



## TECNOLOGIAS EMERGENTES: ÚTEIS PARA ESTABILIDADE DE PREBIÓTICOS?

Nathalia Gomes Ribeiro, Renata S. L. Raices, Adriano Gomes Cruz

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Departamento de Alimentos, 20270-021, Rio de Janeiro, Brasil

### RESUMO

Nos últimos anos, a busca por alimentos mais saudáveis tem aumentado. A crescente demanda por alimentos funcionais, como os produtos adicionados de prebióticos e probióticos, fez com que a indústria buscasse meios mais eficazes para produzi-los. Com isso, novas e antigas tecnologias vêm sendo desenvolvidas, estudadas e readaptadas para esta finalidade. Deste modo, o aquecimento ôhmico, plasma frio, alta pressão e ultrassom são exemplos de tecnologias emergentes que tem mostrado ótimos resultados quando comparados as tecnologias convencionais, como a pasteurização, no sentido de manter a segurança do alimento, aumentar a qualidade sensorial do produto e também o conteúdo de nutrientes. Diversos grupos de pesquisa têm estudado o uso dessas tecnologias a alimentos com adição de prebióticos. O presente trabalho tem como objetivo, mostrar os estudos com as tecnologias emergentes e seus efeitos sobre os atributos de qualidade sensorial e nutricional em diversos produtos alimentícios, especialmente sobre a estabilidade dos prebióticos adicionados a esses alimentos.

**Palavras-chave:** tecnologias emergentes; prebióticos; alimentos funcionais.



## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os hábitos alimentares da população têm se modificado e muitas pessoas tem buscado uma vida mais saudável com o consumo de alimentos saudáveis e a prática de exercícios físicos. Além disso, o conceito de alimentos funcionais está bastante presente nos dias atuais, apesar do mesmo não ser algo tão recente (Guimarães et al., 2020). Os alimentos funcionais são alimentos que não fornecem apenas a nutrição básica, mas também são capazes de promover um benefício à saúde de quem os consome, como manutenção dos níveis de triglicerídeos saudáveis, desde que o consumo desses alimentos seja feito em conjunto com uma nutrição e hábitos de vida saudáveis (Brasil, 2018).

Nos últimos anos, a produção de alimentos funcionais tem crescido com o aumento de doenças crônicas, como a obesidade, diabetes e câncer. Diferentes estudos têm sido realizados com o intuito de comprovar a efetividade desses alimentos na prevenção ou redução desses tipos de doenças. Sabe-se que diferentes alimentos possuem componentes com essa capacidade funcional, como é o caso dos probióticos e prebióticos, fibras solúveis, alguns fosfolípidos, vitaminas e minerais, os quais são capazes de fornecer um benefício à saúde dos consumidores (Birch & Bonwick, 2019).

O leite e produtos lácteos possuem uma mistura de componentes, como proteínas, lipídeos e inúmeras vitaminas e minerais, que quando combinados conferem um benefício à saúde (Pereira, 2014). O alto conteúdo de cálcio no leite está relacionado com a prevenção de cáries nos dentes e com a formação da massa óssea, assim como a



presença de peptídeos, como a  $\beta$ -caseína, ajudam na memória. Além disso, alguns estudos mostram que a lactoferrina presente no leite apresenta propriedades anticancerígenas e algumas bactérias probióticas contidas nesse alimento contribuem para regularização do sistema gastrointestinal. Sendo assim, os componentes funcionais do leite e seus derivados têm ajudado a prevenir diferentes tipos de doenças (Tunick & Van Hekken, 2015).

Com a busca por mais opções de alimentos saudáveis e nutritivos por parte dos consumidores, a indústria tem buscado novas opções de processos tecnológicos para elaboração de alimentos com propriedades funcionais. Ainda hoje, a tecnologia mais comumente usada é o processamento térmico, que ocorre principalmente via processo de condução ou convecção (LEE et al., 2016; Knorr & Watzke, 2019).

As tecnologias convencionais, como a pasteurização, esterilização e secagem são as mais utilizadas, devido a segurança e aumento de vida de prateleira que estes procedimentos trazem aos alimentos, além da alta capacidade de destruição microbiana e inativação enzimática. Todavia, estes tipos de tratamentos reduzem o valor nutricional e os atributos sensoriais dos alimentos podendo gerar um produto de baixa qualidade (Moreno-Vilet et al., 2018). Outro problema está relacionado a falta de uniformidade do aquecimento nos processamentos térmicos convencionais, além das formações de incrustações que reduzem ainda mais o coeficiente de transferência de calor. A partir disso, novas tecnologias de processamento têm surgido para garantir a segurança do alimento e reduzir as perdas sensoriais e qualitativas destes (Priyanka et al., 2018).



