no mercado (Santiago-García et al., 2021; Daniel et al., 2022; García-Villalba et al., 2022).

Os frutooligossacarídeos, podem ser aplicados como um substituto do açúcar e ingrediente funcional, com adição do mesmo tem-se a possibilidade de aumento da qualidade nutricional do produto. Frutooligossacarídeo de cadeia curta (SC-FOS), pode substituir os níveis de açúcar até 40 g/100g e pode ser utilizado para gestão de saúde e açúcar no sangue (Sudha, et al., 2022).

Quando consumidos, os FOS se comportam como fibras alimentares para o hospedeiro, pois são decompostos apenas por bactérias específicas no intestino posterior, dando origem a suas propriedades prebióticas. Os prebióticos são definidos como um substrato que é utilizado seletivamente pelos microrganismos hospedeiros, conferindo assim um benefício à saúde do hospedeiro (Swanson et al., 2020).

### 3.2 Impacto na saúde

A alimentação e o estilo de vida saudáveis ganham cada vez mais importância entre os principais fatores que impulsionam a preferência do consumidor. Alimentos funcionais, são ingredientes onde além de sabor, aroma, cor e características nutricionais; atributos adicionais que são benéficos para a saúde também transmite um valor agregado. Eles têm sido tradicionalmente associados à prevenção de doenças; no entanto, os benefícios para a saúde dos alimentos funcionais também abrangem uma ampla gama de áreas, incluindo saúde cerebral, inflamação, envelhecimento saudável e beleza, entre outras (Meltzer et al., 2021).

Os prebióticos são ingredientes alimentares não digeríveis que afetam o hospedeiro pela estimulação seletiva do crescimento e/ou de uma ou de um número limitado de bactérias no intestino e, assim, melhoram a saúde. Terapias prebióticas têm sido reconhecidas para o tratamento de doenças relacionadas ao intestino, como alívio da constipação, resistência à insulina, supressão da diarreia, obesidade e algumas doenças cardiovasculares associadas à dislipidemia. Para que um ingrediente alimentar seja considerado um prebiótico, ele deve resistir ao metabolismo gástrico e à hidrólise da atividade enzimática (Davani-davari et al., 2019; Ahmad et al., 2021).

Alimentos funcionais são produtos alimentícios essenciais que possuem propriedades promotoras de saúde para o tratamento de doenças infecciosas. Além disso, fornecem energia e nutrientes necessários para o crescimento e sobrevivência. Os frutooligossacarídeos desempenham um papel fundamental como ingredientes funcionais com grande potencial para melhorar a saúde em comparação com outros suplementos alimentares (Ojwach et al., 2022).

O design de produtos alimentícios que conferem propriedades promotoras da saúde está surgindo e há uma aceitação crescente de que alimentos funcionais podem levar à prevenção de doenças, bem-estar e tratamento. Idealmente, todos os

alimentos podem ser considerados funcionais se contiverem componentes que forneçam energia e nutrientes necessários para o crescimento e sobrevivência. Devido aos avanços e desejos na tecnologia de alimentos e às evidências científicas emergentes que ligam dieta a doenças, há uma necessidade de abordar o consumo de alimentos funcionais com propriedades promotoras de saúde além da nutrição básica. Os suplementos alimentares com propriedades promotoras da saúde auxiliam na manipulação e composição do intestino para um regime salutar (Ojwach, et al., 2022; Kandyliis, 2021; Colazzo et al., 2021; Davani-davari et al., 2019).

O frutooligossacarídeo (FOS) é um dos prebióticos mais importantes e conhecidos que conferem benefícios à saúde do hospedeiro. O efeito do FOS é frequentemente associado à modulação da abundância de micróbios intestinais. Os efeitos positivos na saúde humana após o consumo de FOS podem ser explicados por diferentes mecanismos, incluindo diminuição da atividade da enzima  $\beta$ -glucuronidase bacteriana envolvida na transformação de xenobióticos em metabólitos mais tóxicos; e aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente o ácido butírico, que é fonte de energia para os colonócitos; entre outros (Lu et al., 2021; Mellado-mojica et al., 2022).

