

## **XILOOLIGOSSACARÍDEO: UMA VISÃO GERAL DOS BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE E APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS E SENSORIAIS EM PRODUTOS LÁCTEOS**

Mariana Cabral Rosa<sup>a</sup>, Adriano Gomes da Cruz<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Alimentos / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alimentos (IFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.

### **RESUMO**

Os xilooligosacarídeos (XOS) possuem grande potencial prebiótico por serem capazes de modular a microbiota intestinal. Sua utilização é interessante devido ao seu baixo custo de produção, estabilidade em ambientes ácidos e em altas temperaturas, por seu efeito prebiótico ser alcançado em baixas doses e por apresentar maior efeito bifidogênico comparado aos outros prebióticos. Seu consumo também está associado à atividade antioxidante, anti-hipertensiva e antidiabética. Podem ser utilizados como ingredientes em produtos lácteos para substituir a gordura, intensificar o aroma e o sabor, melhorando a aceitação sensorial. Portanto, a incorporação de XOS pode ser considerada uma alternativa tecnológica eficaz para a produção de produtos lácteos visando atender à nova demanda global por produtos promotores de saúde.

**Palavras-chaves:** Compostos bioativos, alimentos funcionais, laticínios.

## 1. INTRODUÇÃO

A tendência da indústria alimentícia nos próximos anos é o desenvolvimento de alimentos funcionais. Os produtos enriquecidos com compostos bioativos como os prebióticos estão sendo desenvolvidos devido aos seus efeitos benéficos à saúde para consumidores que buscam alimentação saudável e qualidade de vida (Silva et al., 2020). Prebióticos são substratos utilizados seletivamente por microorganismos hospedeiros que conferem benefícios à saúde associados à modulação da microbiota e podem ser incorporados em diversos produtos alimentícios (Gibson et al., 2017).

Os xilooligosacarídeos (XOS) são oligossacarídeos que possuem grande potencial prebiótico e podem ser incorporados como ingredientes em produtos alimentícios devido às suas propriedades organolépticas, competitividade de preço, maior estabilidade química em ambientes ácidos ( $\text{pH} < 4$ ) e em altas temperaturas (até  $100^{\circ}\text{C}$ ) e ainda maior efeito bifidogênico comparado aos outros prebióticos (Catenza & Donkor, 2021). Seus efeitos biológicos como prebiótico são alcançados com baixas doses e a ausência de efeitos colaterais gastrointestinais tornam viável a utilização do XOS em alimentos (Ferrão et al., 2018). De acordo com o estudo da Global Info Research (GIR), o mercado mundial de XOS deverá crescer 1,6% nos próximos anos, partindo de US\$ 21 milhões em 2021 e alcançando US\$ 33 milhões em 2028 (Marketresearch, 2022).

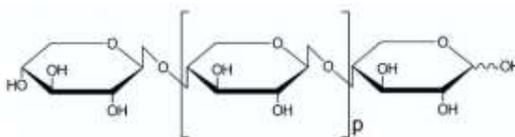
Os produtos lácteos, como iogurtes, bebidas à base de leite fermentado e queijos, são os alimentos mais estudados como veículos de componentes prebióticos (Farias et al., 2019). A aplicação de XOS como ingrediente prebiótico em produtos lácteos é crescente devido os benefícios tecnológicos, representando potencial na melhoria das características físico-químicas, reológicas e sensoriais desses produtos (Silva et al., 2020). Dessa forma, esta revisão da literatura teve como objetivo apresentar os benefícios à saúde relacionados ao consumo de XOS e suas aplicabilidades tecnológicas nos produtos lácteos.

## 2. XILOOLIGOSSACARÍDEOS (XOS)

Os XOS são oligossacarídeos contendo de 2 a 10 moléculas de xilose ligadas por ligações  $\beta$ -1,4 glicosídicas (Ribeiro et al., 2021). A estrutura química do XOS é mostrada na figura 1. São classificados como prebióticos emergentes e encontrados

naturalmente em brotos de bambu, frutas, vegetais, leite e mel (Carlson et al., 2017). Para a produção de XOS podem ser utilizados métodos químicos e enzimáticos, a partir de materiais lignocelulósicos compostos por xilana. As biomassas lignocelulósicas de bagaço de cana-de-açúcar, sabugo de milho e palha de trigo possuem alto teor e disponibilidade de hemiceluloses, que podem ser transformadas em oligossacarídeos compostos por unidades de xilose, sendo boas fontes para a produção de XOS. A utilização de resíduos lignocelulósicos tem sido valorizada por ser uma oportunidade de expandir a produção de XOS a partir de fontes naturais, reduzindo o descarte ambiental e apresentando menor custo (Poletto et al., 2020).