## 2. PREBIÓTICOS

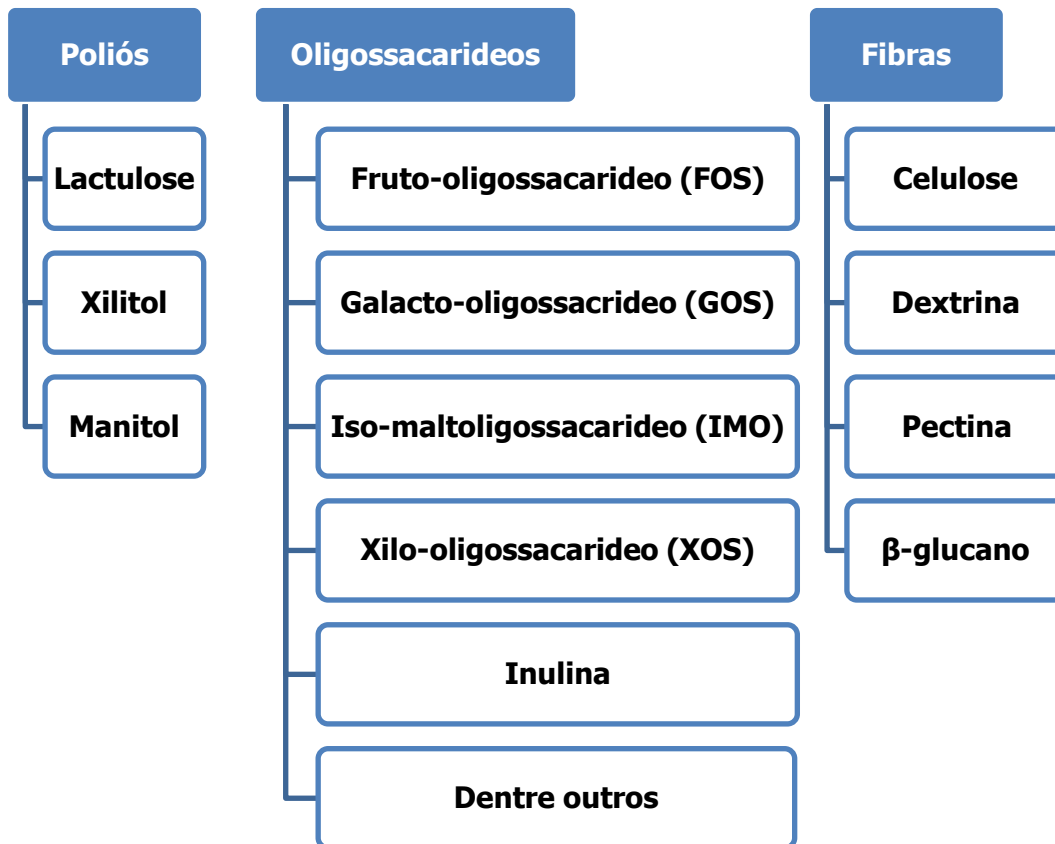
O mercado de consumo de prebióticos no mundo vem crescendo a cada década, e em 2015, o desenvolvimento de alimentos adicionados de prebióticos movimentou \$2,9 bilhões no mundo. Porém, é difícil estimar ao certo o consumo de alimentos que contenham prebióticos, já que muitos deles estão presentes naturalmente em alimentos como alho, banana, mel, trigo, alcachofra de Jerusalém, dentre outros, ou então podem ser sintetizados de forma química, enzimática ou a partir de microrganismos. A expectativa é que o mercado de alimentos funcionais, especificamente os alimentos adicionados de prebióticos, cresça ainda mais nos próximos anos, em torno de \$7,5 bilhões até 2023 (Carlson et al., 2018; Farias et al., 2019).

Segundo a Associação Internacional Científica de Prebióticos e Probióticos, os prebióticos são compostos não digeríveis seletivamente utilizados pelos microrganismos do hospedeiro, que possuem a capacidade de gerar um benefício a saúde do mesmo. Os prebióticos tem a capacidade de alterar a composição da microbiota do intestino, favorecendo o desenvolvimento de bactérias benéficas (Gibson et al., 2017).

A fibra dietética é composta por polímeros de carboidratos com 10 ou mais monômeros, e elas são encontradas naturalmente em alimentos e também podem ser sintetizadas fisicamente, enzimaticamente ou quimicamente a partir de matérias-primas alimentares. Os oligossacarídeos com grau de polimerização de no mínimo 3 também são incluídos nesta definição. As fibras dietéticas são carboidratos solúveis e insolúveis, os quais não são hidrolisados pelas enzimas gastrointestinais dos seres humanos (Yan et al.,



2018). Além disso, as fibras dietéticas demonstram a capacidade de fornecer um benefício fisiológico à saúde de quem as consome. Algumas dessas fibras são consideradas prebióticos. Estas são capazes de serem fermentadas pelas bactérias do trato gastrointestinal, trazendo um benefício à saúde do hospedeiro, como, aumento ou regularização da população das bactérias intestinais benéficas e redução das patogênicas, aumento da absorção de minerais, redução do desenvolvimento de alergias, dentre outras (Carlson et al., 2018).