Yuan et al (2021) pesquisaram raízes de bardana, que são ricas em frutooligossacarídeo do tipo inulina, em seus resultados constataram o efeito antidiabético além da redução dos níveis de triglicerídeos, colesterol total, colesterol de lipoproteína de baixa densidade, espécies reativas de oxigênio, malondialdeído e óxido nítrico sintetase.

O estudo de Lu et al. (2021) teve como objetivo explorar o efeito de modulação do FOS na via de metabolismo da tirosina em micróbios intestinais. Concluiu-se que o FOS inibiu a biossíntese de p-cresol em micróbios intestinais, regulando o metabolismo da tirosina mediado por micróbios intestinais.

No estudo de Zhang et al. (2020), descobriu-se que a suplementação de frutooligossacarídeos pode exercer um efeito antidepressivo por meio da prevenção do comprometimento da barreira intestinal e da neuroinflamação induzida pelo estresse crônico.

Fotschki et al. (2022) desenvolveram uma combinação de frutooligossacarídeos e preparação de polifenóis para investigar os efeitos na microbiota intestinal e na função hepática. A combinação reduziu consideravelmente a atividade cecal de enzimas microbianas e elevou a produção de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente o ácido propiônico. Também obteve efeito benéfico no status antioxidante total e a atividade da superóxido dismutase no sangue, além de elevar os níveis de metabólitos polifenólicos no fígado e melhorando o metabolismo lipídico.

Krug et al. (2019) tiveram como objetivo determinar os efeitos do consumo de frutooligossacarídeo e galactooligossacarídeo sobre as mudanças na microbiota gastrointestinal e marcadores biológicos e comportamentais de estresse entre adultos. Os resultados demonstraram que frutooligossacarídeo induzem alterações na microbiota gastrointestinal de adultos saudáveis.

Niu et al. (2023) estudaram o efeito do frutooligossacarídeo na colonização de *Lactobacillus rhamnosus* no intestino de camundongos, foi avaliado uma mudança na diversidade da microbiota intestinal e tendência ascendente no equilíbrio da microecologia intestinal, sendo assim, o frutooligossacarídeo exerceu efeito positivo.

Wang et al. (2020) investigaram frutooligossacarídeos dietéticos a partir de diferentes métodos de produção, tendo como objetivo interpretar o impacto das composições no metabolismo e crescimento de probióticos. Para as vias metabólicas e cinéticas, o efeito de promoção do crescimento do FOS sobre os probióticos estão diretamente relacionados com as estruturas e o grau de polimerização dos componentes.

De Cosmi et al. (2022) confirma que frutooligossacarídeos do leite humano são, de fato, cruciais para o desenvolvimento do intestino infantil e sua adição à fórmula infantil é segura, bem tolerada e pode fornecer benefícios imunológicos aos recém-nascidos.

Bis-Souza et al. (2020) para auxiliar o desenvolvimento de produtos cárneos inovadores e saudáveis utilizaram

frutooligossacarídeos e cepas probióticas *Lactobacillus paracasei* e *Lactobacillus rhamanosus* substituindo a gordura presente na formulação de salsicha espanhola, foram observados efeitos benéficos sendo considerada uma estratégia de reformulação bem-sucedida para o mercado de produtos cárneos.

Bis-Souza et al. (2020) no desenvolvimento de salame tipo italiano também utilizou cepas de *Lactobacillus casei* e frutooligossacarídeos como substitutos de gordura e obtiveram formulações com propriedades promissoras e apelo mais saudável.

Através dos estudos citados pode-se constatar a relevância e eficácia da utilização dos frutooligossacarídeos como prebióticos no desenvolvimento e formulação de alimentos de setores diversos da indústria trazendo assim contribuição benéfica na saúde dos consumidores.

### 3.3 Aplicação em produtos lácteos

Os produtos lácteos são alimentos amplamente consumidos em todo o mundo, sendo o setor lácteo o mercado de alimentos funcionais mais significativo com um crescimento projetado a nível global. Além disso, alguns autores mencionaram que o consumo regular de micróbios seguros e vivos confere propriedades promotoras de saúde para mitigar ou reduzir o risco de doenças (Ali et al., 2021; Di Marco et al., 2020).

