



APLICAÇÃO DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS ATIVAS PARA CONTROLE FÚNGICO NA CONSERVAÇÃO DE PÃES

A. C. A. F. Zão¹, L. B. Teixeira², R. C. S. Thys³, P. Benelli⁴, A. O. Rios⁵, S. H. Flores⁶

¹ Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - CEP: 91509-900 - Porto Alegre - RS - Brasil, Telefone: +55 (51) 3308-9789 - e-mail: (anacarolinazao@hotmail.com)

² Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - CEP: 91509-900 - Porto Alegre - RS - Brasil, Telefone: +55 (51) 3308-7789 - e-mail: (lilian.bt.nutri@hotmail.com)

³ Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - CEP: 91509-900 - Porto Alegre - RS - Brasil, Telefone: +55 (51) 3308-7789 - e-mail: (roberta.thys@ufrgs.br)

⁴ Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - CEP: 91509-900 - Porto Alegre - RS - Brasil, Telefone: +55 (51) 3308-7374 - e-mail: (patricia.benelli@ufrgs.br)

⁵ Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - CEP: 91509-900 - Porto Alegre - RS - Brasil, Telefone: +55 (51) 3308-9787 - e-mail: (alessandro.rios@ufrgs.br)

⁶ Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - CEP: 91509-900 - Porto Alegre - RS - Brasil, Telefone: +55 (51) 3308-9789 - e-mail: (simone.flores@ufrgs.br)

RESUMO – O crescimento de fungos representa um desafio significativo para a indústria alimentícia, contribuindo para a deterioração do produto. Este estudo examina o crescimento fúngico em fatias de pão armazenadas em embalagens ativas à base de amido, incorporadas com farinha de sementes de melão e farinha de alecrim. A metodologia consistiu na análise fotográfica do crescimento fúngico e comparação das embalagens ao longo de 28 dias de armazenamento. As embalagens contendo 25% de farinha de alecrim apresentaram o menor crescimento fúngico, com menos de 49% de cobertura até o 21º dia, enquanto as de poliestireno expandido (EPS) superaram 50% no 7º dia. Este estudo ressalta o potencial das embalagens desenvolvidas como alternativas sustentáveis e eficazes para a preservação de alimentos com baixa umidade, com a possibilidade de ser uma barreira adicional contra o crescimento de fungos.

ABSTRACT – Fungal growth poses a significant challenge to the food industry, contributing to product deterioration. This study examines fungal growth on bread slices stored in starch-based active packaging incorporated with melon seed flour and rosemary flour. The methodology involved photographic analysis of fungal growth, comparing the packagings over 28 days. Packaging containing 25% rosemary flour exhibited the lowest fungal growth, with less than 49% of coverage by day 21, while expanded polystyrene (EPS) packaging exceeded 50% by day 7. This study highlights the potential of the developed packaging as sustainable and effective alternatives for preserving low-humidity foods, probably by being an additional barrier against fungal growth.

PALAVRAS-CHAVE: antifúngico; embalagem de amido; alecrim; sementes de melão.

KEYWORDS: antifungal; starch-based package; rosemary; melon seeds.

1. INTRODUÇÃO

A contaminação fúngica representa um desafio para a indústria alimentícia, podendo também causar efeitos nocivos à saúde do consumidor (Russo *et al.*, 2017). Essa contaminação



também leva ao desperdício de alimentos, especialmente causando a deterioração de pães, impactando a indústria de panificação (Narisetty *et al.*, 2021). Além disso, o uso de polímeros derivados de petróleo para produção de embalagens causa grandes impactos ambientais, devido ao seu descarte inadequado, uma vez que possuem degradação lenta e resíduos persistentes no ambiente (Sharma *et al.*, 2023).

Com isso, há um grande interesse em estudos sobre o desenvolvimento de embalagens a partir de polímeros de fontes renováveis, especialmente utilizando polissacarídeos. Nestas embalagens também podem ser incorporados de compostos bioativos, como antioxidantes e agentes antimicrobianos, visando prolongar a vida útil dos produtos (Julluanun *et al.*, 2020). Esses compostos bioativos podem ser extraídos de matrizes vegetais como, por exemplo, o alecrim (*Salvia rosmarinus*), com importantes propriedades antimicrobianas frente a bactérias, leveduras e fungos (Kahya *et al.* 2022; El-Demerdash; El-Sayed; Abdel-Daim, 2021), e a semente de melão, uma matriz rica em compostos como flavonoides, saponinas e ácidos graxos, demonstrando atividade contra bactérias e fungos (Braide; Odiong; Oranusi, 2012).