**Figura 1:** Classificação prebióticos estabelecidos (Farias et al., 2019).



Com a definição atual de prebióticos, diferentes compostos têm sido estudados por terem a capacidade de se enquadrarem dentro desta descrição, como ácido linoleico, polifenóis, dentre outros (Farias et al., 2019). Todavia, os prebióticos já estabelecidos são classificados em três grupos: polióis, oligossacarídeos e fibras (Figura 1).

Os prebióticos podem apresentar diferentes composições químicas. Os carboidratos não digeríveis possuem ligações glicosídicas e unidades constituintes que os diferem entre si. Por exemplo, o GOS (galato-oligossacarídeo) é encontrado no leite humano e é formado pela ligação glicosídica  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 3) e  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) entre as moléculas de lactose e glicose (AL-Sheraji et al., 2013; Singh et al., 2017). Já o FOS, estimula o crescimento de *Bifidobacterias* no cólon e é constituído por glicose e frutose que estão ligados pela ligação glicosídica  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 2), sendo que seu grau de polimerização está entre 1 e 5 (Macedo et al., 2020).

A inulina está presente naturalmente em muitos alimentos, como, aspargo e alho, na forma de reserva de carboidrato. Muitos estudos mostram alguns aspectos funcionais relacionados a esta substância, como a influência no metabolismo de lipídeo e redução do risco de câncer de cólon. O XOS, por sua vez, é formado por moléculas de xilose ligadas pela ligação glicosídica  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) e possui efeitos positivos na flora intestinal (Ashwini et al., 2019).

Os prebióticos promovem diferentes benefícios à saúde de quem os consome. Eles possuem a capacidade de regular as bactérias benéficas do trato gastrointestinal. Além



disso, alguns estudos mostram que os prebióticos são capazes de prevenir algumas doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer, além de ajudar a regular a absorção de alguns minerais, como o cálcio, responsável pelo crescimento de ossos saudáveis (Mano et al., 2018; Whisner & Castillo, 2018).

Muitas pesquisas apontam para as aplicabilidades tecnológicas dos prebióticos. Os carboidratos não digeríveis, por exemplo, têm sido utilizados em diferentes alimentos com o intuito de aumentar as características sensoriais e melhorar as características físico-químicas e de textura de diferentes produtos (Farias et al., 2019). Os prebióticos podem ser utilizados na indústria de panificação com intuito de tornar as massas mais macias e melhorar a coloração. Outros estudos mostram a aplicação de prebióticos em chocolate para promover a substituição parcial de açúcar (Singla & Chakkaravarthi, 2017).

A tabela 1 mostra diferentes aplicações de prebióticos em alimentos e também as características tecnológicas geradas por eles, sugerindo a vasta aplicabilidade dos prebióticos na indústria de alimentos e também alguns dos possíveis benefícios sensoriais, físico-químicos e nutricionais que eles podem gerar a esses produtos.



**Tabela 1:** Aplicação de prebióticos em alimentos e suas características tecnológicas.

<b>Prebióticos</b>	<b>Alimentos</b>	<b>Características Tecnológicas</b>	<b>Referências</b>
Inulina e FOS	Sorvete com substituição parcial de açúcar	Inulina- alto coeficiente de consistência e viscosidade aparente (sorvete mais duro e com menos sabor de baunilha) Vantagem: resistência ao derretimento FOS – menor efeito na viscosidade aparente. Vantagem: maior intensidade de sabor de baunilha e mais doce	Soukoulis et al., 2010
Inulina, FOS, GOS, FOS de cadeia curta, amido resistente, oligossacarídeos de milho e polidextrose	Sorvete de leite de ovelha	Aumento do overrun, da taxa de derretimento e da coloração branca do sorvete com a adição de qualquer um dos oligossacarídeos prebióticos. Além disso, ocorreu uma redução do tamanho dos cristais.	Balthazar et al., 2017
Inulina e FOS	Bolo de laranja	Gera uma massa mais bege, com crosta mais amarronzada e massa mais viscosa tanto no bolo com apenas inulina quanto no bolo com inulina e FOS.	Volpini-Rapina et al., 2012





**Tabela 1:** Continuação

<b>Prebióticos</b>	<b>Alimentos</b>	<b>Características Tecnológicas</b>	<b>Referências</b>
GOS	Iogurte	Produto com consistência um pouco mais cremosa e suave.	Sangwan et al., 2011
Inulina e FOS	Iogurte light adoçado com mel	Não houve diferença significativa de pH, acidez, lipídeo, cinzas e das características sensoriais entre o iogurte sem prebióticos, com inulina e com FOS.	Da Silva et al., 2017
Inulina	Atum enlatado em água e maionese e atum embalado em saco com creme de salada e com molho "Thousand Island"	A inulina foi adicionada em 3, 5, 7, 10% em cada um dos produtos. Não houve diferença significativa dos aspectos sensoriais entre os atuns enlatados, porém, houve diferença entre os atuns embalados em saco. Apesar disso, todos foram aceitos sensorialmente.	Rueangwatcharin & Wichienchot, 2015

