

EMBALAGENS INTELIGENTES DE QUITOSANA COM EXTRATO DE PLANTAS INCORPORADO COMO ALTERNATIVA PARA A GARANTIA DA SAÚDE ALIMENTAR

Lucas Yuri da Silva¹, Vinícius Araújo de Oliveira¹, Júlia Barros Souto², Kleiton Honorato Cavalcanti³, Beatriz Mendonça Silva⁴, Márcio Michael Pontes⁵, Diego de Oliveira Valença⁶, Larissa Ghislayne de Macêdo², Anderson Burgos de Melo², Marina de Sá Leitão Câmara de Araújo⁷, Rafael David Souto de Azevedo⁷ e Priscilla Barbosa Sales de Albuquerque⁸

¹ Aluno do Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental – UPE/Campus Garanhuns

² Aluno do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – UPE/Campus Garanhuns

³ Aluno do Curso de Pós-graduação em Saúde Pública – FACULESTE

⁴ Aluna do Curso de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular – ICB UPE

⁵ Aluno do Curso de Pós-graduação em Biociência Animal – UFRPR /CEDE Recife

⁶ Aluno Egresso do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – UPE/Campus Garanhuns

⁷ Professor do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – UPE/Campus Garanhuns

⁸ Professora do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – UPE/Campus Garanhuns

lucas.ysilva@upe.br, vinicius.araujooliveira@upe.br, julia.bsouto@upe.br, kleitonhonoratocavalcanti@gmail.com, beatriz.mendonçasilva@upe.br, márcio.michaelp@upe.br, diego.valenca@outlook.com, gislaynelarissa04@gmail.com, anderson.burgos@upe.br, mslc.araujo@gmail.com, rafael.david@upe.br, priscila.albuquerque@upe.br

Palavras-chave: Biofilme. Alimentação. Resíduos agroindustriais.

1 INTRODUÇÃO

Embalagens inteligentes são materiais projetados para diversos fins, sendo por exemplo, utilizadas na indústria de alimentos para detectar, em tempo real, mudanças no pH do alimento, alterações da temperatura no meio externo ou, ainda, modificações na concentração de gases no espaço livre entre a embalagem e o alimento, onde tais mudanças podem comprometer a qualidade do produto (Ghaani *et al.*, 2016; Peliciele, 2019).

Para o desenvolvimento dessas embalagens é necessário a utilização de materiais que tenham capacidade de formar filmes, sendo assim, precisa-se de uma solução filmogênica (Moraes, 2024). Diversos materiais têm essa capacidade, os sintéticos que tem sua origem a partir de derivados do petróleo, ou ainda os naturais que tem sua origem associada a matérias de origem animal ou vegetal (Lima, 2024).

Alguns materiais têm a capacidade de formar filmes, é o caso da celulose, galactomana ou a quitosana, este último tendo uma vasta utilização principalmente por sua fácil obtenção (Albuquerque *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2020). A quitosana pode ser obtida de matérias simples, como a casca de crustáceos, sendo até mesmo uma

alternativa para a reutilização de resíduos agroindustriais da indústria de pescados (Otto *et al.*, 2022; Fiorese *et al.*, 2020).

Além do material que forma o filme, para que ele adquira a capacidade de ser “inteligente”, ou seja, consiga indicar as variações sofridas em seu interior, é necessário o emprego de compostos com capacidade de reagir às variações e sofrer mudanças visíveis para o ser humano (Pawlak *et al.*, 2023). Os principais compostos utilizados para esse fim são aqueles advindos de plantas, em especial aqueles que possuem antocianinas e que podem ser obtidos na forma de extrato de plantas (Milanezze, 2022).

Antocianinas são compostos fenólicos que estão presentes nas plantas e estão geralmente associados a coloração de flores e frutos (Fernandez *et al.*, 2019). As antocianinas, quando expostas a variações de temperatura, pH e determinados gases podem variar sua coloração, sendo essa capacidade que se busca incorporar aos filmes (Milanezzi, 2022). Os extratos que são normalmente utilizados, não se limitam apenas à existência de antocianinas, possuem também atividades antibacterianas, antioxidantes e outras que podem potencializar cada vez mais as embalagens (Milanezzi, 2022).

Estudos realizados para a formulação de embalagens inteligentes são descritos como uma alternativa biotecnológica para ser empregados na indústria de alimentos, uma vez que com a indicação fornecida por esses filmes/embalagens, é possível identificar dados como grau de maturação de uma fruta, possíveis descongelamentos de carnes, ou tempo em que algum alimento ficou embalado (Baril *et al.*, 2020).

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo identificar como as embalagens inteligentes de quitosana com extrato de plantas incorporado podem contribuir para a garantia da saúde alimentar, além de apresentar outros benefícios à saúde e ao meio ambiente de acordo com o material utilizado.

