

Prebióticos e Proteínas do Soro de Leite : Ingredientes para Filmes comestíveis aplicados em produtos lácteos

ASPECTOS GERAIS

A vida contemporânea junto com novos hábitos de consumo e novas tecnologias têm causado um aumento na produção de resíduos sólidos. Grande parte destes resíduos podem permanecer por centenas e milhares de anos no meio ambiente, gerando impactos sociais, econômicos e ambientais de difíceis soluções (RAHMANI et al., 2013).

Os resíduos provenientes de embalagens em alguns países representam de 15% a 20% do total de resíduos sólidos coletados nas cidades, porém em países mais industrializados, os resíduos de embalagens estão próximos de 30% do total de resíduos coletados (EPA, 2015; TENCATI et al., 2016). No entanto, muitas iniciativas vêm sendo pesquisadas para a redução dos resíduos sólidos, sejam elas direcionadas a novas formas de disposição ou buscando a substituição de materiais de embalagens convencionais.

Uma das alternativas às embalagens convencionais mais estudadas atualmente, referem-se aos desenvolvimentos de biopolímeros, aplicadas como embalagens biodegradáveis e comestíveis. Os biopolímeros podem ser definidos como materiais de fontes renováveis e classificados de acordo com sua origem e método de obtenção. Dentre eles, destacam-se os polímeros extraídos diretamente de plantas, como os polissacarídeos e proteínas, os polímeros sintetizados quimicamente de monômeros deri-

vados de fontes renováveis, como o ácido polilático e os polímeros produzidos por microrganismos, como o polihidroxibutiratos (Schmid, et al., 2019; PETERSEN, et al., 1999).

As diversas características dos biopolímeros e as recentes pesquisas têm permitido suas aplicações como embalagens comestíveis, agregando propriedades sensoriais, suplementos nutricionais, como veículos de antioxidantes (SOUZA et al., 2017), antimicrobianos (HASHEMI, et al., 2017) e em coberturas de frutas, como banana e cereja (YAMAN e BAYOINDIRLI, 2002), cogumelos (EISSA, 2007), entre outros vegetais.

Desenvolver novos materiais de fontes naturais e caracterizá-los é o primeiro desafio, porém a aplicação deste tipo de material muitas vezes não é destinada ao uso de maneira abrangente a todo e qualquer tipo de alimento, uma vez que os tipos de interações e propriedades requeridas para estes materiais e alimentos são geralmente específicas.

Alguns dos benefícios mais comuns são os de manter, melhorar ou aumentar o *shelf life* do produto (WYRWA et al., 2017). Os materiais de embalagens nestes tipos de aplicações atuam basicamente com mecanismos que absorvem componentes responsáveis pela deterioração do alimento ou promovem a incorporação de um novo componente no alimento para promover melhorias

em suas propriedades (EUROPEAN COMMISSION, 2004; 2009).

PROTEÍNAS DO LEITE COMO INGREDIENTE PARA FILMES COMESTÍVEIS

Os filmes baseados em proteínas têm-se apresentado promissores, devido a sua composição. Porém ainda possuem algumas características distantes dos polímeros convencionais; as proteínas possuem alta permeabilidade ao vapor de água, devido a sua natureza hidrofílica e propriedades mecânicas inferiores aos materiais sintéticos. Dentre as matrizes proteicas estudadas, as proteínas do soro de leite tem um grande potencial a ser explorado para melhoramento dessas propriedades, devido a sua estrutura molecular, e estão presentes em diversos segmentos da indústria de alimentos (WIHODO et al., 2013).

As proteínas do soro de leite, constituem entre 15% a 20% do total de proteínas do leite (SINDAYIKENGERA E XIA, 2006). Os principais componentes são a α -lactoglobulinas e β -lactoalbuminas, dentre outras frações proteicas, como glicomacropéptidos, imunoglobulinas, albuminas do soro, lactoferrina e alguns peptídeos resultantes da proteólise das caseínas por enzimas do leite. A composição físico-química do soro de leite pode ser descrita conforme Tabela 1.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PROPRIEDADES FÍSICAS DO SORO DE LEITE