Apesar dos conhecidos benefícios à saúde proporcionados pelos prebióticos, a adição desses ingredientes em produtos alimentícios, principalmente os polissacarídeos não digeríveis, pode alterar a estrutura e o comportamento reológico dos alimentos. A capacidade das fibras de alterar as propriedades texturais está ligada ao grau de polimerização/comprimento da cadeia, pois altera a solubilidade da fibra em água e a interação com outros compostos alimentares, como proteínas e outros polissacarídeos, que são responsáveis pela rede estrutural. Portanto, a adição de diferentes prebióticos pode alterar as propriedades de textura de vários produtos alimentícios (Guimarães, et al., 2020).

O enriquecimento do iogurte com prebióticos também é uma tendência que se tornou um componente comum nesse produto. Prebióticos como frutooligossacarídeo (FOS) podem melhorar as propriedades microbiológicas e físico-químicas deste produto e agregar benefícios à saúde (Clark et al., 2019; Pereira et al., 2021).

Pereira et al. (2021) desenvolveram iogurte skyr com adição de polpa de manga, frutooligossacarídeo e edulcorantes naturais, com o intuito de verificar aspectos relacionados às características físicas e sensoriais. a adição de frutooligossacarídeo teve impacto positivo na textura e sinérese do iogurte natural skyr.

Verde et al. (2022) ao desenvolverem achocolatado com frutooligossacarídeos em sua formulação, afirmam que os mesmos devem ser embalados em materiais com média ou alta barreira ao vapor de água para evitar alterações reológicas durante o armazenamento.

Hanlon et al. (2022) enfocam na adição de frutooligossacarídeos ou inulina ao processo de fabricação do queijo cheddar para avaliar os efeitos nas alterações microbianas e na composição físico-química. Este estudo demonstra que a suplementação prebiótica de queijo Cheddar resulta em diferentes características microbianas e químicas.

As propriedades microbianas e químicas do queijo são cruciais na indústria de laticínios para entender seus efeitos na qualidade do queijo. Os microrganismos dentro desta matriz de gordura, proteína e água são amplamente responsáveis pelas características físico-químicas e pela qualidade associada. Os prebióticos podem ser usados como fonte de energia para as bactérias do ácido láctico no queijo, alterando a comunidade microbiana e fornecendo o potencial para alimentos com valor agregado, com uma população probiótica mais estável (Hanlon et al., 2022).

Silva et al. (2023) avaliaram os efeitos de iogurtes caprinos formulados com ingredientes de valorização integral de produtos da uva isabel e frutooligossacarídeos no crescimento e metabolismo de diferentes cepas probióticas, bem como na população de grupos bacterianos selecionados e na atividade metabólica da microbiota colônica humana *in vitro*. Para os

autores os iogurtes caprinos com a presença de frutooligossacarídeos devem ser uma estratégia valiosa para o desenvolvimento de novos alimentos de valor agregado com efeitos benéficos na microbiota intestinal e na saúde humana.

Buran et al. (2021) aplicaram *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium bifidum* acompanhados de frutooligossacarídeo individualmente para desenvolver um kefir simbiótico de leite de bovino e caprino. Concluiu-se que com relação às contagens de probióticos e propriedades reológicas, enquanto o leite caprino suportou a sobrevivência dos probióticos, o leite bovino teve um efeito positivo no índice de consistência das amostras. Portanto, esses ingredientes que podem ser usados para fornecer efeito simbiótico em kefirs podem ser preferidos de acordo com o recurso direcionado para atender à satisfação do cliente, aprimorando os aspectos dos produtos, como reologia, sabor e conteúdo probiótico.

Os prebióticos aumentam a funcionalidade dos probióticos devido ao fato de melhorar a sobrevivência dos probióticos no intestino. Além disso, eles melhoram a imunidade do hospedeiro, aumentando a imunoglobulina A e regulando a produção de citocinas (Buran et al., 2021).

