

# O futuro das embalagens de alimentos

DOI: 10.5281/zenodo.10569796

Vinícius Neibert Bezerra<sup>a\*</sup>

Throughout the review, two of the various technologies that could make up the future of food packaging are discussed: bioactive and intelligent packaging. Three main compounds for these technologies will be explored and analyzed for their potential for use in bioactive and intelligent packaging. Once these techniques are presented, the applications of these substances will be observed, as well as the potential of these techniques in Brazil.

Ao longo da resenha, são abordadas duas das várias tecnologias que podem compor o futuro das embalagens de alimentos: as embalagens bioativas e inteligentes. Serão explorados três principais compostos para essas tecnologias e analisados quanto ao seu potencial de atuação nas embalagens bioativas e inteligentes. Uma vez apresentadas essas técnicas, são observadas as aplicações dessas substâncias, assim como o potencial dessas técnicas no Brasil.

<sup>a</sup>Universidade de Brasília (UnB). Campus Darcy Ribeiro. Instituto de Química (IQ/UnB).

\*E-mail: [neibert.vinicius@gmail.com](mailto:neibert.vinicius@gmail.com)

**Palavras-chave:** embalagens de alimentos; embalagens bioativas; embalagens inteligentes.

Recebido em 05 de dezembro de 2023,

Aceito em 17 de janeiro de 2024,

Publicado em 31 de janeiro de 2024.

## Introdução

**Com o crescente aumento na população mundial, é notório um aumento na produção de embalagens para alimentos, com o objetivo de suprir a extensa demanda mundial. Nesse contexto, estão sendo estudadas diversas tecnologias para esses invólucros, como os biopolímeros, que recebem bastante atenção. Entretanto, há outras vertentes que também possuem muito potencial nessa área, como as embalagens bioativas e inteligentes, que são realidades em países como o Estados Unidos, o Japão e a Austrália, porém no Brasil ainda possuem pouco aproveitamento, mesmo essas tecnologias tendo capacidade de aprimorar a qualidade e validade dos alimentos, garantir a saúde do consumidor, evitar desperdício financeiro e de comida e preservar o meio ambiente.<sup>1</sup>**

Em um relatório do Índice de Desperdício de Alimentos de 2021 divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, foi apontado que 17% do total de alimentos produzidos para o consumidor em 2019 tiveram como fim o lixo de residências, restaurantes, varejos e outros serviços alimentares. Sendo assim, esse percentual observado é equivalente a 931 milhões de toneladas de comida desperdiçada. Nesse viés, esse desperdício é causador de diversos problemas econômicos, sociais e ambientais, visto que no processo de produção desses alimentos, há diversos impactos ao meio ambiente, como a emissão de gases de efeito

estufa, o desmatamento nas áreas de produção dos alimentos e a liberação de resíduos tóxicos em águas, solo e ar.<sup>2</sup>

Ademais, uma importante parcela do desperdício em ambientes domésticos e de restaurantes ocorre devido à deterioração do alimento com o passar do tempo, à passagem da data segura de validade para o produto e também, ao esquecimento da data de validade, ocasionando no descarte do alimento de qualquer forma, com a intenção de preservar a saúde do consumidor da possibilidade de realmente ter transcorrido o período garantido de segurança.

Nessa perspectiva, é preciso buscar alternativas concretas para combater o desperdício de alimentos. Entre as várias opções existentes, têm-se as embalagens de alimentos inteligentes, que são uma tecnologia capaz de monitorar o estado do alimento, por meio de sensores como pigmentos naturais que percebem variações em parâmetros de qualidade do produto, como temperatura, pH e concentrações de compostos no interior do produto, de modo a comunicar ao consumidor sobre a qualidade do produto. Nesse sentido, essa tecnologia tem por objetivo proteger a saúde do consumidor, evitar a perda financeira ao consumidor pela mercadoria descartada e principalmente reduzir o desperdício de comida, que é um dos maiores causadores de problemas ambientais, visto que o alimento desperdiçado passou por diversos processos prejudiciais ao meio ambiente, como foi explicitado anteriormente.<sup>1</sup>

Um outro ponto de discussão essencial para o futuro das embalagens de alimentos é a tecnologia de invólucros ativos, que se baseia na premissa do invólucro ter interações intencionais com o produto. A partir disso, há duas categorias para essa técnica, os captadores, que capturam compostos prejudiciais ao alimento, como dióxido de carbono, excesso de umidade e de oxigênio, e os que atuam como sistemas de liberação de algum composto, ou seja, liberam compostos benéficos ao item ao longo do tempo, como substâncias antioxidantes, antimicrobianas, conservantes e outros.<sup>1</sup>