Considerando o exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial antifúngico de embalagens à base de amido, enriquecidas com farinha de sementes de melão e farinha de alecrim, visando aumentar a conservação de pães.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Produção da Embalagem de Amido Expandido

As embalagens de amido foram produzidas utilizando-se como matérias-primas principais o amido de milho (Fritz e Frida, Brasil) e o alecrim seco (Pallato, Brasil), adquiridos no comércio local, e sementes de melão, fornecidas pelo restaurante universitário da UFRGS. O alecrim foi moído em moinho de facas (Solab, SL-31, Brasil), seguido de peneiramento (20 *mesh*) para padronização da farinha de alecrim. A farinha de sementes de melão foi obtida a partir da secagem das sementes em estufa com circulação de ar (NL-82/100, New Lab, Brasil) a 40 °C por 24 horas, seguida de moagem em processador doméstico (Mondial, L-550, Brasil) e peneiramento (9 *mesh*).

A partir de um planejamento de experimentos, foram desenvolvidas 04 formulações de embalagens. Em todas as formulações foram adicionados estearato de magnésio como agente desmoldante, goma guar como dispersante dos sólidos e glicerol como agente plastificante, em concentrações de 1 g, 10 g e 10 g, respectivamente. Como solvente, adicionou-se água destilada nas formulações, em concentrações variando de 100 a 250 mL/g, determinada em testes de absorção de água das farinhas. A Tabela 1 apresenta as formulações das embalagens desenvolvidas.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

Tabela 1 - Formulação das embalagens de amido de milho, farinha de sementes de melão e farinha de alecrim.

Amostra	Amido de milho (g)	Sementes de melão (g)	Alecrim (g)	Água destilada (mL/g)
C1	100	0	0	100
C2	75	0	25	250
C3	75	25	0	125
S25	60	15	25	195

Todos os componentes da formulação foram misturados em agitador mecânico (Fisatom®, 713D, Brasil) por 10 minutos em 3.000 rpm até completa homogeneização. As misturas foram adicionadas em molde metálico pré-aquecido (117 x 64 x 20 mm) e prensadas em prensa hidráulica (Marconi®, MA 098/A 3030, Brasil) durante 17 minutos, a 150 °C e 70 bar. Após a expansão completa, as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente e removidas dos moldes.

2.2 Produção de Pães e Aplicação nas Embalagens

A produção de pães de forma com e sem conservante, para fins de comparação, foi realizada a partir de uma formulação padrão (estudos prévios). Nos pães adicionados de conservante, utilizou-se 0,1% de propionato de cálcio, conforme estabelecido pela legislação brasileira vigente (ANVISA, 1999). A produção dos pães consistiu de mistura dos ingredientes, fermentação, forneamento, resfriamento e fatiamento. Os pães produzidos sem propionato de cálcio foram aplicados nas embalagens de amido expandido (C1, C2, C3 e S25) e em uma embalagem convencional de poliestireno expandido, denominada como amostra EPS. Além disso, o pão produzido com propionato foi aplicado apenas na embalagem de poliestireno expandido, denominada como amostra EPSp, para efeito comparativo. Para simular condições de armazenamento em mercado, 04 fatias de pão de cada formulação foram colocadas em cada uma das bandejas produzidas e a embalagem foi envolta com duas folhas de filme plástico. Após, os pães foram armazenados em temperatura ambiente em uma câmara com fotoperíodo alternado (12 h x 12 h) (New Lab, NL-41-01A, São Paulo, Brasil) a 24 ± 1 °C, por 28 dias.

2.3 Análise de Crescimento Fúngico

O crescimento fúngico nas fatias de pão foi avaliado diariamente durante o período de armazenamento dos pães, avaliando-se o percentual da área total da superfície de cada fatia coberta por fungos nos dias 7, 14, 21 e 28 de armazenamento. Para isso, foi realizada uma análise fotográfica das imagens das quatro fatias de pão de cada formulação, observando-se o crescimento



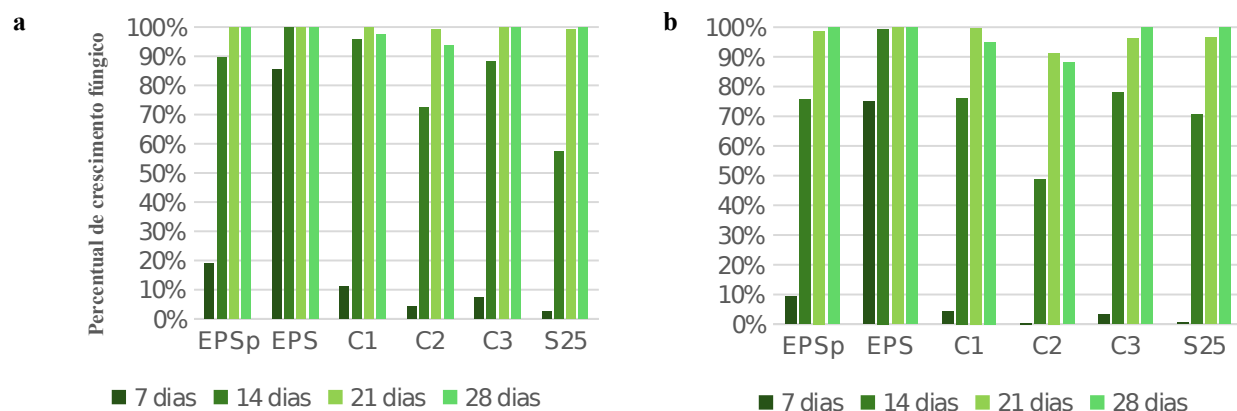
fúngico em ambos os lados das fatias: em contato com o plástico e em contato com a embalagem. As análises foram realizadas utilizando-se o software *ImageJ* v.1.52 (National Institutes of Health, EUA) e as fatias foram categorizadas conforme proposto por Teixeira *et al.* (2024), de acordo o crescimento fúngico em <10%, entre 10 e 24%, entre 25 e 49% e acima de 50%. A metodologia de Dal Bello *et al.* (2007) foi utilizada para determinar a vida útil dos pães, considerando-se encerrada a validade quando surgiram sinais visíveis de fungos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de pão armazenada em EPS apresentaram sinais de crescimento fúngico visível no 4º dia de armazenamento, enquanto as amostras EPSp, C3 e C1 no 5º dia e as amostras S25 e C2 somente após o 6º dia, demonstrando que a presença de farinha de alecrim nas embalagens foi efetiva em prolongar a vida útil das fatias de pão. Após 07 dias de armazenamento, 100% das amostras de pão apresentaram crescimento fúngico visível na superfície.