Proteína	%	Peso Molecular (kg/mol)	Ponto isoelétrico pH
□- lactoglobulina	48 - 58	18	5,4
□-lactoalbumina	13-19	14	4,4
Glicomacropéptidos	12 - 20	8,6	<3,8
Albumina do soro	6	66	5,1
Immunoglobulina	8 - 12	150	5 - 8
Lactoferrina	2	77	7,9
Lactoperoxidase	0,5	78	9,6

Fonte: adaptado de ONWULATA *et al.*, (2008);

O soro de leite é um dos resíduos da indústria láctea que possuem uma larga produção e difícil destinação. Calcula-se que 50% do soro de leite produzido mundialmente seja eliminado em sistemas hídricos ou em solos, gerando perdas econômicas e problemas de poluição (SISO, 1996; RODRIGUES, 2001). O soro do leite, se destinado diretamente no ambiente sem tratamento prévio, gera impactos ambientais severos. Como característica, sua carga orgânica tem alto potencial de consumo de oxigênio dissolvido em corpos hídricos e contribui diretamente para o processo de eutrofização de rios e lagos (PRAZERES *et al.*, 2012; RIVAS *et al.*, 2011). O alto poder de poluição deste resíduo levou países como Estados Unidos, Canadá, Austrália, Nova Zelândia e União Europeia a introduzir legislações para evitar os impactos ambientais, estimulando a indústria a buscar oportunidades para a gestão destes efluentes (SMITHERS, 2008).

Existe interesse na indústria de alimentos em encontrar usos específicos para este subproduto para gerar valor a produtores e reduzir os problemas ambientais relacionados aos descartes não controlados. O soro de leite possui em sua composição proteínas em uma boa concentração com bom perfil funcional, nutricional e são capazes de gerar filmes com boas características de transparência e flexibilidade (FERREIRA *et al.*, 2009).

PREBIÓTICOS EM FILMES COMESTÍVEIS

A incorporação de prebióticos em filmes e coberturas é uma das tecnologias emergentes que tem recebido bastante apelo pelo número de estudos e interesse da sociedade (PAVLI *et al.*, 2018; Schmid, *et al.*, 2019). Os consumidores têm aumentado a demanda por alimentos de alta qualidade nutricional e apenas com ingredientes naturais. Para o atendimento desta nova crescente, diversas técnicas vêm sendo utilizados para atender os anseios desses consumidores, substituindo embalagens convencionais por coberturas comestíveis e outros tipos de filmes, com resultados importantes (BOSQUEZ-MOLINA *Et al.*, 2003).

Dessa forma, os biopolímeros passam a ter um papel importante na difusão e diversificação da categoria de alimentos funcionais, uma vez que a inclusão de probióticos e prebióticos diretamente nos alimentos tendem a gerar efeitos nas características sensoriais de vários produtos, podendo reduzir a aceitação do produto por parte dos consumidores. A adição em formato de coberturas ou filmes geralmente produz impactos neutros ou, as vezes, não detectados pelos consumidores (CORONA-HERNANDEZ *et al.*, 2013).

A aplicação de prebióticos em filmes comestíveis representa uma solução para muitos dos produtos com adição de probiótico atualmente no

mercado; quando analisados, possuem questionamentos importantes referentes a alteração da qualidade do produto ou a viabilidade celular das bactérias empregadas que se apresentam em quantidades insuficiente ou já não existem mais, devido a fatores como pressão osmótica, calor, pH e atividade mecânica no processamento do próprio alimento (CORONA-HERNANDEZ *et al.*, 2013 e FU *et al.*, 2011).

Dessa forma, basicamente a utilização de prebióticos em filmes comestíveis possui duas principais vias, a primeira delas com a adição direta do prebiótico ao filme e, a segunda, na utilização combinada de um prebiótico com um probiótico, criando, assim, uma associação simbiótica favorável à estabilização na viabilidade da bactéria a uma série de variáveis (MohantY *et al.*, 2018).

O horizonte da aplicação de prebióticos em filmes passa a ter ainda mais alternativas de utilização com a recente definição de seu conceito para: “*Um substrato seletivamente utilizado pelos microrganismos benéficos residentes nos hospedeiros conferindo benefícios à saúde*”. Esta nova definição expande os tipos de substratos para além das fibras alimentares, passando a ser considerados também compostos fenólicos e ácidos graxos insaturados, que são metabolizados pelas bactérias presentes no colón (GIBSON *et al.*, 2017).