2 METODOLOGIA

Esse trabalho consistiu em uma Revisão integrativa da literatura, onde seguiu-se de uma pesquisa ampla focada na utilização de filmes de quitosana com extrato de plantas incorporado para formulação de embalagens inteligentes e que possam contribuir com a saúde alimentar.

Utilizou-se as plataformas Scielo, PubMed e Scholar Google como base de dados em um período de dez anos, entre 2014 e 2024. Os descritores utilizados foram: filmes de quitosana; embalagens inteligentes; embalagens formuladas com extrato de plantas; filmes inteligentes de quitosana; e saúde alimentar pela qualidade dos alimentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontrados na literatura 556 trabalhos que relatam a formulação de filmes ou embalagens de quitosana, desse total, 23 utilizaram extratos de plantas para dar a esses filmes a capacidade de ser inteligentes. Essa ampla utilização pode ser associada à busca por alternativas mais sustentáveis de embalagens que possam não só proteger o material, mas também trazer informações sobre sua qualidade e benefícios diversos obtidos a partir da matéria prima da embalagem.

O uso da quitosana é destacado sempre como uma alternativa sustentável para embalagens, onde (Brixner *et al.*, 2022) destaca que o material é biodegradável e

corroborar com o que disse (Pena *et al.*, 2022) sobre sua obtenção poder contribuir com o uso de alguns resíduos agroindustriais, como o gerado pela indústria de pescados que descarta toneladas desse material que poderia se tornar matéria prima para obtenção da quitosana.

Quanto a origem da antocianina, (Mesquita *et al.*, 2017) apresenta que o extrato de plantas é uma ótima alternativa, seja pela grande quantidade do composto, ou pelo potencial fitoquímica como atividade antioxidante e antibacteriana, que é destacado por (Formagio *et al.*, 2014). Para a obtenção desses extratos é apresentada a utilização da casca de frutas, local em que o composto é bem presente, apresentando-se ainda como uma maneira de reutilização de mais um tipo de resíduo agroindustrial,

Sendo as cascas de frutas as principais fontes para a preparação desse extrato rico em antocianinas, para incorporação em filmes de quitosana, algumas frutas são apresentadas na literatura por seu uso, sendo eles: jabuticaba, uva (bagaço), batata doce, mirtilo, morango, cereja, amora, repolho roxo, berinjela (Teixeira *et al.*, 2021).

A incorporação de extratos como forma para atribuir a um filme a capacidade de bioindicação é descrita na literatura e apresenta-se que essa indicação é realizada a partir de variações colorimétricas (Remédio *et al.*, 2023). As variações de cor estão atribuídas a diversos fatores, como é descrito por – que indica que mudanças no pH, temperatura ou concentração de gases no espaço livre entre a embalagem e o alimento promovem mudanças colorimétricas (Teixeira *et al.*, 2021).

Extratos de plantas tem grande potencial não apenas para bioindicação colorimétrica, mas é a eles atribuídos diversos potenciais, como por exemplo, propriedades antibacterianas, antioxidante, proteção solar, hemolítica, atoxidade (no caso dos obtidos de frutas), entre outras (Milanezzi, 2022). Pensando na perspectiva de aplicação dos extratos na formulação de filmes, as propriedades antioxidante, antibacteriana e atóxica são de maior interesse em um extrato para esse fim.

Os potenciais dos filmes inteligentes são diversos, entre eles destacam-se ser biodegradável, ser atóxico, potenciais antibacterianos e principalmente bioindicadores da qualidade do material armazenado (Filipini, 2019). Essa potencialidade é o principal fator para a aplicação desses filmes na indústria de alimentos, já sendo utilizado até para controle da qualidade dos alimentos na indústria.

Como forma de identificação da qualidade de alimentos, na literatura são apresentadas algumas utilizações já utilizadas para essas embalagens, como identificação da maturação de frutos, conservação de carnes, e processos de descongelamento de pescados (Hoffmann *et al.*, 2019).

Com sua aplicação na indústria de alimentos os filmes inteligentes tem grande contribuição com a garantia da saúde alimentar, é destacado por (Machado *et al.*, 2023) que esse material promove a identificação do grau de conservação de um alimento, sendo uma maneira para evitar a ingestão de alimentos estragados. Além disso, as características do extrato que for incorporado também podem contribuir, uma vez que a atividade antibacteriana do extrato pode evitar contaminações por ingestão de microrganismos, sendo mais uma maneira da garantia da saúde alimentar.