Logo, essa tecnologia é capaz de prolongar a vida útil, aprimorar a qualidade e oferecer um alimento mais saudável ao consumidor, o que também auxilia na luta global contra o desperdício de alimentos. Entretanto, observa-se que essa técnica ainda não possui força no Brasil e, de maneira geral, ainda está em estágio laboratorial. Não obstante, outros países já aplicam essa tecnologia com sucesso, o que reforça a ideia de que seja uma das vias de um promissor futuro para as embalagens de alimentos no Brasil.<sup>1</sup>

Nesse contexto, o artigo de referência "*Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review*"<sup>13</sup> buscou apresentar alguns dos compostos bioativos que podem ser utilizados para aprimorar a qualidade e a validade do alimento, além de apresentar substâncias capazes de atuarem como sensores de pH, temperatura, dióxido de carbono, oxigênio e amônia. Outrossim, o estudo também apresenta as propriedades antimicrobianas e antioxidantes que podem ser utilizadas nas embalagens, com aplicações observadas atualmente para alguns alimentos. Por fim, o artigo também observa as vantagens e desvantagens das tecnologias de embalagens de alimentos bioativas e inteligentes e realiza uma análise de seu futuro para as embalagens de alimentos.<sup>3</sup>

Para compreender o potencial das substâncias para compor embalagens inteligentes, é preciso entender alguns dos parâmetros utilizados para monitorar a qualidade dos alimentos nesses invólucros.

Um dos grandes parâmetros é o pH, pois é comprovado que a deterioração do alimento é acompanhada de variações nessa métrica. Nesse viés, é necessário observar que as substâncias a serem empregadas para essa função precisam ser capazes de expor variações desse parâmetro químico, geralmente por meio de mudança de cor no filme utilizado, e também serem adequadas para alimentos, ou seja, não

apresentarem toxicidade ou habilidade de comprometer a qualidade do produto.<sup>4</sup>

Além do pH, a temperatura também é um parâmetro crucial para a qualidade do alimento. Para esse monitoramento, utiliza-se Indicadores de Tempo-Temperatura (ITT), que atuam como registros da história térmica que aquele item sofreu. No caso de mudanças de temperatura muito altas, acumuladas ou simplesmente constantes temperaturas inadequadas para o alimento, o ITT percebe esse problema e atua como uma etiqueta de prazo de validade dinâmico para o consumidor. Para essa função, a substância irá indicar, geralmente por mudanças de cor, que o produto não está em boas condições devido às temperaturas que esteve. Ademais, esses indicadores são categorizados em físicos, biológicos e químicos dependendo da causa das mudanças de cor.<sup>3</sup>

Outro parâmetro que pode ser monitorado é a concentração de dióxido de carbono e gás oxigênio. A deterioração da comida já é iniciada desde a sua embalagem com o crescimento de microrganismos que liberam dióxido de carbono, ou seja, monitorar a variação da quantidade deste gás fornecerá indiretamente informações sobre o nível de microrganismos no produto. Por fim, outra medida a ser observada é o nível de amônia no meio, visto que a proteólise de comidas como carne, peixe e camarão ocorre durante seu armazenamento, e é um processo que libera aminas voláteis como amônia e di/trimetilamina, moléculas que podem ter sua presença exposta por alguns pigmentos naturais.<sup>3</sup>

## Metodologia

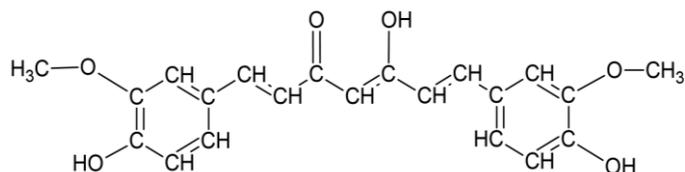
A metodologia aplicada pelo texto de referência<sup>3</sup> foi uma extensa consulta na literatura nos temas de "*Active packaging*", "*Intelligent packaging*", "*Food waste*" e "*Bioactive compounds*". A partir dessa consulta aos artigos que os autores utilizaram como referência, foi desenvolvido o artigo de revisão no qual o autor apresentou os pontos que considerou relevante ao tema, adicionando sua conclusão e opinião quanto ao futuro dessas técnicas.