Ceylan e Atasoy (2022) estudaram a concentração de inulina e frutooligossacarídeo em filmes comestíveis à base de caseinato de sódio e seu uso para o revestimento de queijo processado fatiado. As aplicações de revestimento foram eficazes na redução da perda de peso e na preservação das propriedades de maciez e cor do queijo se mostrando assim viáveis para utilização.

Rubel et al. (2022) empregaram nessa pesquisa, inulina de tubérculos de alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus* L.) ou inulina comercial de raízes de chicória foram empregadas para o desenvolvimento de queijo ricota como matriz base para a liberação da cepa probiótica *Lactocaseibacillus paracasei*. Os resultados descreveram o sucesso da aplicação de inulina obtida de fonte vegetal alternativa, contribuindo para a diversificação de produtos lácteos funcionais.

Li et al. (2022) objetivaram com seu estudo avaliar os efeitos do iogurte suplementado com sete cepas probióticas e seis tipos de fibras alimentares incluindo frutooligossacarídeos na constipação funcional. Os resultados deste estudo mostraram que o iogurte pode potencialmente ser usado para o tratamento da constipação.

Sarwar et al. (2021) caracterizaram sorvete simbiótico elaborado com levedura probiótica *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 em combinação com inulina. A adição de inulina aumentou a viabilidade de *S. boulardii* CNCM I-745 no sorvete simbiótico após 120 dias de armazenamento. O sorvete simbiótico deste estudo representa um potencial novo produto funcional contendo levedura probiótica e inulina prebiótica.

Costa et al. (2019) avaliaram o efeito da adição de prebióticos (xilooligossacarídeo, galactooligossacarídeo, polidextrose, frutooligossacarídeo) nos parâmetros de qualidade do iogurte grego. A adição de frutooligossacarídeos resultou em produtos mais consistentes, elásticos, viscosos e firmes. Portanto o uso de FOS se mostrou uma alternativa tecnológica e interessante para a fabricação de iogurtes gregos prebióticos.

Kariyawasam et al. (2021) desenvolveram um iogurte simbiótico funcional enriquecido com *Lactobacillus brevis* e frutooligossacarídeos. A suplementação de probióticos ou frutooligossacarídeos não teve efeito adverso nas propriedades sensoriais. Esses resultados confirmaram que *L. brevis* e FOS podem ser usados na indústria de laticínios para melhorar os supostos benefícios à saúde e a qualidade dos produtos lácteos.

Moghiseh et al. (2021) estudaram as relações entre as propriedades químicas, texturais, reológicas e microestruturais de queijo mussarela com baixo teor de gordura incorporado com diferentes proporções de mistura inulina/kefir. Ao aumentar o teor de inulina, o teor de proteína e umidade foi aumentado e, como resultado, a capacidade de fusão foi reduzida. Embora as propriedades de textura da mussarela com baixo teor de gordura tenha sido completamente influenciadas pela incorporação de inulina e a dureza tenha aumentado, a menor elasticidade e a maior coesão do queijo foram alcançadas com alto nível de inulina, o que pode estar relacionado ao aumento de umidade e proteína.

Lund et al. (2022) desenvolveram uma fórmula infantil em pó com frutooligossacarídeo em sua composição através

de operações unitárias resultados promissores em relação a proporção de lactose e proteína do soro do leite.

O estudo de Langa et al. (2019) teve como objetivo testar a compatibilidade de duas cepas selecionadas de *Lactobacillus* com diferentes carboidratos prebióticos para desenvolver um queijo simbiótico. A inclusão de FOS no queijo pode ter um efeito benéfico ao aumentar a viabilidade da cepa probiótica no hospedeiro.

A pesquisa de Arzuaga (2021) investigou os efeitos dos sólidos totais na mistura úmida e temperatura de pasteurização na desnaturação da proteína de soro de leite, comportamento reológico, propriedades emulsificantes e teor de lisina disponível de uma fórmula de leite infantil, frutooligosacarídeos foram adicionados nas amostras apresentando influência na estabilidade e viscosidade do produto final.