O XOS tem sido aplicado no desenvolvimento de novos produtos e como ingrediente em alimentos e bebidas devido às suas diversas propriedades, como a estabilidade química em ambientes ácidos ( $\text{pH} < 4,0$ ) e em altas temperaturas (até  $100^\circ\text{C}$ ). Um estudo avaliou a estabilidade química do XOS no suco de laranja submetido ao processamento com base na tecnologia do ultrassom de alta intensidade e verificou que o conteúdo de XOS foi preservado sob condições severas. A sua estabilidade química é conferida por suas ligações  $\beta$  serem mais fortes e sua estrutura baseada em hexoses ser mais forte do que as pentoses dos outros oligossacarídeos prebióticos (Silva et al., 2020).



**Figura 1.** Estrutura química do xilooligosacarídeo (Catenza & Donkor, 2021).

### 3. XOS: BENEFÍCIOS À SAÚDE

A ação prebiótica do XOS se deve à sua capacidade de modular a microbiota intestinal estimulando seletivamente o crescimento de bactérias benéficas, aumentando os níveis de ácidos graxos de cadeia curta e melhorando a função intestinal, além disso possui capacidade de reduzir risco de câncer de cólon, diabetes mellitus tipo 2, obesidade e melhorar o sistema imunológico (Poletto et al., 2020; Farias et al., 2019; Ferrão et al., 2018).

Alguns estudos demonstraram o efeito bifidogênico de XOS, através da indução do aumento de microorganismos potencialmente benéficos para a saúde do hospedeiro, principalmente de bifidobactérias que inibem o crescimento de bactérias patogênicas e putrefativas, modificando a microbiota colônica e dessa forma, possuindo um potencial prebiótico (Carvalho et al., 2013, Lecerf et al., 2012). O aumento das concentrações de bifidobactérias está correlacionado à diminuição dos lipopolissacarídeos sanguíneos (LPSs), envolvidos no desenvolvimento de condições metabólicas inflamatórias (8).

Chung et al., 2007, demonstraram que a ingestão diária de 4 g de XOS durante 3 semanas aumentou a população de bifidobactérias, o teor de umidade das fezes e diminuiu o valor do pH fecal em idosos, sendo eficaz na promoção da saúde intestinal sem apresentar efeitos adversos. No estudo de Finegold et al., 2014, foi demonstrado que baixas doses de XOS consumidas por 8 semanas (sendo 2,8 g por dia mais eficaz do que 1,4 g por dia) foram eficazes para a modulação da microbiota intestinal e aumento da contagem de bifidobactérias em indivíduos adultos saudáveis. Carlson et al. 2017, ao compararem os efeitos benéficos do consumo de XOS, inulina e beta-glucano, observaram que somente o tratamento com XOS aumentou significativamente o gênero *Bifidobacterium*. No trabalho de Hsu et al., 2004, foi relatado que a suplementação de XOS inibiu a lesão pré-cancerosa do cólon em ratos e que o tratamento com XOS foi mais eficaz no aumento da população de bifidobactérias que com FOS.

O consumo de XOS também está relacionado ao aumento das concentrações de ácido graxos de cadeia curta, em especial o butirato. O butirato exerce papel no metabolismo energético, reduzindo os riscos de desenvolver obesidade e suas complicações metabólicas, via modulação da expressão do peptídeo 2 do tipo glucagon (Lecerf et al., 2012).

Resultados em testes in vitro mostraram que a adição de XOS melhorou as propriedades funcionais como maior atividade antioxidante, atividade inibitória da enzima conversora de angiotensina (ECA), da  $\alpha$ -amilase e da  $\alpha$ -glucosidase, conferindo atividades anti-hipertensivas e antidiabéticas (Souza et al., 2019). A atividade antioxidante de XOS também foi demonstrada em um estudo no qual foram observados valores menores de hidroximetilfurfural, um subproduto indesejável com

efeitos negativos à saúde, devido a capacidade do XOS estabelecer ligações químicas com a água e reduzir a possibilidade de ocorrência da reação de Maillard (Ledomado et al., 2021).