## Resultados e discussão

A partir da pesquisa desenvolvida, é possível abordar algumas substâncias com propriedades para compor os filmes bioativos e inteligentes. Um desses compostos em específico, a curcumina, cuja estrutura química é apresentada na Figura 1, é a substância ativa da cúrcuma e possui excelentes propriedades antimicrobianas e também é muito utilizado na

medicina e na farmácia devido à sua forte propriedade antioxidante.<sup>3</sup>

**Figura 1.** Estrutura química da curcumina

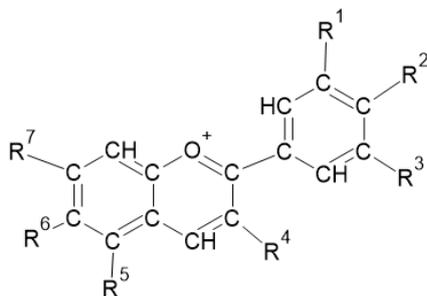


Em dois dos estudos desenvolvidos, foi observado uma atuação do composto em relação ao pH. No primeiro caso, o filme com curcumina era inicialmente amarelo a um pH 6, em que quando exposto a um meio com pH 11 apresentou cor vermelho alaranjado<sup>5</sup>. Para o outro estudo de referência, filmes com k-carrageninas, que são polissacarídeos lineares sulfatados, somados à curcumina apresentam coloração amarelo em pH 3-4 e se tornam vermelho conforme o pH fica mais alcalino.<sup>6</sup>

Essa habilidade de mudança de cor, aliada às propriedades benéficas à saúde humana da curcumina, permitem a elaboração de um filme que possa aprimorar a qualidade do alimento e atuar como um indicador de sua validade. Dessa forma, algumas aplicações e estudos já são testadas com a curcumina, como em embalagens para camarão e carnes, nas quais atuam como indicadores da qualidade dessas comidas.<sup>3</sup>

Além da curcumina, há também as antocianinas, que possuem a estrutura química geral apresentada na Figura 2, são moléculas derivadas de sais flavílicos. Essas moléculas estão presentes em frutas, verduras e legumes, como uva, ameixa, amora, repolho roxo, entre outros. As antocianinas possuem fortes propriedades antioxidantes, antimicrobianas e antimutagênicas. Ademais, possuem uma habilidade de alteração estrutural conforme o pH varia, o que confere mudanças na coloração vista.<sup>3</sup>

**Figura 2.** Estrutura química geral das antocianinas

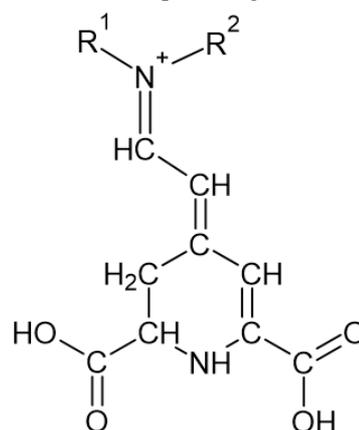


Nesse sentido, é observado que para um meio de pH 4-5 tem-se principalmente a presença da estrutura com carbinol pseudo-base, que confere uma aparência transparente, enquanto que em meios mais ácidos, predomina o cátion flavílio, que gera uma cor mais vermelha e rosa. Em uma faixa de 6-7, tem-se a antocianina em estrutura quinoidal, o que confere uma coloração roxa. Em um intervalo de 7-8, tem-se azul devido à sua forma aniônica e por fim, na faixa 8-9 a cor amarela devido à abertura dos anéis centrais da molécula.<sup>7</sup>

Ademais, os compostos de antocianinas possuem grande potencial como ITT. Como exemplo de aplicação, foi desenvolvido um estudo com o uso de ceras de parafina com antocianinas de cenoura preta. Quando exposto a temperaturas desde -5°C até 25°C por um período de dois dias, o filme com as antocianinas reagiu com mudanças mais intensas na coloração nas temperaturas mais elevadas<sup>7</sup>. Portanto, observa-se grande potencial para embalagens bioativas e inteligentes a partir dessa substância e já existem aplicações para monitoramento da qualidade de leite, carnes e camarões.

Outras substâncias promissoras na produção de embalagens inteligentes e ativas são as betalaínas, apresentadas na Figura 3, estão presentes em beterrabas, acelgas e pitayas rosas. Essas moléculas têm origem de aminoácidos aromáticos e são gerados a partir do ácido betalâmico. Esses compostos possuem propriedades antimicrobianas, anticancerígenas, anti-inflamatórias e antioxidantes, além de serem pigmentos naturais.<sup>3</sup>

**Figura 3.** Estrutura química geral das betalaínas



Em estudos a respeito das betalaínas, identificou-se potencial como um indicador de alterações no pH. Elas atuam em uma ampla faixa, possuem maior estabilidade em uma faixa de pH 3-7, ideal em 4-6 e em meios alcalinos se tornam amarelos. Para complementar esse conceito, também há

potencial como sensor de níveis de amônia no alimento, como é evidenciado em alguns estudos.<sup>3</sup> Entre um desses estudos, foi visto que filmes com a antocianina da casca da pitaya à base de amido, quando expostos à amônia, tiveram sua coloração alterada desde a cor rosa inicial até o amarelo.<sup>9</sup> Logo, essa substância também se confirma como excelente opção para as embalagens ativas e inteligentes.