Através dos estudos analisados pode-se constatar a viabilidade da adição de frutooligosacarídeos em produtos lácteos, pois quando submetidos a interação com substâncias probióticas é percebido o aumento na eficiência do produto final quanto a características nutricionais e consequentemente influenciando na saúde do consumidor.

#### 4. Considerações Finais

Sabe-se que o uso de prebióticos como frutooligosacarídeos aumentam a variabilidade da microbiota intestinal, o que é particularmente promissor. Abordagens biotecnológicas voltadas para a descoberta e avaliação de novas substâncias que potencialmente contribuam para a saúde humana no desenvolvimento de novos produtos alimentícios devem ser investigadas em estudos futuros.

O estudo fornece evidências sobre a origem, inovação, tendências, impacto na saúde dos frutooligosacarídeos comprovando assim sua relevância e funcionalidade na indústria de alimentos, principalmente pelo foco atual em alimentos funcionais. Sendo assim, a adição dos frutooligosacarídeos em produtos lácteos se mostra viável, o que leva a busca de inovação e atualização de formulações associando o mesmo a outras substâncias benéficas para uma maior eficiência em termos nutricionais, sustentáveis e econômicos.

Como sugestão para estudos futuros, pode ser analisado em pesquisas experimentais e não experimentais a relação entre os frutooligosacarídeos e substâncias probióticas focando na composição nutricional, demanda do mercado e impacto na saúde.

#### Referências

- Ahmad, A. M. R., Ahmed, W., Iqbal, S., Javed, M., & Rashid, S. (2021). Prebiotics and iron bioavailability? Unveiling the hidden association-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 584-590.
- Ali, M. A., Kamal, M. M., Rahman, M. H., Siddiqui, M. N., Haque, M. A., Saha, K. K., & Rahman, M. A. (2022). Functional dairy products as a source of bioactive peptides and probiotics: Current trends and future prospectives. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1263-1279.
- Arzuaga, M. R., Aalaei, K., da Silva, D. F., Barjon, S., Añón, M. C., Abraham, A. G., & Ahméd, L. (2021). Infant milk formulae processing: Effect of wet-mix total solids and heat treatment temperature on rheological, emulsifying and nutritional properties. *Journal of Food Engineering*, 290, 110194.
- Bis-Souza, C. V., Pateiro, M., Domínguez, R., Penna, A. L., Lorenzo, J. M., & Barretto, A. C. S. (2020). Impact of fructooligosaccharides and probiotic strains on the quality parameters of low-fat Spanish Salchichón. *Meat science*, 159, 107936.
- Bis-Souza, C. V., Penna, A. L. B., & da Silva Barretto, A. C. (2020). Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami with added fructooligosaccharides: in vitro screening and technological evaluation. *Meat Science*, 168, 108186.
- Boudebouz, A., Boudalia, S., Bousbia, A., Habila, S., Boussadia, M. I., & Gueroui, Y. (2021). Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 751, 141830.
- Buran, İ., Akal, C., Ozturkoglu-Budak, S., & Yetisemiyen, A. (2021). Rheological, sensorial and volatile profiles of synbiotic kefir produced from cow and goat milk containing varied probiotics in combination with fructooligosaccharide. *LWT*, 148, 111591.
- Carvalho, Y. M. (2019). Do velho ao novo: a revisão de literatura como método de fazer ciência. *Revista Thema*, 16(4), 913-928.