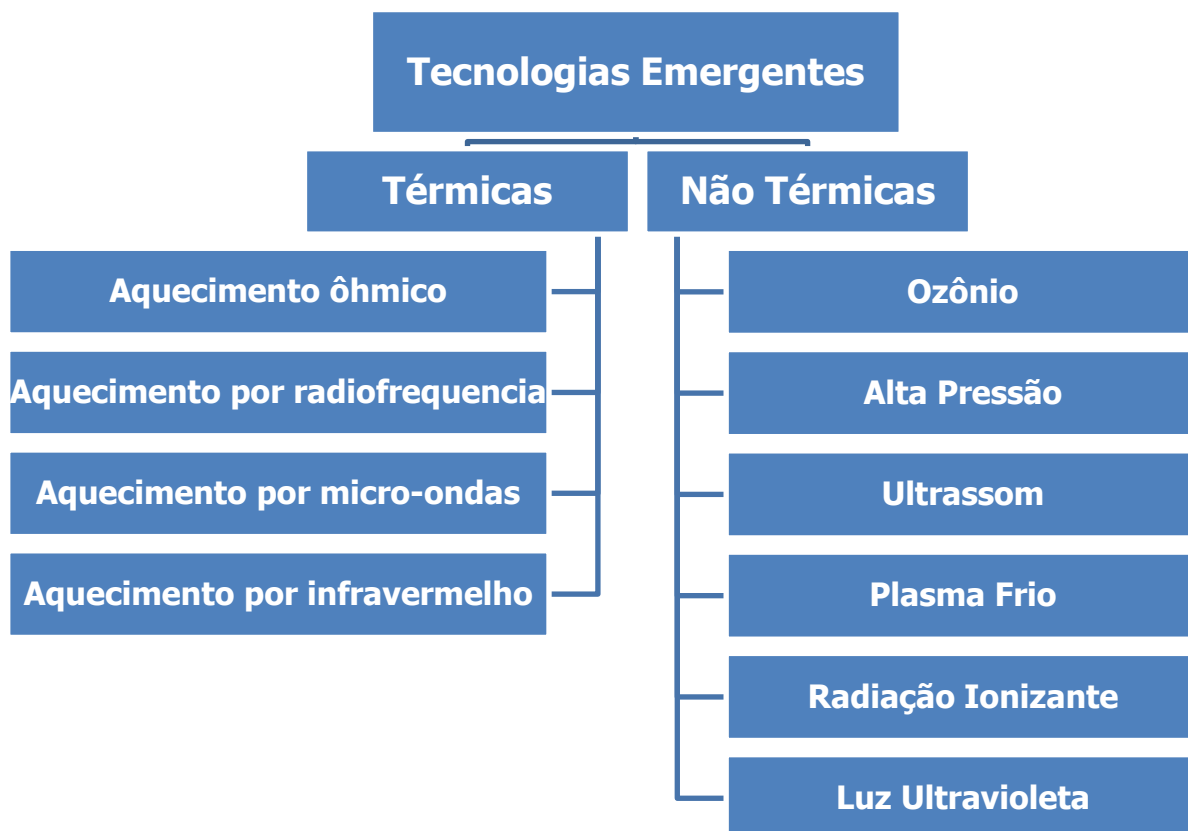


Inulina	Linguiça de frango	Substituição do conteúdo de gordura por 25, 50, 75 e 100% de inulina. As linguiças com maiores conteúdos de inulina se mostraram menos rígidas e duras e mais elásticas e mastigáveis. Sensorialmente a linguiça com 100% de inulina foi preferida por sua cor e textura.	Alaei et al., 2018
---------	--------------------	---	--------------------



### 3. TECNOLOGIAS EMERGENTES

As tecnologias emergentes podem ser definidas como aquelas em desenvolvimento e estágio de pesquisa, e que possuem um grande potencial para estarem em vigor e sendo comercializadas dentro dos próximos 5 anos. Na indústria de alimentos, estas tecnologias têm surgido com o intuito de reduzir o consumo de energia, diminuindo assim os custos e as emissões de poluentes, aumentando a sustentabilidade, qualidade, segurança e vida de prateleira do produto final (Misra et al., 2017). Estas tecnologias têm sido estudadas com o propósito de ajudar a manter a qualidade nutricional e sensorial dos alimentos, e também de reduzir a perda de compostos funcionais após o processamento, tendo em vista que estes são efeitos negativos causados pelos tratamentos térmicos convencionais (Nunes & Tavares, 2019).





