

TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS DO USO DE LIOPROTETORES NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Maria Eduarda Marques Soutelino^{1*}; Bianca Cristina Rocha de Oliveira¹; Maria Bar batho Goulart¹; Eliane Teixeira Mársico¹; Erick Almeida Esmerino¹; Adriana Cristina de Oliveira Silva¹

¹Universidade Federal Fluminense (UFF)

*Contato/e-mail: mariaems@id.uff.br

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18233350>



Lioprotetores naturais aumentam a segurança e qualidade de alimentos liofilizados, alinhando-se ao conceito clean label, à saúde e à sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A liofilização é uma tendência no processamento de *snacks*, pós e farinhas, pois preserva compostos bioativos e sensoriais, e prolonga a vida útil dos produtos. No entanto, a formação de cristais de gelo durante o congelamento e a remoção de água na secagem podem favorecer a desnaturação de proteínas e a oxidação de lipídios e aminoácidos sensíveis. Sem proteção adequada, essas alterações podem promover a formação carbonilas, fragmentação peptídica, agregação por ligações cruzadas e compostos potencialmente tóxicos, comprometendo a qualidade, a segurança e a aceitação do produto pelo consumidor (DENG et al., 2023).

Nesse cenário, os lioprotetores (ou crioprotetores) podem ser adicionados antes da liofilização para estabilizar simultaneamente lipídios e proteínas. Esses compostos podem substituir a água nas ligações de hidrogênio, mantendo a conformação original das proteínas, e minimizando a ruptura e fusão de membranas, o que limita o contato entre partículas e reduz os danos oxidativos durante congelamento e secagem. Como consequência, há uma maior estabilidade de lipídios e proteínas durante armazenamento e reidratação, além de aumento da vida útil e qualidade sensorial e funcional de produtos liofilizados (YEDDES et al., 2025).

No geral, os lioprotetores incluem principalmente carboidratos e proteínas. Açúcares simples e complexos, como glicose, sacarose, lactose, manitol, dextranas e ciclodextrinas, são amplamente utilizados pela indústria (KARUNNANITHY et al., 2024). Proteínas e biopolímeros, como caseína micelar, soro de leite e outros polissacarídeos de alta temperatura de transição vítrea (Tg), também têm sido combinados com esses açúcares, melhorando a estabilidade de bactérias e de sistemas lipídicos e proteicos ao reduzir a atividade de água e restringir a mobilidade molecular após a liofilização (YANG et al., 2021).

Apesar da ampla aplicação de lioprotetores sintéticos ou altamente purificados, como polióis e polímeros hidrossolúveis, a indústria alimentícia demonstra uma tendência crescente ao uso de alternativas naturais, frequentemente aplicadas como materiais de parede ou veículo em nano/microencapsulação, filmes e revestimentos. Essa abordagem permite conciliar eficácia tecnológica com maior segurança, sustentabilidade e adequação ao conceito “clean label”.

TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS DA APLICAÇÃO DE LIOPROTETORES NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Biopolímeros naturais têm se destacado como alternativas promissoras aos lioprotetores sintéticos na indústria de alimentos, devido à sua elevada biocompatibilidade, baixo custo, funcionalidade tecnológica e aceitação pelo consumidor. Na indústria alimentícia, essa alternativa pode ser aplicada na liofilização de produtos de origem animal e vegetal ricos em proteínas e/ou lipídios, incluindo lanches prontos para consumo, como *snacks* proteicos à base de carne de frango ou leguminosas, e ingredientes fonte de compostos bioativos destinados à incorporação em formulações funcionais, como pós de jabuticaba ou beterraba.

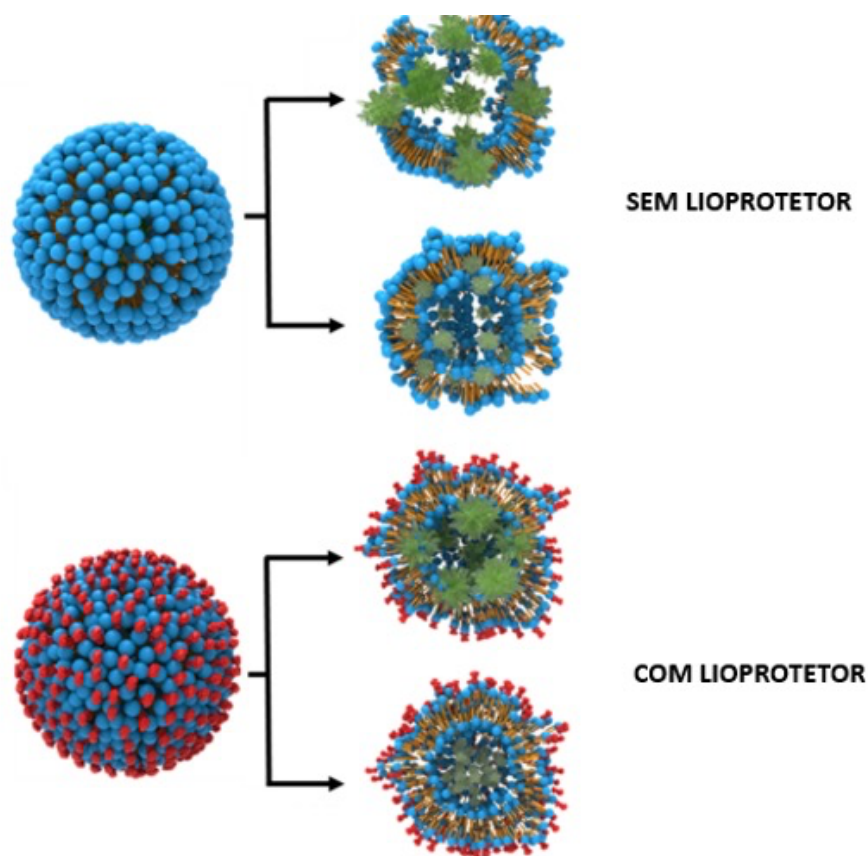
Em uma revisão sistemática, Karunнанithy et al. (2024) evidenciaram que crioprotetores com alto Tg tem ação potencializada quando utilizados em conjuntos. Os autores concluíram que a associação de mono e dissacarídeos como glicose, sacarose e trealose, potencializa o efeito protetor e favorece a formação de estruturas porosas mais estáveis e com menor mobilidade molecular, o que, por sua vez, reduz a taxa de reações de degradação. Assim, essas combinações podem garantir dupla funcionalidade como crioestabilizadores e lioprotetores, com proteção abrangente em uma ampla gama de temperaturas e condições.