- Ceylan, H. G., & Atasoy, A. F. (2022). Optimization and characterization of prebiotic concentration of edible films containing *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12® and its application to block type processed cheese. *International Dairy Journal*, 134, 105443.
- Clark, S., Michael, M., & Schmidt, K. A. (2019). Rheological properties of yogurt: effects of ingredients, processing and handling. *Rheology of semisolid foods*, 203-229.
- Collazo, N., Carpena, M., Nuñez-Estevez, B., Otero, P., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2021). Health promoting properties of bee royal jelly: *Food of the queens*. *Nutrients*, 13(2), 543.
- Cosme, F., Inês, A., & Vilela, A. (2022). Consumer's acceptability and health consciousness of probiotic and prebiotic of non-dairy products. *Food Research International*, 151, 110842.
- Costa, M. F., Pimentel, T. C., Guimaraes, J. T., Balthazar, C. F., Rocha, R. S., Cavalcanti, R. N., ... & Cruz, A. G. (2019). Impact of prebiotics on the rheological characteristics and volatile compounds of Greek yogurt. *LWT*, 105, 371-376.
- da Silva, J. M., Klososki, S. J., Silva, R., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Freitas, M. Q., ... & Pimentel, T. C. (2020). Passion fruit-flavored ice cream processed with water-soluble extract of rice by-product: What is the impact of the addition of different prebiotic components?. *LWT*, 128, 109472.
- Daniel, M. G., Olivia, G. A., Cesar, G. H., Bertha, J. F., Isela, O. B. R., Maribel, R. A., ... & Fidel, M. G. (2022). Prebiotic effect of fructans from Agave salmiana on probiotic lactic acid bacteria and in children as a supplement for malnutrition. *Food & Function*, 13(7), 4184-4193.
- Davani-Davari, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, S. J., ... & Ghasemi, Y. (2019). Prebiotics: definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. *Foods*, 8(3), 92.
- De Cosmi, V., Mazzocchi, A., Agostoni, C., & Visioli, F. (2022). Fructooligosaccharides: from breast milk components to potential supplements. A systematic review. *Advances in Nutrition*, 13(1), 318-327.
- De Figueiredo, F. C., de Barros Ranke, F. F., & de Oliva-Neto, P. (2020). Evaluation of xylooligosaccharides and fructooligosaccharides on digestive enzymes hydrolysis and as a nutrient for different probiotics and *Salmonella typhimurium*. *LWT*, 118, 108761.
- Di Marco, M., Baker, M. L., Daszak, P., De Barro, P., Eskew, E. A., Godde, C. M., ... & Ferrier, S. (2020). Sustainable development must account for pandemic risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(8), 3888-3892.
- Ercole, F. F., Melo, L. S. D., & Alcoforado, C. L. G. C. (2014). Revisão integrativa versus revisão sistemática. *Reme: Revista Mineira de Enfermagem*, 18(1), 09-11.
- Fotschki, B., Wiczowski, W., Sawicki, T., Sójka, M., Myszczynski, K., Ognik, K., & Juśkiewicz, J. (2022). Stimulation of the intestinal microbiota with prebiotics enhances hepatic levels of dietary polyphenolic compounds, lipid metabolism and antioxidant status in healthy rats. *Food Research International*, 160, 111754.
- García-Villalba, W. G., Rodríguez-Herrera, R., Ochoa-Martínez, L. A., Rutiaga-Quiñones, O. M., Gallegos-Infante, J. A., & González-Herrera, S. M. (2022). Agave fructans: a review of their technological functionality and extraction processes. *Journal of Food Science and Technology*, 1-9.
- Gomes, R. (2019). Produção biotecnológica de fructooligosacarídeos: review. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, 10(25), 1-17.
- Glibowski, P., Skrzypek, M., Ćwiklińska, M., Drozd, M., & Kowalska, A. (2020). Chemical stability of fructans in apple beverages and their influence on chronic constipation. *Food & function*, 11(5), 3860-3866.
- Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Silva, R., Rocha, R. S., Graça, J. S., Esmerino, E. A., ... & Cruz, A. G. (2020). Impact of probiotics and prebiotics on food texture. *Current Opinion in Food Science*, 33, 38-44.
- Kandyli, P. (2021). Grapes and their derivatives in functional foods. *Foods*, 10(3), 672.
- Kariyawasam, K. M. G. M. M., Lee, N. K., & Paik, H. D. (2021). Synbiotic yoghurt supplemented with novel probiotic *Lactobacillus brevis* KU200019 and fructooligosaccharides. *Food Bioscience*, 39, 100835.
- Koirala, S., & Anal, A. K. (2021). Probiotics-based foods and beverages as future foods and their overall safety and regulatory claims. *Future Foods*, 3, 100013.
- Krug, A., Cannavale, C., Khan, N., & Holscher, H. (2019). The effect of prebiotic consumption on the gastrointestinal microbiota of healthy adults: A randomized, controlled, crossover trial (P20-015-19). *Current Developments in Nutrition*, 3(Supplement\_1), nzz040-P20.
- Langa, S., Van Den Bulck, E., Peirotén, A., Gaya, P., Schols, H. A., & Arqués, J. L. (2019). Application of lactobacilli and prebiotic oligosaccharides for the development of a synbiotic semi-hard cheese. *LWT*, 114, 108361.
- Leksir, C., Boudalia, S., Moujahed, N., & Chemmam, M. (2019). Traditional dairy products in Algeria: case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods*, 6(1), 1-14.
- Li, Y., Yu, Y., Wu, X., Liu, B., Ma, H., Zhao, X., ... & Zeng, Q. (2022). Applied nutritional investigation Specially designed yogurt supplemented with combination of pro-and prebiotics relieved constipation in mice and humans. *Nutrition*, 103, 111802.
- Lu, J., Li, J., Yin, J., Li, C., Zhang, S., Guo, J., & Duan, J. (2021). Fructooligosaccharide decreases the production of uremic toxin precursor through modulating gut microbes mediated tyrosine metabolism pathway. *Future Foods*, 4, 100069.
- Lund, P., Mardal, F., Ray, C. A., & Lund, M. N. (2022). Probing the cumulative effects of unit operations and lactose to whey protein ratios on protein modifications in powdered model infant formula. *International Dairy Journal*, 132, 105397.