Outro fator importante destas

pesquisas é o aumento das discussões sobre o uso de aditivos alimentares sintéticos em comparação a antimicrobianos e antioxidantes naturais, uma vez que alguns destes óleos essenciais são reconhecidos com seguros (GRAS) pelos órgãos regulamentadores, como ANVISA, U.S. FDA e Comissão Europeia (RIBEIRO et al., 2017), passando também por estudos avançados que comprovam ou indicam propriedades antioxidantes, antitumores e anti-inflamatórias dos materiais utilizados para os consumidores (BRAHMI et al., 2016; YEN et al., 2015).

Tradicionalmente, os produtos adicionados de bactérias probióticas com maior potencial de comercialização estão na categoria dos produtos lácteos, porém têm sido testados com o mesmo objetivo outras naturezas de produtos alimentícios processados, como frutas, carnes, cereais e chocolate. As diferentes propriedades físico-químicas e funcionais destes produtos devem ser capazes de suportar o crescimento dos probióticos. Sendo assim, considera-se com uma alternativa a adição direta do probiótico ao produto e adiciona-se indiretamente por meio de filme comestível com o objetivo de proteger o probiótico de fatores externos que possam reduzir sua viabilidade e proteger as características do produto (ESPITIA et al., 2016).

ROMANO et al. 2014 desenvolveram filmes de metil celulose com incorporação de duas cepas de bactérias ácido lácticas em conjunto com frutooligossacarídeo, que aumentou consideravelmente a viabilidade celular das cepas conforme aumento da concentração, em um máximo de 5% de FOS na etapa de secagem dos filmes.

SOUKOULIS et al., 2014 investigaram a viabilidade de *Lactobacillus rhamnosus* GG em filmes de gelatina com adição de probióticos, inulina, povidona, dextrinas de trigo e glicooligossacarídeos. A adição de glicooligossacarídeos e povidona mostrou-se eficiente nas taxas de viabilidade das cepas probióticas. Enquanto a inulina e a dextrina de

trigo tiveram um efeito contrário. A inativação das cepas se mostrou maior em filmes acondicionados a temperaturas ambientes (25°C) em relação aos filmes acondicionados sob refrigeração, com exceção da povidona, que aumentou a viabilidade do *Lactobacillus rhamnosus* GG acondicionado a temperatura ambiente (25°C), indicando uma melhoria na característica do filme para armazenamento do probiótico.

FILMES COMESTÍVEIS EM PRODUTOS LÁCTEOS

Para produtos lácteos, os principais estudos compreendem a aplicação em queijos, uma vez que as embalagens utilizadas atualmente são compostas de polímeros derivados de petróleo, como polipropileno, polietileno e poliamida. O uso de probióticos tem como objetivo reduzir as perdas envolvendo a cadeia de produção, estocagem e *shelf life* oriundos de contaminações por bactérias, mofo, leveduras e o desenvolvimento de odores não característicos, mesmo acondicionados em embalagens (COSTA et al., 2018).

A vantagem do uso dos biopolímeros como filmes e coberturas comestíveis aplicados ao queijo é que estes podem estar adicionados de antimicrobianos e outros componentes, combinados a diferentes efeitos de propagação, difusão e solubilidade no alimento, afim de evitar o crescimento microbiana na sua superfície (Ramos et al., 2012).

A tabela 2 mostra alguns trabalhos nos quais são relacionados os filmes comestíveis e suas diversas aplicações, que podem ser combinadas ao tipo de aplicação específica, substrato e natureza do filme. Nota-se que existe uma escassez no que diz respeito ao uso simultâneo de prebióticos e proteína do leite como ingredientes comestíveis em produtos lácteos, o que demonstra o imenso potencial dessa área para estudos futuros.