No geral, esses compostos também podem formar filmes, revestimentos e em sistemas de encapsulação de compostos bioativos, com objetivo de preservar a perda de componentes sensíveis no produto. Por exemplo, a gelatina, proteína de ervilha e soja, soro de leite, goma arábica, maltodextrina, pectinas, quitosana e celulose modificada tem sido amplamente estudados em materiais de parede em spray-drying, lipossomas, emulsões, hidrogéis ou nanocompósitos, para preservar a estrutura de carotenóides, vitaminas, probióticos, óleos essenciais e/ou ácidos graxos.

Deng et al. (2023) constataram que os oligossacarídeos apresentam um efeito protetor significativo na estabilidade de lipossomos durante a liofilização, atuando por meio de diferentes

mecanismos. A sacarose e a lactose formam uma matriz vítrea com alto Tg, aumentando a viscosidade do sistema e reduzindo a mobilidade das membranas lipossômicas, o que impede sua fusão (Figura 1). Por outro lado, frutooligossacarídeo e inulina atuam predominantemente pelo mecanismo de substituição da água e formam ligações de hidrogênio com os grupos fosfato das membranas, o que ajuda a preservar a estrutura lipossomal ao diminuir a interação com a água residual. A proteção conferida pelos oligossacarídeos resulta, assim, de uma combinação dos dois mecanismos, que depende das propriedades individuais de cada oligossacarídeo. Esses fatores contribuem para a redução das alterações estruturais dos lipossomos durante o processo de liofilização, garantindo maior estabilidade física e química dos sistemas lipossômicos (DENG et al., 2023).

Figura 1. Matriz vítrea induzida por lioprotetores em nanovesícula lipossômica.



Fonte: Adaptado de Yang et al. (2021).

Em outro estudo, Yeddes et al. (2025) demonstraram que peito de frango revestido com filme de gelatina–quitosana contendo extrato de alecrim (0–2%), após pasteurização e liofilização, apresentou superfície menos porosa, menor higroscopicidade e menor taxa de reidratação, além de redução da oxidação lipídica durante seis meses de armazenamento, em comparação ao controle sem extrato. Esses resultados indicam que os compostos fenólicos do alecrim incorporados ao filme híbrido atuaram como lioprotetores naturais, protegendo os lipídios musculares durante e após a liofilização. Portanto, a

associação entre biopolímeros e ingredientes ricos compostos antioxidantes podem ser uma alternativa viável para a melhoria da estabilidade oxidativa e qualidade de produtos processados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de lioprotetores na liofilização de alimentos é essencial para a preservação de alimentos ricos em lipídios, proteínas e compostos bioativos, minimizando danos estruturais e reações de degradação que comprometem a qualidade, segurança e aceitação do produto. Em outras palavras, a seleção adequada desses sistemas é determinante para a estabilidade físico-química de alimentos liofilizados, permitindo sua incorporação em formulações que atendam à atual e crescente demanda por produtos mais práticos, convenientes, saudáveis e com menor impacto ambiental.

Desse modo, estudos futuros devem concentrar-se na otimização de combinações de lioprotetores naturais e biopolímeros, avaliando seu potencial em diferentes matrizes alimentares, nas interações com novos ingredientes e nos efeitos sobre suas propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais.

REFERÊNCIAS

- DENG, L.; WANG, Y.; JIANG, H.; XU, X.; HAN, J.; LIU, W. Specific protection mechanism of oligosaccharides on liposomes during freeze-drying. **Food Research International**, v. 166, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112608>
- KARUNNANITHY, V.; ABDUL RAHMAN, N. H. B.; ABDULLAH, N. A. H.; BIN MH BUSRA, M. F.; LOKANATHAN, Y.; NG, M. H. A.; MAAROF, M. R. *Effectiveness of lyoprotectants in protein stabilization during lyophilization*. **Pharmaceutics**, v. 16, n. 10, p. 1346, 2024. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16101346>.
- YANG, E.; YU, H.; CHOI, S. et al. Controlled rate slow freezing with lyoprotective agent to retain the integrity of lipid nanovesicles during lyophilization. **Scientific Reports**, v. 11, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03841-4>
- YEDDES, W.; RYBAK, K.; REBEY, I.; PIETRZAK, D.; ADAMCZAK, L.; HAMMAMI, M.; WANNES, W.; WITROWA-RAJCHERT, D.; TOUNSI, M.; TIXIER, A.; NOWACKA, M. Lipid oxidation and barrier properties of the coated freeze-dried chicken meat with gelatin-chitosan film enriched with rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract. **Foods**, v. 14, 2025. <https://doi.org/10.3390/foods14071127>.