- Mellado-Mojica, E., Calvo-Gómez, O., Jofre-Garfias, A. E., Dávalos-González, P. A., Desjardins, Y., & López, M. G. (2022). Fructooligosaccharides as molecular markers of geographic origin, growing region, genetic background and prebiotic potential in strawberries: A TLC, HPAEC-PAD and FTIR study. *Food Chemistry Advances*, 1, 100064.
- Melzer, T. M., Manosso, L. M., Yau, S. Y., Gil-Mohapel, J., & Brocardo, P. S. (2021). In pursuit of healthy aging: effects of nutrition on brain function. *International journal of molecular sciences*, 22(9), 5026.
- Moghiseh, N., Arianfar, A., Salehi, E. A., & Rafe, A. (2021). Effect of inulin/kefir mixture on the rheological and structural properties of mozzarella cheese. *International Journal of Biological Macromolecules*, 191, 1079-1086.
- Niu, Z., Zou, M., Bei, T., Zhang, N., Li, D., Wang, M., ... & Tian, H. (2023). Effect of fructooligosaccharides on the colonization of *Lactobacillus rhamnosus* AS 1.2466 T in the gut of mice. *Food Science and Human Wellness*, 12(2), 607-613.
- Ojwach, J., Adetunji, A. I., Mutanda, T., & Mukaratirwa, S. (2022). Oligosaccharides' production from coprophilous fungi: An emerging functional food with potential health-promoting properties. *Biotechnology Reports*, e00702.
- Pereira, C. T. M., Pereira, D. M., de Medeiros, A. C., Hiramatsu, E. Y., Ventura, M. B., & Bolini, H. M. A. (2021). Skyr yogurt with mango pulp, fructooligosaccharide and natural sweeteners: Physical aspects and drivers of liking. *LWT*, 150, 112054.
- Reimer, R. A., Soto-Vaca, A., Nicolucci, A. C., Mayengbam, S., Park, H., Madsen, K. L., ... & Vaughan, E. E. (2020). Effect of chicory inulin-type fructan-containing snack bars on the human gut microbiota in low dietary fiber consumers in a randomized crossover trial. *The American Journal of clinical nutrition*, 111(6), 1286-1296.
- Rodríguez, L. G. R., Gasga, V. M. Z., Pescuma, M., Van Nieuwenhove, C., Mozzi, F., & Burgos, J. A. S. (2021). Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. *Food Research International*, 140, 109854.
- Rother, E.T. (2007) Revisão sistemática X revisão narrativa. *Rev.Acta Paulista de Enfermagem*. 20(2),v-vi.
- Rubel, I. A., Iraporda, C., Manrique, G. D., & Genovese, D. B. (2022). Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) inulin as a suitable bioactive ingredient to incorporate into spreadable ricotta cheese for the delivery of probiotic. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 28, 100325.
- Salomé-Abarca, L. F., Márquez-López, R. E., Santiago-García, P. A., & López, M. G. (2023). HPTLC-based fingerprinting: An alternative approach for fructooligosaccharides metabolism profiling. *Current Research in Food Science*, 6, 100451.
- Santiago-García, P. A., Mellado-Mojica, E., León-Martínez, F. M., Dzul-Cauch, J. G., López, M. G., & García-Vieyra, M. I. (2021). Fructans (agavins) from *Agave angustifolia* and *Agave potatorum* as fat replacement in yogurt: Effects on physicochemical, rheological, and sensory properties. *LWT*, 140, 110846.