#### **4. XOS: APLICAÇÕES EM PRODUTOS LÁCTEOS**

Os estudos que envolvem a adição de XOS como ingrediente prebiótico em produtos lácteos são escassos, porém os resultados encontrados demonstram que o XOS representa potencial na melhoria das características físico-químicas, reológicas e sensoriais dos produtos, contribuindo na textura e intensificando o aroma e o sabor. Esses parâmetros são muito importantes pois estão relacionados com a percepção sensorial dos produtos pelos consumidores (Souza et al., 2019). A figura 2 apresenta os principais efeitos da adição de XOS aos laticínios.

Ferrão et al., 2018, ao adicionarem XOS (3,3 g/100 g) em um queijo cremoso processado como substituto de gordura e agente prebiótico, observaram melhores características físico-químicas e reológicas. A adição de XOS conferiu maior resistência à fusão e aumento da viscosidade devido ao tamanho das partículas e capacidade de absorção de água. Os autores concluíram que o XOS substituiu a gordura e o produto apresentou características semelhantes a um produto integral.

No estudo de Souza et al., 2019, foram avaliados os efeitos do XOS, na dose de 1,4 g por dia, nas características de uma bebida de soro de leite com sabor de morango. A incorporação de XOS acarretou uma rede proteica mais forte por meio de ligações de hidrogênio que aumentou a viscosidade da bebida devido à sua capacidade de retenção de água. Houve melhora do perfil de compostos voláteis contribuindo para um melhor perfil aromático. Os autores relataram melhora da aceitação sensorial da bebida nos atributos aroma, textura e sabor. Em outro estudo foi observado um maior número de compostos voláteis relacionados ao aroma e sabor no iogurte grego adicionado de XOS (2,5 g/ 100g), porém não houve diferença na consistência, elasticidade e viscosidade (Costa et al., 2019).

Ledomado et al., 2021, avaliaram a adição de XOS (2,5 g/ 100g) nos parâmetros de qualidade do doce de leite. Os resultados mostraram melhorias nos parâmetros de textura com uma textura mais firme, adesiva e gomosa, sendo bem aceito para consumo direto pelos consumidores. A presença de XOS contribuiu para

uma estrutura mais homogênea com menor desenvolvimento de cristais de lactose e atraso no aumento do tamanho dos cristais durante o armazenamento, diminuindo a arenosidade e melhorando a percepção de cremosidade no produto.



**Figura 2.** Principais efeitos tecnológicos da adição de XOS, xilooligossacarídeo, em produtos lácteos.

## 5. CONCLUSÃO

As propriedades de XOS oferecem grandes possibilidades para o desenvolvimento de alimentos funcionais. A adição de XOS aos produtos lácteos é promissora devido aos diversos benefícios à saúde, como a modulação da microbiota intestinal, propriedades antioxidantes, anti-hipertensivas e antidiabéticas, e aplicações tecnológicas capazes de melhorar os parâmetros de qualidade desses produtos, como substituto de gordura, intensificador de aroma e sabor, promovendo uma melhor aceitação sensorial.

No entanto, foram encontrados poucos estudos que explorassem as aplicações de XOS como ingrediente prebiótico em produtos lácteos. Mais estudos devem avaliar a adição de XOS em uma maior diversidade de matrizes lácteas.

## Referências

Silva, E. K., Arruda, H. S., Pastore, G. M., Meireles, M. A. A., Saldaña, M. D. A. (2020). Xylooligosaccharides chemical stability after high-intensity ultrasound processing of prebiotic orange juice. *Ultrasonics – Sonochemistry*, 63: 1-8.

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. (2017). 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*, 14: 491-502.

Catenza, K. F. & Donkor, K. K. (2021). Recent approaches for the quantitative analysis of functional oligosaccharides used in the food industry: A review. *Food Chemistry*, 355: 1-12.

Ferrão, L. L., Ferreira, M. V. S., Cavalcanti, R. N., Carvalho, A. F. A., Pimentel, T. C., Silva, H. L. A., Silva, R., Esmerino, E. A., Neto, R. P. C., Tavares, M. I. B., Freitas, M. Q., Menezes, J. C. V., Cabral, L. M., Moraes, J., Silva, M. C., Mathias, S. P., Raices, R. S. L., Pastore, G. M., Cruz, A. G. (2018). The xylooligosaccharide addition and sodium reduction in requeijão cremoso processed cheese. *Food Research International*, 107: 137–147.