TABELA 2- APLICAÇÕES E COMBINAÇÕES DE FILMES COMESTÍVEIS CONTENDO PROTÉINA DO LEITE E/OU PREBIÓTICO POR PRODUTO LÁCTEO

Aplicação	Ingrediente prebiótico	Produto	Fonte
Filme de soro de leite	Solução ácida	Ricota	Di Pierro et al., 2011
Filme de metil celulose	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> e FOS	Próprio filme	Romano et al., 2014

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca dos consumidores por produtos com benefícios à saúde e de produtos mais naturais tem sido significativa para os crescimentos da categoria de alimentos funcionais. A incorporação de prebióticos e proteínas do leite em filmes comestíveis é uma tecnologia emergente que vem evoluindo em suas aplicações para produtos lácteos.

As diversas possibilidades de combinações relacionadas ao tipo aplicação, produto, natureza do filme e inclusões geram um número grande de opções para avaliar o efeito desta tecnologia para escalas industriais. Além disso, esta tecnologia é capaz de abordar uma área de mercado em que desvencilha o uso de prebióticos diretamente no produto que, por muitas vezes, gera alterações sensoriais significativas no produto, tendo baixa aceitação por parte dos consumidores. Sendo assim, os filmes comestíveis tornam-se uma ótima opção para a diversificação de produtos lácteos funcionais no mercado e uma alternativa para aumentar o valor agregado das embalagens e produtos existentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- European Commission Consultation Review of Existing Legislation of Reduced VAT Rates. Disponível em: www.europa.eu, Acesso em 18 Jul. 2018.
- EPA (Environmental Protection Agency). Municipal Solid Waste in the United States: Facts and Figures, 2015. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/201807/documents/2015_smm_msw_factsheet_07242018_fnl_508_002.pdf. Acesso em 20 nov. 2018.
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., Reid, G. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, v. 14, p.491–502, 2017.
- Brahm, F., Abdenour, A., Bruno M., Silvia, P., Alessandra, P., Danilo F., Drifa Y., Fahmi E. M., Khodir M., Mohamed C. Chemical composition and in vitro antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities of the essential oils of *Mentha pulegium* L. and *Mentha rotundifolia* (L.) Hudson growing in Algeria. *Industrial Crops and Products*, v. 88, p. 96-105, 2016.
- Bosquez-molina, E.; Guerrero L. I., Vernon C. E. J. Moisture barrier properties and morphology of mesquite gum-candelilla wax based edible emulsion coatings. *Food Research International*, p. 885e893, 2003.
- Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F., & Deschamps, A. Edible Antimicrobial Films Based on Chitosan Matrix. *Food Microbiology and Safety*, v. 67(3), p. 1162–1169 2002.
- Costa, M. J., Maciel, L. C., Teixeira J. A., Vicente, A. A., Cerqueira, M. A. Use of edible films and coatings in cheese preservation: Opportunities and challenges. *Food Research International*, v.107, p. 84-92, 2018
- Corona-Hernandez, R. I., Álvarez P, E.; Lizardi M. J.; islas-rubio, A. R.; De la rosa, L. A.; Wall-medrano, A. Structural Stability and Viability of Microencapsulated probiotic Bacteria: A Review. *Comprehensive Reviews. Food Science and Food Safety*, v. 12, p. 614–628, 2013.
- Di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, C. V. L., & Porta, R. Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. *Food Science and Technology*, 44, 2324–2327, 2011.
- Eissa, H. A. A. Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut mushrooms. *Journal of Food Quality* v. 30, p. 623–645, 2007.
- Embuena, A. I., Nacher, M., Boix, A., Pons, M. P., Llopis, M., Martínez, M. C., Martínez, C. Quality of goat's milk cheese as affected by coating with edible chitosan-essential oil films. *International Journal of Dairy Technology*, v. 70, p. 68–76, 2017.
- Espitia, P. J. P., Batista, R. A., Azeredo, H. M. C., & Otoni, C. G. Probiotics and their potential applications in active edible films and coatings. *Food Research International*, v.90, p.42–52, 2016.