## **Figura 2:** Tecnologias Emergentes.

Além disso, as tecnologias emergentes podem ser divididas em térmicas e não térmicas (Figura 2). Algumas das tecnologias emergentes térmicas utilizadas no processamento de alimento são, aquecimento ôhmico (AO), aquecimento por radiofrequência (AR), aquecimento por micro-ondas (AMO) e aquecimento por infravermelho (AI). O AR, AMO, AI utilizam faixas de frequência diferentes do espectro eletromagnético, e com uso dessas tecnologias, o tempo para cozinhar os alimentos é reduzido quando comparado ao tempo utilizando as tecnologias térmicas convencionais, como a pasteurização e esterilização (Moreno-Vilet et al., 2018).

O aquecimento por micro-ondas utiliza frequências na faixa de 300 MHz à 300 GHz, e é normalmente usado para secagem, pasteurização, pré-cozimento, dentre outras aplicações. Já o aquecimento por radiofrequência usa frequências de 3 KHz à 300 MHz e é aplicado no processamento de sementes e na pasteurização e secagem de alimentos. O aquecimento por infravermelho, por sua vez, é um processo no qual é utilizado curto tempo a altas temperaturas com frequências acima de 300 GHz com o intuito de secar ou cozinhar alimentos, e também com o potencial de reduzir a carga de microrganismos patogênicos (Moreno-Vilet et al., 2018). Outro método de processamento é o aquecimento ôhmico, no qual a corrente elétrica passa através do alimento com intuito de gerar um aquecimento no interno do alimento. A faixa de frequência aplicada é em geral entre 50 e 60 Hz, e esta tecnologia é empregada com objetivo de esterilizar ou pasteurizar alimentos ou como pré-tratamento de processos de extração e desidratação (Cappato et al., 2017).



Dentre as tecnologias emergentes não térmicas, encontra-se o método de alta pressão que utiliza pressões acima de 400 MPa para inativar microrganismos patogênicos e reduzir a atividade enzimática a temperatura ambiente. Uma das metodologias utilizadas é a homogeneização de alta pressão que tem como objetivo romper células através da força de cavitação, turbulência, tensão de cisalhamento e gradiente de pressão. Outro método usado é alta pressão hidrostática, onde o alimento ou bebida é confinado e submetido a altas pressões geradas por um fluido (em geral água). Já o ozônio pode ser utilizado na forma de gás ou água ozonizada, e ele possui um alto potencial antioxidante, além de ser muito usado como sanitizante de superfícies de manipulação de alimentos e no processamento de frutas e vegetais. A luz ultravioleta por sua vez, é uma tecnologia que produz uma radiação não ionizante capaz de tratar superfícies, porém também pode ser utilizada em alimentos líquidos (Jermann et al., 2015; Alvarez-Sabatel et al., 2015; Keenan et al., 2011).

Outra alternativa as tecnologias que usam calor como forma de preservação é a radiação ionizante, onde o alimento é exposto a uma energia ionizante (radiação) com o intuito de causar um dano ao DNA bacteriano ou a destruição celular. As fontes de energia mais usadas nesse processo são os raios gama e raios X. O plasma frio atmosférico é outra tecnologia, que é constituída por um gás que contém diversas espécies reativas, como, elétrons, íons e partículas carregadas, as quais são capazes de reduzir ou eliminar a carga microbiana de superfícies de manipulação, embalagens e alguns alimentos (Hernández-Hernández et al., 2019). O ultrassom utiliza ondas a baixa e altas frequências para homogeneização, emulsificação, cristalização, extração e ruptura celular de



microrganismos, por exemplo. A frequência de ultrassom pode variar de 20 kHz à 10 MHz, dependendo do objetivo do uso da tecnologia (Gallo et al., 2018).

Em geral, as tecnologias emergentes vêm sendo utilizadas para extração de compostos ou para romper a membrana celular. Sendo assim, algumas dessas tecnologias são capazes de reduzir ou eliminar microrganismos, prolongando assim a vida de prateleira de diferentes tipos de bebidas e alimentos. Além disso, essas tecnologias tem mostrado a capacidade de reduzir o uso de aditivos, de manter os produtos seguros, com alta qualidade e longa vida de prateleira. (Hernández-Hernández et al., 2019).

#### **4. PREBIÓTICOS E TECNOLOGIAS EMERGENTES**

O crescimento da demanda de alimentos funcionais, mais especificamente de alimentos adicionados de prebióticos, fez com que a indústria e os pesquisadores notassem a necessidade de investir nas tecnologias emergentes como forma de desenvolver alimentos seguros e de qualidade nutricional e sensorial preservadas, bem como garantir um alto conteúdo de prebióticos após o processamento. Algumas tecnologias emergentes também tem apresentado a capacidade de despolimerizar alguns prebióticos, e este fator depende da tecnologia e da intensidade e tempo de aplicação da mesma. Por estes motivos, mais estudos envolvendo o uso de prebióticos como ingredientes e tecnologias emergentes precisam ser desenvolvidos.