Global Xylooligosaccharides (XOS) Market Growth 2022-2028. Disponível em: [www.marketresearch.com](http://www.marketresearch.com).

Farias, D. P., Araújo, F. F., Neri-Numa, I. A., Pastore, G. M. (2019). Prebiotics: Trends in food, health and technological applications. *Trends in Food Science & Technology*, 93: 23–35.

Ribeiro, K. C. S, Coutinho, N. M., Silveira, M. R., Rocha, R. S., Arruda, H. S., Pastore, G. M., Neto, R. P. C., Tavares, M. I. B., Pimentel, T. C., Silva, P. H. F., Freitas, M. Q., Esmerino, E. A., Silva, M. C., Duarte, M. C. K. H., Cruz, A. G. (2021). Impact of cold plasma on the techno-functional and sensory properties of whey dairy beverage added with xylooligosaccharide. *Food Research International*, 142: 1-10.

Carlson, J. L., Erickson, J. M., Hess, J. M., Gould, T. J., Slavin, J. L. (2017). Prebiotic Dietary Fiber and Gut Health: Comparing the in Vitro Fermentations of Beta-Glucan, Inulin and Xylooligosaccharide. *Nutrients*, 9: 1-17.

Poletto, P., Pereira, G. N., Monteiro, C. R. M., Pereira, M. A. F., Bordignon, S. E., Oliveira, D. (2020). Xylooligosaccharides: Transforming the lignocellulosic biomasses into valuable 5-carbon sugar prebiotics. *Process Biochemistry*, 91: 352–363.

Carvalho, A. F. A., Neto, P. O., Silva, D. F., Pastore, G. M. (2013). Xylo-oligosaccharides from lignocellulosic materials: Chemical structure, health benefits and production by chemical and enzymatic hydrolysis. *Food Research International*, 51: 75–85.

Lecerf, J. M., Dépeint, F., Clerc, E., Dugenet, Y., Niamba, C. N., Rhazi, L., Cayzeel, A., Abdelnour, G., Jaruga, A., Younes, H., Jacobs, H., Lambrey, G., Abdelnour, A. M., Poullart,

P. R. (2012). Xylo-oligosaccharide (XOS) in combination with inulin modulates both the intestinal environment and immune status in healthy subjects, while XOS alone only shows prebiotic properties. *British Journal of Nutrition*, 108: 1847–1858.

Chung, Y. C., Hsub, C. K., Koa, C. Y., Chana, Y. C. (2007). Dietary intake of xylooligosaccharides improves the intestinal microbiota, fecal moisture, and pH value in the elderly. *Nutrition Research*, 27: 756–761.

Finegold, S. M., Li, Z., Summanem, P. H., Downes, J., Thames, G., Corbett, K., Dowd, S., Krak, M., Heber, D. (2014). Xylooligosaccharide increases bifidobacteria but not lactobacilli in human gut microbiota. *The Royal Society of Chemistry Food Function*, 5: 436-445.

Hsu, C. K., Liao, J. W., Chung, Y. C., Hsieh, C. P., Chan, Y. C. (2004). Xylooligosaccharides and Fructooligosaccharides Affect the Intestinal Microbiota and Precancerous Colonic Lesion Development in Rats. *Nutrition and Cancer*, 134: 1523-1528.

Souza, F. P., Balthazar, C. F., Guimarães, J. T., Pimentel, T. C., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Cruz, A. G. (2019). The addition of xylooligosaccharide in strawberry-flavored whey beverage. *LWT - Food Science and Technology*, 109: 118–122.

Ledomado, L. S., Silva, R., Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Ramos, G. L. P. A., Freitas, M. Q., Duarte, M. C. K. H., Neto, R. P. C., Tavares, M. I. B., Pimentel, T. C., Silva, P. H. F., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Cruz, A. G., Esmerino, E. A. (2021). Technological benefits of using inulin and xylooligosaccharide in dulce de leche. *Food Hydrocolloids*, 110: 1-9.

Costa, M. F., Pimentel, T. C., Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Rocha, R. S., Cavalcanti, R. N., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Cruz, A. G. (2019). Impact of prebiotics on the rheological characteristics and volatile compounds of Greek yogurt. *LWT - Food Science and Technology*, 105: 371–376.