- Fu, N.; Chen, X. D. Towards a maximal cell survival in convective thermal drying processes. *Food Research International*, v.44, p.1127–1149, 2011.
- Gialamas, H., Zinoviadou, K. G., Biliaderis, C. G., & Koutsoumanis, K. P. Development of a novel bioactive packaging based on the incorporation of *Lactobacillus sakei* into sodium-caseinate films for controlling *Listeria monocytogenes* in foods. *Food Research International*, v. 43, p. 2402–2408, 2010.
- Hashemi, S. M. B., Khaneghah, A. M., Characterization of novel basil-seed gum active edible films and coatings containing oregano essential oil. *Progress in Organic Coatings*, v. 110, p. 35-41, 2017.
- Mira, I., Carvalho Filho.; Celso D., Viola, D., N. Composição ideal da solução filmogênica adicionada de prebiótico aplicada em uvas 'Thompson'. *Brasil. Rev. Bras. Frutic.*, vol.37, n.2, p.308-317, 2015.
- Mohanty, D; Misra, S; Mohapatra, S; Sahu, S. P; Prebiotics and synbiotics: Recent concepts in nutrition. *Food Bioscience*, v. 26, p. 152-160, 2018.
- Onwulata, C., Huth, P. *Whey processing, functionality and health benefits*. Ames, IA: John Wiley Wiley Sons 2008.
- Pavli, F., Tassou, C., Nychas, G. J. E., & Chorianopoulos, N. Probiotic incorporation in edible films and coatings: Bioactive solution for functional foods. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 19, 2018.
- Petersen, K., Nielsen, p. V.; Bertelsen, G., Lawther, M., Olsen, M. B., Nilsson, N. H., Mortensen, G. Potential of biobased materials for food packaging. *Trends. Food Science & Technology*, v. 10, p. 52-68, 1999.
- Rahmani, E., Dehestani, M., Beygi, M. H. A., Allahyari, H.; Nikbin, I. M. On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles. *Construction & Building Materials*, 2013.
- Ramos, Ó. L., Pereira, J. O., Silva, S. I., Fernandes, J. C., Franco, M. I., Lopes-da-Silva, J. A., ... Malcata, F. X. Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese. *Journal of Dairy Science*, v. 95, p.6282–6292, 2012.
- Ribeiro S, R., Andrade, M., Melo, N. R., Sanches S, A. Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. *Trends in Food Science and Technology*, 61, 132–140, 2017.
- Romano, N.; Tavera-quiros, M.; J., Bertola, N.; Mobili, P.; Pinotti, A.; Gómez-zavaglia, A. A. Edible methylcellulose-based films containing fructo-oligosaccharides as vehicles for lactic acid bacteria. *Food Research International*, v. 64, p. 560–566, 2014.
- Schmid, M., Müller, K. *Whey Protein-Based Packaging Films and Coatings. Whey Proteins*, Academic Press, p. 407-437, 2019.
- Soukoulis, C.; Behboudi-jobbehdar, S.; Yonekura, L.; Parmenter, C.; Fisk, I. D. Stability of *Lactobacillus rhamnosus* GG in prebiotic edible films. *Food Chemistry*, v. 159, p. 302–308, 2014
- Souza, V. G. L., Fernando, A. L., Pires, J. R. A., Rodrigues, P. F., Andreia A. S. L., Fernandes, F. M. B. Physical properties of chitosan films incorporated with natural antioxidants. *Industrial Crops and Products*, 2017.
- Tencati, A., Pogutz, S., Moda, B., Brambilla, M., Cacia, C. Prevention policies addressing packaging and packaging waste: Some emerging trends. *Waste Management*, v.56, p.35-45 2016,
- Yaman, O., Bayoindirli, L. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologies*, v.35, p. 146–150, 2002.
- Yen, H. F., Hsieh, C. T., Hsieh, T. J., Chang, F. R., & Wang, C. K. In vitro anti-diabetic effect and chemical component analysis of 29 essential oils products. *Journal of Food and Drug Analysis*, v. 23, p. 124–129, 2015.
- Wihodo, M., Moraru, C. I. Physical and chemical methods used to enhance the structure and mechanical properties of protein films: A review. *Journal of Food Engineering*, v.114, p.292-302, 2013.
- Wyrwa, J., Barska, A. Innovations in the food packaging market: Active packaging. *Eur. Food Res. Technol.*, v.243, p. 1681–1692, 2017.

*Leonardo M. Fernandes, Adriano G. Cruz e Marcia C. Silva - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ) - Departamento de Alimentos.



ifrrj.edu.br
marcia.cristina@ifrrj.edu.br