



## **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS E FUNCIONAIS DE LATICÍNIOS SUPLEMENTADOS COM XILOOLIGOSSACARÍDEOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Makyson Roberto Silva Leal<sup>1</sup>

*makyson.leal@ufpe.br*

Paulo Antônio Galindo<sup>2</sup>

*paulo.gsoares@ufpe.br*

Maria das Graças Carneiro da Cunha<sup>2</sup>

*mgcc@ufpe.br*

Priscilla Barbosa Sales de Albuquerque<sup>1,3</sup>

*priscilla.albuquerque@upe.br*

<sup>1</sup> Instituto Keizo Assami – iLIKA, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

<sup>2</sup> Departamento de Bioquímica, Centro de Biociências, UFPE

<sup>3</sup> Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco - UPE

### **INTRODUÇÃO**

Xilooligossacarídeos (XOS) são produtos resultantes da hidrólise da xilana e caracterizados como oligômeros constituídos de unidades de xilose unidas através de ligações  $\beta$ -1,4 (Palaniappan *et al.* 2021) às quais grupos acetil, ácido fenólico e ácido urônico podem estar substituídos (Fuso *et al.* 2023). São extraídos naturalmente a partir de fontes renováveis e de baixo custo, como culturas agrícolas e seus resíduos; ainda, são considerados promissoras fontes aditivas em alimentos funcionais, dada à sua ação prebiótica já documentada (Valladares-Diestra *et al.* 2023).

O mercado global de alimentos funcionais, que projeta movimentar pouco mais de 8,54 bilhões de dólares americanos até 2025 (Statista, 2020), é um dos principais alvos de pesquisas na área de alimentos. Tais investigações ressaltam não só o papel primário dos alimentos como fonte energética, mas também alternativas capazes de proporcionar benefícios à saúde humana (Saqqa, 2021).

Os XOS têm ganhado destaque nas pesquisas da área de alimentos e da saúde devido à sua influência multifacetada na prevenção e controle de doenças crônicas não transmissíveis (Palaniappan *et al.* 2021). Quando incorporados em alimentos, os XOS podem aumentar o seu valor agregado não apenas com o desempenho de diferentes atividades biológicas, mas também aprimorando as características estruturais e sensoriais do alimento.

O leite e seus derivados são reconhecidos por sua composição multicomponente, nutritiva e biologicamente ativa, úteis em diversos processos bioquímicos e fisiológicos. As bebidas fermentadas à base de leite são consideradas veículos ideais para a incorporação de ingredientes bioativos (Jang, Lee, Paik, 2024). Esses efeitos promissores são alcançados principalmente pela ação das bactérias probióticas (incluindo seus metabólitos), que aumentam significativamente o potencial modulatório dos produtos lácteos.

Embora a combinação de XOS e probióticos em laticínios ainda seja pouco explorada, esta breve revisão tem como objetivo apresentar os principais resultados dos últimos 5 anos sobre a aplicação de XOS em produtos lácteos e sua influência sobre a estabilidade e as características tecnológicas, funcionais e sensoriais dos laticínios.

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

A estratégia de busca para esta revisão integrativa de literatura foi conduzida utilizando como palavras-chaves “Xylooligosaccharides”, “Xylo-oligosaccharides” e “Dairy” nas seguintes bases científicas: PubMed, Science Direct, Portal Capes, Lilacs e Scielo, durante os anos de 2020-2024. Foram contabilizados 100 artigos, dos quais somente 8 atenderam à temática pesquisada, foram revisados por pares e publicados em língua inglesa, espanhola ou portuguesa.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estabilidade

Os XOS demonstram estabilidade em uma ampla faixa de pH (2,5 - 8,0) e temperatura (até 100°C). Isso os torna vantajosos em comparação com outros oligossacarídeos. Em um estudo com bebidas à base de soro de leite tratadas com plasma frio, foram identificados XOS contendo de 2 a 6 unidades de xilose ligadas por ligações glicosídicas do tipo  $\beta$ -1,4. A xilose não foi detectada isoladamente, indicando ausência de hidrólise (Ribeiro *et al.* 2021).

A estabilidade cinética das bebidas enriquecidas com XOS e erva-doce não mostrou alterações químicas. Recentemente, o encapsulamento de XOS em matriz de polissacarídeos foi explorado. Ismail *et al.* (2023) encapsularam XOS em alginato de sódio e concentrado proteico de soro de leite para produzir iogurte batido. Essa abordagem resultou em alta eficiência de aprisionamento e proteção no suco gástrico simulado, possivelmente devido à formação de conjugados com proteínas do soro do leite.

### Características funcionais

Os XOS têm efeitos benéficos principalmente na microbiota intestinal. Combinações simbióticas com *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* (Wang *et al.* 2022) ou *Lactobacillus rhamnosus* e *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (Li *et al.* 2020) em bebidas fermentadas reduziram populações bacterianas indesejadas. A primeira formulação em específico também mostrou potencial no alívio da obesidade induzida por dieta hiperlipídica, incluindo redução do peso corporal, massa gorda e melhora da dislipidemia e inflamação relacionada à obesidade.

Iogurtes funcionais, contendo uma combinação de XOS e outros oligossacarídeos (como frutooligossacarídeos, inulina, polidextrose, galactooligossacarídeos e isomaltooligossacarídeos), restauraram a microbiota intestinal e aliviaram significativamente os sintomas relacionados à constipação em camundongos (Li *et al.* 2023). Adicionalmente, Ismail *et al.* (2023) provaram que o encapsulamento de XOS em uma mistura de alginato de sódio e concentrado proteico de soro de leite manteve a viabilidade do *L. acidophilus* durante a produção de iogurte batido.