**Tabela 2:** Influência das tecnologias emergentes em diferentes prebióticos

<b>Prebióticos</b>	<b>Tecnologias Utilizadas</b>	<b>Alimento ou Aplicação</b>	<b>Resultados</b>	<b>Referências</b>
Inulina e FOS	Pasteurização convencional e alta pressão hidrostática	Purê de maçã	Não houve diferença significativa na hidrólise de prebióticos entre os 30 dias de armazenamento a 4°C e nem entre os processamentos utilizados no purê adicionado de FOS. No purê com inulina, o prebiótico sofreu mais hidrólise após tratamento térmico.	Keenan et al., 2011
Inulina	Alta pressão de homogeneização	Verificação das propriedades de geleificação da inulina	A APH melhora a formação de gel, todavia APH muito alta afeta negativamente a força do gel e reduz a capacidade de retenção de água.	Alvarez-Sabatel et al., 2015
XOS	Ultrassom de alta intensidade	Suco de laranja	O pH, conteúdo de sólidos solúveis, açúcar e de XOS não foi alterado após o uso do ultrassom (300, 600, 900 e 1200 W). Porém, o conteúdo de ácido ascórbico, ácido málico e ácido cítrico diminuíram de acordo com o aumento de intensidade do ultrassom utilizado.	Silva et al., 2020



<b>Prebióticos</b>	<b>Tecnologias Utilizadas</b>	<b>Alimento ou Aplicação</b>	<b>Resultados</b>	<b>Referências</b>
Oligossacarídeos prebióticos	Plasma frio atmosférico e ozônio (aplicados separadamente)	Suco de laranja	Não houve diferença significativa no conteúdo fenólico e cor do produto. O tratamento com ozônio reduziu mais o conteúdo de oligossacarídeos que o plasma frio, porém no final do processamento ambos os sucos mantiveram a quantidade mínima de oligossacarídeos para serem considerados sucos prebióticos.	Almeida et al., 2015
Inulina	Ultrassom	Bebida a base de soro de leite e graviola	Efeitos negativos - degradação de ácido ascórbico. Efeitos positivos - aumento de antioxidantes. Necessário avaliar o nível de ultrassom a ser usado para evitar efeitos negativos.	Guimarães et al., 2019
FOS	Alta pressão de processamento (APP) e plasma frio atmosférico (PFA)	Suco de laranja	Ocorreu uma maior despolimerização do FOS no suco de laranja que na água (controle). Além disso, a degradação de FOS no suco de laranja foi mais intensa após o tratamento de APP quando comparado PFA.	Almeida et al., 2017





Os pesquisadores tem buscado maneiras de manter as propriedades nutricionais e de qualidade dos alimentos, já que os processamentos térmicos convencionais tem a capacidade de preservar e aumentar a vida de prateleira dos alimentos, entretanto, provocam reações de escurecimento, perda de vitaminas e dos compostos fenólicos, assim como a redução da qualidade desses produtos. Visando esse objetivo as tecnologias emergentes tem se mostrado uma boa opção para manter as propriedades sensoriais e o conteúdo nutricional desses alimentos (Gomes et al., 2017; Keenan et al., 2011).

A alta pressão tem sido aplicada a diferentes alimentos adicionados de prebióticos. Keenan et al. (2011), estudou o efeito do tratamento térmico tradicional (pasteurização) e da alta pressão hidrostática ( $P_{90} > 10$  min e 500 Mpa/1,5 min/20°C, respectivamente) em purês de maçã enriquecido com FOS e com inulina por 30 dias a 4°C. Os autores notaram que a inulina sofreu mais hidrólise após a pasteurização que após o tratamento de alta pressão, já o conteúdo de FOS não apresentou diferença significativa após os dois tratamentos. Almeida et al. (2017) também notou uma maior degradação de FOS em suco de laranja após a aplicação da alta pressão (450 Mpa/5 min/11,5°C) quando comparada a aplicação da tecnologia de plasma frio atmosférico (70 kV por 15, 30, 45, 60 s). Logo, o uso da alta pressão em ambos os estudos mostraram uma maior redução do FOS.

A inulina pode ser dispersada em água, formando um gel. O processamento de alta pressão hidrostática (APH) foi aplicado a inulina para avaliação da sua capacidade de geleificação. Foi observado que a APH a 103 e 207 Mpa resultaram em uma melhor formação de gel para concentração de 9% de inulina (intermediária), e que valores muito altos de APH afetam negativamente a força do gel (Alvarez-Sabatel et al., 2015). Sendo



assim, é possível notar que é necessário avaliar a pressão aplicada para diferentes prebióticos com intuito de encontrar a metodologia de processamento mais adequada.

O processo de plasma frio é outra tecnologia que tem sido bastante estudada. Segundo Almeida et al. (2017), o conteúdo de FOS adicionado em suco de laranja sofreu menos despolimerização após o uso de plasma frio atmosférico que após a alta pressão de processamento. Além disso, houve uma pequena variação na cor do suco de laranja submetido a esses dois tratamentos. Almeida et al. (2015), mostrou que o suco de laranja com oligossacarídeos após ser submetido a técnica PFA e ozônio (70 kV à 15, 30, 40, 60 s e 0,057, 0,128, 0,230 mg/O<sub>3</sub> mL de suco, respectivamente) manteve o conteúdo de compostos fenólicos e a coloração. Apesar disso, o ozônio reduziu mais o conteúdo de oligossacarídeos que o plasma frio atmosférico, indicando que esta é uma tecnologia promissora.