- Sarwar, A., Aziz, T., Al-Dalali, S., Zhang, J., ud Din, J., Chen, C., ... & Yang, Z. (2021). Characterization of synbiotic ice cream made with probiotic yeast *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 in combination with inulin. *LWT*, 141, 110910.
- Shang, J., Liu, N., Cheng, J., Gao, W., Sun, X., & Guo, M. (2022). Analysis and comparison of lipids in Saanen goat milk from different geographic regions in China based on UHPLC-QTOF-MS lipidomics. *Food Research International*, 157, 111441.
- Silva, F. A., do Egypto, R. D. C. R., de Souza, E. L., Voss, G. B., Pintado, M. M. E., & da Silva Vasconcelos, M. A. (2023). Ingredients from integral valorization of Isabel grape to formulate goat yogurt with stimulatory effects on probiotics and beneficial impacts on human colonic microbiota in vitro. *Food Science and Human Wellness*, 12(4), 1331-1342.
- Singh, R. S., Singh, T., & Kennedy, J. F. (2020). Enzymatic synthesis of fructooligosaccharides from inulin in a batch system. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 1, 100009.
- Sudha, M. L., Soumya, C., Saravanan, M., Madhushree, P., Singh, J., Roy, S., & Prabhasankar, P. (2022). Influence of short chain fructo-oligosaccharide (SC-FOS) on the dough rheological, microstructural properties and, bread quality during storage. *LWT*, 158, 113102.
- Swanson, K. S., Gibson, G. R., Hutkins, R., Reimer, R. A., Reid, G., Verbeke, K., ... & Sanders, M. E. (2020). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 17(11), 687-701.
- Verde, A. B., Alvim, I. D., Luccas, V., Júnior, L. M., & Alves, R. M. V. (2022). The influence of formulation and packaging material on the rheological properties of milk chocolate. *Applied Food Research*, 2(2), 100199.
- Versluys, M., Kirtel, O., Toksoy Öner, E., & Van den Ende, W. (2018). The fructan syndrome: Evolutionary aspects and common themes among plants and microbes. *Plant, Cell & Environment*, 41(1), 16-38.
- Wang, S., Pan, J., Zhang, Z., & Yan, X. (2020). Investigation of dietary fructooligosaccharides from different production methods: Interpreting the impact of compositions on probiotic metabolism and growth. *Journal of Functional Foods*, 69, 103955.
- Yuan, P. C., Shao, T. L., Han, J., Liu, C. Y., Wang, G. D., He, S. G., ... & Chen, K. S. (2021). Burdock fructooligosaccharide as an  $\alpha$ -glucosidase inhibitor and its antidiabetic effect on high-fat diet and streptozotocin-induced diabetic mice. *Journal of Functional Foods*, 86, 104703.
- Zhang, Y., Wang, P., Xia, C., Wu, Z., Zhong, Z., Xu, Y., ... & Liao, M. (2020). Fructooligosaccharides supplementation mitigated chronic stress-induced intestinal barrier impairment and neuroinflammation in mice. *Journal of Functional Foods*, 72, 104060.