Os benefícios comprovados dos XOS na saúde humana também incluem efeitos antioxidantes, anti-hipertensivos e antidiabéticos. Bebidas de soro do leite incorporadas com XOS e XOS com extrato de erva-doce exibiram alto teor de compostos fenólicos e potencial de inibição de radicais livres. Resultados que justificam o potencial de aplicação dessas bebidas no combate a doenças crônicas (Urangi *et al.* 2022; Ribeiro *et al.* 2021).

### Características tecnológicas

Apesar dos avanços nas aplicações tecnológicas de XOS em laticínios, ainda é necessário compreender como a incorporação desse aditivo pode afetar as propriedades macro e microestruturais da matriz láctea. Em um estudo sobre os efeitos do plasma frio (com tempos de exposição de 0, 5, 10 ou 15 min) na qualidade de bebidas de soro de leite (BS) com adição de XOS (1,5% p/v), Ribeiro *et al.* (2021) observaram que o tratamento com plasma frio no BS por 5 min resultou em um comportamento pseudoplástico, com aumento do índice de consistência (K) e viscosidade aparente. Coincidentemente, Urangi *et al.* (2022) observou uma característica emulsificante e estabilizante de XOS em BS incorporadas com o óleo de erva-doce. Foi sugerido que os resultados alcançados estavam relacionados à formação de conjugados de proteínas do soro do leite e XOS.

Semelhantemente, a suplementação de XOS (2,5g/100mL) ao iogurte resultou em uma rede macromolecular robusta, com um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) na tixotropia, na viscosidade e nas propriedades texturais (Li *et al.* 2023). Leddonado *et al.* (2021) observou algo semelhante em doces de leite incorporados com XOS (2,5g/100g). Sua alta coesividade proporcionou um menor desenvolvimento de cristais de lactose com o passar do armazenamento. Quando encapsulado à matriz de alginato (3:1 p/p), também demonstrou ser capaz de melhorar as propriedades reológicas da manteiga através de maiores ( $p < 0,05$ ) taxas de tensão de cisalhamento, viscosidade, índice de consistência e rigidez (J0) (Rosa *et al.* 2023).



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da estabilidade química dos XOS, bem como de seus comportamentos reológico, estrutural e bioativo estarem sendo investigados em laticínios, ainda há uma escassez de trabalhos nesse segmento de mercado. De fato, os XOS são oligossacarídeos que mostraram potencial para influenciar mudanças funcionais e estruturais positivas, tornando-se essencial no desenvolvimento de laticínios de alto valor agregado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alimentos Funcionais. Bebidas fermentadas. Prebióticos. Reologia. XOS.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE (processos: IBPG-0107-2.12/24 e APQ-1400-2.08/21).

## Referências

- FUSO, A. *et al.* DPPH radical scavenging activity of xylo-oligosaccharides mixtures of controlled composition: A step forward in understanding structure–activity relationship. **Journal of Functional Foods**, v. 101, 105417, 2023.
- ISMAIL, M. A. *et al.* The production of stirred yogurt fortified with prebiotic xylooligosaccharide, probiotic and synbiotic microcapsules. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 50, 2023.
- JANG, H. J., LEE, N-K., PAIK, H-D. Overview of Dairy-based Products with Probiotics: Fermented or Non-fermented Milk Drink. **Food Science of Animal Resources**, v. 44, n. 2, p. 255-268, 2024.
- LEDDOMADO, L. S. *et al.* Technological benefits of using inulin and xylooligosaccharide in dulce de leche. **Food Hydrocolloids**, v. 110, 2021.
- LI, C. *et al.* Probiotics, prebiotics, and synbiotics regulate the intestinal microbiota differentially and restore the relative abundance of specific gut microorganisms. **J Dairy Sci**, v. 103, n. 12, 2020.
- LI, D. *et al.* Effects of Different Prebiotics on the Gel Properties of Milk Protein and the Structural Features of Yogurt. **Gels**, v. 9, n. 11, 863, 2023.
- LI, Y. *et al.* Specially designed yogurt supplemented with combination of pro- and prebiotics relieved constipation in mice and humans. **Nutrition**, v. 103-104, 2022.
- RIBEIRO, K. C. S. *et al.* Impact of cold plasma on the techno-functional and sensory properties of whey dairy beverage added with xylooligosaccharide. **Food Research International**, v. 142, 110232, 2021.
- ROSA, M. C. *et al.* Impact of adding xylooligosaccharides encapsulated in butter: Microstructural, optical, rheological and sensory aspects. **Food Research International**, v. 170, 2023.
- SAQQA, G. S. R. A. Some functional foods and benefits of their bioactive components. **Journal of the Saudi Society for Food and Nutrition (JSSFN)**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2021.
- STATISTA. **Prebiotics market value worldwide from 2014 to 2025**. Acesso em: 03 de Agosto de 2024. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/1053702/prebiotics-market-value-worldwide/>>. 2020.
- URANGO, A. C. M. *et al.* Whey Beverage Emulsified System as Carrying Matrix of Fennel Seed Extract Obtained by Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction: Impact of Thermosonication Processing and Addition of Prebiotic Fibers. **Foods**, v. 11, n. 9, 2022.
- VALLADARES-DIESTRA, K. *et al.* The Potential of Xylooligosaccharides as Prebiotics and Their Sustainable Production from Agro-Industrial by-Products. **Foods**, v. 12, n. 14, 2681, 2023.
- WANG, C. *et al.* Effects of Fermented Milk Containing *Bifidobacterium animalis* Subsp. *lactis* MN-Gup (MN-Gup) and MN-Gup-Based Synbiotics on Obesity Induced by High Fat Diet in Rats. **Nutrients**, v. 14, n. 13, 2631, 2022.