Guimarães et al. (2019) estudou o efeito do ultrassom de alta intensidade (0, 200, 400 e 600 W) aplicado a bebida prebiótica (inulina) de graviola e soro de leite. O estudo mostrou efeitos positivos como o aumento do conteúdo de compostos fenólicos e da atividade de anti-hipertensivos, e também efeitos negativos como a degradação do ácido ascórbico e produção de compostos voláteis (Tabela 2). Silva et al. (2020) também relataram um aumento na degradação do ácido ascórbico em suco de laranja adicionado de XOS, conforme se aumenta a intensidade do ultrassom aplicado. Logo, níveis intermediários de ultrassom mostraram-se mais adequados para evitar efeitos negativos.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos houve um aumento na demanda por alimentos funcionais, mais especificamente os alimentos adicionados de prebióticos. Esse é um mercado que tem a perspectiva de crescimento ainda maior para próxima década.

As tecnologias convencionais de processamento mantêm os alimentos seguros e com maior vida de prateleira, porém reduzem a qualidade sensorial e nutricional dos produtos, além de reduzirem o conteúdo de prebióticos adicionados. Com o intuito de evitar essas condições, as tecnologias emergentes vêm sendo aplicadas e estudadas, e tem mostrado ótimos resultados.

Pesquisadores tem notado que é possível manter o conteúdo de prebióticos adicionados a diferentes alimentos após a aplicação das tecnologias emergentes. Todavia, é necessário que mais estudos sejam realizados para desenvolver equipamentos em escala industrial de baixo custo e para avaliar o melhor tempo e concentração de aplicação de cada tecnologia para cada matriz alimentar e prebiótico.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alaei, F., Hojjatoleslami, M., Dehkordi, S. M. H. (2018). The effect of inulin as a fat substitute on the physicochemical and sensory properties of chicken sausages. *Food Science and Nutrition*, 6, 512–519.

Almeida, F. D. L., Cavalcante, R. S., Cullen, P. J., Frias, J. M., Bourke, P., Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S. (2015). Effects of atmospheric cold plasma and ozone on



prebiotic orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 32, 127–135.

Almeida, F. D. L., Gomes, W. F., Cavalcante, R. S., Tiwari, B. K., Cullen, P. J., Frias, J. M., Bourke, P., Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S. (2017). Fructooligosaccharides integrity after atmospheric cold plasma and high-pressure processing of a functional orange juice. *Food Research International*, 102, 282–290.

Al-sheraji, S. H., Ismail, A., Manap, M. Y., Mustafa, S., Yusof, R. M., Hassan, F. A. (2013). Prebiotics as functional foods: A review, *Journal of Functional Foods*, 5, 1542–1553.

Alvarez-Sabatel, S., De Marañón, I. M., Arboleya, J. C. (2015). Impact of high pressure homogenisation (HPH) on inulin gelling properties, stability and development during storage. *Food Hydrocolloids*, 44, 333–344.

Ashwini, A., Ramya, H. N., Ramkumar, C., Reddy, K. R., Kulkarni, R. V., Abinaya, V., Naveen, S., Raghu, A. V. (2019). Reactive mechanism and the applications of bioactive prebiotics for human health: Review. *Journal of Microbiological Methods*, 159, 128–137.

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. (2017). Assessing the effects of different prebiotic dietary oligosaccharides in sheep milk ice cream. *Food Research International*, 91, 38–46.

Birch, C. S. & Bonwick, G. A. (2019). Ensuring the future of functional foods. *International Journal of Food Science and Technology*, 54, 1467–1485.



Brasil. (2018). Anvisa Esclarece - Alimentos. 277- Alimentos Funcionais e Novos Alimentos. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/anvisa-esclarece>

Cappato, L. P., Ferreira, M. V. S., Guimaraes, J. T., Portela, J. B., Costa, A. L. R., Freitas, M. Q., Cunha, R. L., Oliveira, C. A. F., Mercali, G. D., Marzack, L. D. F., Cruz, A. G. (2017). Ohmic heating in dairy processing: Relevant aspects for safety and quality. *Trends in Food Science and Technology*, 62, 104–112.

Carlson, J. L., Erickson, J. M., Lloyd, B. B., Slavin, J. L. (2018). Health Effects and Sources of Prebiotic Dietary Fiber. *Current Developments in Nutrition*, 2, 1–8.

Da Silva, Á. G. F., Bessa, M. M., Da Silva, J. R. (2017). Elaboração e caracterização físico-química e sensorial de iogurte light prebiótico adoçado com mel. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 72, 74–84.