5 CONCLUSÕES

As embalagens inteligentes formuladas com quitosana com incorporação de extratos de plantas apresentam um grande potencial para a indústria de alimentos uma vez que os extratos vegetais adicionam propriedades antioxidantes e antibacterianas às embalagens, ajudando na conservação e segurança dos alimentos. Outra característica é serem biodegradáveis, sua produção contribui para reutilização de resíduos agroindustriais, como a exemplo da casca de crustáceos e restos de frutas, promovendo a sustentabilidade. A presença de antocianinas nos extratos permite a bioindicação de variações no ambiente interno da embalagem, o que possibilita o monitoramento da qualidade dos alimentos. Conclui-se então que as embalagens inteligentes representam uma inovação biotecnológica promissora, com aplicações relevantes na indústria alimentícia, aliando sustentabilidade, segurança e qualidade alimentar, e que estudos futuros podem corroborar com essa constatação.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. B., CERQUEIRA, M. A., VICENTE, A. A., TEIXEIRA, J. A., & CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. (2017). Immobilization of bioactive compounds in *Cassia grandis* galactomannan-based films: Influence on physicochemical properties. **International journal of biological macromolecules**, 96, 727-735.

BARIL, Michele *et al.* **Análise estatística e qualitativa de propriedades de filmes inteligentes contendo antocianinas**. 2020. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

BRIXNER, Betina *et al.* Atividade antimicrobiana da quitosana associada a óleos essenciais na aplicação biomédica: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, 2022.

FERNÁNDEZ, Ismael Montero *et al.* **Bioprospecção de frutas cultivadas na Amazônia com potencial de compostos bioativos, capacidade antioxidante e estudos microbiológicos**. 2019.

FILIPINI, Gabriel da Silva. Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis ativas a partir de polímeros e extrato natural de jambolão. 2019.

FIGLIARO, C. H. U *et al.* (2020). Produção de quitosana a partir da quitina extraída de exoesqueletos de crustáceos para diversas aplicações humanas: uma proposta de sustentabilidade ambiental. **Multidisciplinary Reviews**,

FORMAGIO, Anelise Samara Nazari *et al.* Potencial alelopático e antioxidante de extratos vegetais. **Biosci. J.**, v. 30, p. 629-638, 2014.

GHAANI, Masoud; COZZOLINO, Carlo A.; CASTELLI, Giulia; FARRIS, Stefano. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. **Trends In Food Science & Technology**. v. 51, n. 1, p. 1-11, mar. 2016.

HOFFMANN, Tuany G. *et al.* Embalagem inteligente à base de jabuticaba com potencial aplicação em alimentos lácteos. In: **Congresso Brasileiro de Polímeros**. Bento Gonçalves. 2019.

LIMA, Maria de Morais. Filmes Biodegradáveis Para Embalagens De Alimentos: avanços rumo à plena sustentabilidade. **Zenodo**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-6, 27 jun. 2024. Zenodo.

MACHADO, Rafaela Assis *et al.* Inovações Tecnológicas Em Embalagens De Produtos De Origem Animal: Embalagens Inteligentes E Ativas. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 1, p. 370-377, 2023.

MESQUITA, Maria Otammires Mota de et al. Potencial antimicrobiano de extratos e moléculas isolados de plantas da Caatinga: uma revisão. 2017.

MILANEZZI, Gabriela Carolina. Compostos bioativos em frutas exóticas brasileiras: revisão bibliográfica Bioactive compounds in brazilian exotic fruits: a literature review. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 7, p. 52376-52385, 2022.

MORAIS, Sinthya Kelly Queiroz. **Elaboração, Caracterização e Aplicabilidade Do Sistema de Embalagem Inteligente e Ativa Utilizando Extrato de Bagaço de Uva e Gelatina de Tilápia**. 2024. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2024.

OTTO, Iliane et al. Colônia de pescadores Z3: relação entre geração de resíduos pesqueiros e sustentabilidade. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 3, p. 212-227, 2022.

PAWLAK, Chalissa et al. **Aplicação de extratos vegetais em filmes poliméricos para sistema de empacotamento inteligente**. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PELICIOLI, Jaine. **Produção de filmes indicadores contendo antocianinas da casca da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)**. 2019. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos., Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

PENA, Igor Colares et al. Produção e análise de quitosana advinda de resíduos de casca de camarão regional (*Macrobrachium Amazonicum*) da cidade de Macapá-AP, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 22749-22762, 2022.

REMEDIIO, Leandro Neodini; QUINAYÁ, Diana Carolina Parada. Produção De Filmes Inteligentes A Base Amido E Extrato De Antocianinas De Batata Pigmentada Peruana (*Kulli papa*). 2023.

RODRIGUES, Lais Oliveira *et al.* Produção de biofilme de quitosana, reduzida da quitina, extraída de exoesqueleto de crustáceos: proposta e disponibilização sustentável. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 1, p. 218-239, 2020.

TEIXEIRA, Samiris Côcco *et al.* Desenvolvimento de embalagens inteligentes com alteração colorimétrica incorporadas com antocianinas: uma revisão crítica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, p. e2021033, 2021.