Em uma análise do potencial dessas das embalagens bioativas e inteligentes, observa-se de maneira geral alguns pontos fracos, como o fato de alguns desses filmes serem sensíveis à degradação térmica, assim como degradação pelo tempo e luz. Boa parte desses filmes que utilizam essas substâncias não apresentam boa impermeabilidade à vapor de água e oxigênio, o que contribui à deterioração do produto. Por último, de maneira geral esses pigmentos naturais fenólicos utilizados não apresentam capacidade de se manter ativos por muito tempo.<sup>3</sup>

Quanto aos pontos fortes, observou-se grande sensibilidade dessas substâncias com os parâmetros de qualidade monitorados e forte capacidade de evitar a deterioração dos alimentos pelo seu potencial antimicrobiano e antioxidante em embalagens bioativas. Outrossim, esses pigmentos naturais possuem baixo custo, são seguros e não-tóxicos. Em filmes biodegradáveis, a incorporação desses compostos gera uma maior integridade das microestruturas e espessura dos filmes.<sup>3</sup>

## Conclusões

Portanto, notou-se que há diversas substâncias capazes de expor visualmente variações nos parâmetros de pH, temperatura, concentração de amônia, de oxigênio e de dióxido de carbono, não considerando ainda outros parâmetros existentes para garantir a qualidade do produto. Além disso, diversas substâncias com essas habilidades de indicadores ainda possuem diversas propriedades benéficas ao consumo, o que confere uma capacidade em seu uso em invólucros bioativos, como a curcumina, as antocianinas e betalaínas. Nesse sentido, é preciso citar outros compostos que possuem grande potencial que são abordados pelo artigo referência, como a clorofila, os carotenoides, os taninos e a quercetina.

Em síntese, observa-se que o artigo de referência aborda um tema essencial para o futuro das embalagens de alimentos. As embalagens bioativas e inteligentes já são realidades em diversos países e se apresentam como excelentes opções para aprimorar a qualidade e validade dos alimentos e

combater os problemas ambientais associados ao desperdício de alimentos. A partir do estudo, conclui-se que há muitas opções de substâncias, como a curcumina, as antocianinas e as betalaínas, que podem compor esses invólucros. No Brasil, mais estudos nesse tema são exigidos, pois possuem grande potencial para o futuro das embalagens de alimentos.

## Contribuições por Autor

A resenha sobre o artigo em referência e a inclusão de algumas observações são de Vinícius Neibert Bezerra.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesses.

## Agradecimentos

Ao grupo PET-Química/IQ/UnB, à Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação (SeSU/MEC) e ao Decanato de Ensino de Graduação (DEG/UnB) pelo apoio ao Programa de Educação Tutorial pela bolsa concedida. Ao Instituto de Química (IQ/UnB) e à Universidade de Brasília pelo suporte e espaço fornecidos.

## Notas e referências

- 1 L. R. Braga and F. M. Silva, Embalagens ativas: uma nova abordagem para embalagens alimentícias, *Braz. J. Food Res.*, 2017, **8**, 170.
- 2 ONU, <https://brasil.un.org/pt-br/114718-onu-17-de-todos-os-alimentos-dispon%C3%ADveis-para-consumo-s%C3%A3o-desperdi%C3%A7ados>, <https://brasil.un.org/pt-br/114718-onu-17-de-todos-os-alimentos-dispon%C3%ADveis-para-consumo-s%C3%A3o-desperdi%C3%A7ados>, (accessed December 4, 2023).
- 3 Kumar, Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review, *Trends in Food Science & Technology*, 2020, **105**, 385–401.
- 4 D. Dainelli, N. Gontard, D. Spyropoulos, E. Zondervan-van Den Beuken and P. Tobback, Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns, *Trends in Food Science & Technology*, 2008, **19**, S103–S112.

- 5 Y. S. Musso, P. R. Salgado and A. N. Mauri, Smart edible films based on gelatin and curcumin, *Food Hydrocolloids*, 2017, **66**, 8–15.
- 6 J. Liu, H. Wang, P. Wang, M. Guo, S. Jiang, X. Li and S. Jiang, Films based on  $\kappa$ -carrageenan incorporated with curcumin for freshness monitoring, *Food Hydrocolloids*, 2018, **83**, 134–142.
- 7 B. Sladonja, Ed., The Mediterranean Genetic Code - Grapevine and Olive, InTech, 2013
- 8 R. Amiri, H. Piri, M. Akbari and G. Moradi, The fabrication and kinetic modeling of a new time–temperature label based on paraffin wax and black carrot anthocyanin for monitoring fish products, *Anal. Methods*, 2020, **12**, 544–551.
- 9 Y. Qin, Y. Liu, X. Zhang and J. Liu, Development of active and intelligent packaging by incorporating betalains from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel into starch/polyvinyl alcohol films, *Food Hydrocolloids*, 2020, **100**, 105410.