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

Gallo, M., Ferrara, L., Naviglio, D. (2018). Application of ultrasound in food science and technology: A perspective. *Foods*, 7, 1–18.

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). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 14, 491–502.



Gomes, W. F., Tiwari, B. K., Rodriguez, Ó., De Brito, E. S., Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S. (2017). Effect of ultrasound followed by high pressure processing on prebiotic cranberry juice. *Food Chemistry*, 218, 261–268.

Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Silva, R., Rocha, R. S., Graça, J. S., Esmerino, E. A., Silva, M. C., Sant'Ana, A. S., Duarte, M. C. K. H., Freitas, M. Q., Cruz, A. G. (2020). Impact of probiotics and prebiotics on food texture. *Current Opinion in Food Science*, 33, 38–44.

Guimarães, J. T., Silva, E. K., Ranadheera, C. S., Moraes, J., Raices, R. S. L., Silva, M. C., Ferreira, M. S., Freitas, M. Q., Meireles, M. A. A., Cruz, A. G. (2019). Effect of high-intensity ultrasound on the nutritional profile and volatile compounds of a prebiotic soursop whey beverage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 157–164.

Hernández-Hernández, H. M., Moreno-Vilet, L., Villanueva-Rodríguez, S. J. (2019). Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel non-thermal processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 58, 1-16.

Jermann, C., Koutchma, T., Margas, E., Leadley, C., Ros-Polski, V. (2015). Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 31, 14–27.

Keenan, D. F., Brunton, N., Butler, F., Wouters, R., Gormley, R. (2011). Evaluation of thermal and high hydrostatic pressure processed apple purees enriched with prebiotic inclusions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12, 261–268.

Knorr, D. & Watzke, H. (2019). Food processing at a crossroad. *Frontiers in Nutrition*, 6, 1–8.

Lee, S. H., Choi, W., Jun, S. (2016). Conventional and Emerging Combination



Technologies for Food Processing. *Food Engineering Reviews*, 8, 414–434.

Macedo, L. L., Vimercati, W. C., Araújo, C. da S. (2020). Fruto-oligossacarídeos: aspectos nutricionais, tecnológicos e sensoriais. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, 1–9.

Mano, M. C. R., Neri-Numa, I. A., Da Silva, J. B., Paulino, B. N., Pessoa, M. G., Pastore, G. M. (2018). Oligosaccharide biotechnology: an approach of prebiotic revolution on the industry. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102, 17–37.

Misra, N. N., Koubaa, M., Roohinejad, S., Juliano, P., Alpas, H., Inácio, R. S., Saraiva, J. A., Barba, F. J. (2017). Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International*, 97, 318–339.

Moreno-Vilet, L., Hernández-Hernández, H. M., Villanueva-Rodríguez, S. J. (2018). Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel thermal processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 50, 196–206.

Nunes, L. & Tavares, G. M. (2019). Thermal treatments and emerging technologies: Impacts on the structure and techno-functional properties of milk proteins. *Trends in Food Science and Technology*, 90, 88–99.

Pereira, P. C. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30, 619–627.

Priyanka, Minz, P., Subramani, P. (2018). Study of heating pattern during heat treatment of milk by ohmic heating. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7, 3033–3036.

Rueangwatcharin, U. & Wichienchot, S. (2015). Development of functional canned and



pouched tuna products added inulin for commercial production. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 5093–5101.

Sangwan, V., Tomar, S. K., Singh, R. R. B., Singh, A. K., Ali, B. (2011). Galactooligosaccharides: Novel Components of Designer Foods. *Journal of Food Science*, 76, 103–111.

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.

Singh, S. P., Jadaun, J. S., Narnoliya, L. K., Pandey, A. (2017). Prebiotic Oligosaccharides: Special Focus on Fructooligosaccharides, Its Biosynthesis and Bioactivity. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 183, 613–635.

Singla, V. & Chakkaravarthi, S. (2017). Applications of prebiotics in food industry: A review. *Food Science and Technology International*, 23, 649–667.

Soukoulis, C., Rontogianni, E., Tzia, C. (2010). Contribution of thermal, rheological and physical measurements to the determination of sensorially perceived quality of ice cream containing bulk sweeteners. *Journal of Food Engineering*, 100, 634–641.

Tunick, M. H. & Van Hekken, D. L. (2015). Dairy Products and Health: Recent Insights. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 9381–9388.

Volpini-Rapina, L. F., Sokei, F. R., Conti-Silva, A. C. (2012). Sensory profile and preference mapping of orange cakes with addition of prebiotics inulin and oligofructose. *LWT - Food Science and Technology*, 48, 37–42.

Whisner, C. M. & Castillo, L. F. (2018). Prebiotics, Bone and Mineral Metabolism. *Calcified Tissue International*, 102, 443–479.





Yan, Y. L., Hu, Y., Gänzle, M. G. (2018). Prebiotics, FODMAPs and dietary fiber — conflicting concepts in development of functional food products?. *Current Opinion in Food Science*, 20, 30–37.