Os resultados do percentual de crescimento fúngico de ambas as superfícies das fatias de pão estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Percentual de crescimento fúngico nas superfícies das fatias de pão em contato com o plástico filme (a) e com a embalagem (b).



Os percentuais de crescimento fúngico da superfície do pão em contato com o filme plástico demonstraram, após 07 dias de armazenamento, que as embalagens C2, C3 e S25 apresentaram crescimento fúngico <10%; EPSp e C1 mostraram crescimento entre 10% e 24%; enquanto EPS excedeu 50%. Após 21 dias de armazenamento, todas as amostras de pão exibiram crescimento fúngico >50% em suas superfícies: enquanto a amostra S25 apresentou crescimento entre 50% e 60%, todas as outras exibiram valores acima de 70% (EPSp, EPS, C1 e C3). Para a superfície do pão em contato diretamente com a embalagem, após 07 dias de armazenamento, as



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

amostras EPSp, C1, C2, C3 e S25 demonstraram crescimento fúngico <10%; enquanto a amostra EPS apresentou >50% de crescimento fúngico. Aos 21 dias de análise, a amostra C2 destacou-se das demais, apresentando crescimento fúngico entre 24% e 49% de sua superfície, enquanto as outras amostras exibiram crescimento >50%. Além disso, C2 destacou-se por não alcançar 100% de cobertura fúngica em sua superfície ao longo dos 28 dias de armazenamento.

A partir dos resultados apresentados, destaca-se o potencial antifúngico da amostra C2, podendo este ser atribuído à presença de farinha de alecrim em sua composição. Esse efeito pode ser devido às propriedades antimicrobianas do alecrim, especialmente pela presença de polifenóis que atuam como antioxidantes, provavelmente funcionando como uma barreira contra o crescimento fúngico e, também, retardando o seu crescimento nos pães armazenados (Kahya *et al.*, 2022, Castro; Lima, 2011). Dentre os compostos presentes no alecrim com importante atividade antimicrobiana destacam-se o carnosol, ácido carnósico, ácido rosmarínico, α -pineno, acetato de bornila, cânfora e 1,8-cineol (Aziz *et al.*, 2022). Além disso, outros estudos sobre o uso do alecrim em filmes ativos relataram seu potencial antimicrobiano (Akhter *et al.*, 2019; Restrepo *et al.*, 2018).

4. CONCLUSÃO

A adição de farinha de sementes de melão e de alecrim nas embalagens biodegradáveis à base de amido representa uma abordagem inovadora e sustentável para minimizar a proliferação de fungos, especialmente em produtos de baixa umidade, como os de panificação. Os resultados parciais deste estudo indicam uma aplicação promissora da farinha de sementes de melão e de alecrim em embalagens à base de amido, apresentando-se como uma solução viável para a indústria alimentícia, tanto em termos de sustentabilidade quanto de funcionalidade. Este estudo é parte de uma dissertação, onde outras análises e comparações foram realizadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHTER, R.; MASOODI, F. A.; WANI, T. A.; RATHER, S. A. Functional characterization of biopolymer based composite film: Incorporation of natural essential oils and antimicrobial agents. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 137, p. 1245-1255, 2019.

ANVISA. Resolução nº 383, de 05 de agosto de 1999. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, nº 151, 09 ago. 1999.

AZIZ, E.; BATOOL, R.; AKHTAR, W.; SHAHZAD, T.; MALIK, A.; SHAH, M. A.; IQBAL, S.; RAUF, A.; ZENGIN, G.; BOUYAHYA, A.; REBEZOV, M.; DUTTA, N.; KHAN, M. U.; KHAYRULLIN, M.; BABAEVA, M.; GONCHAROV, A.; SHARIATI, M. A.; THIRUVENGADAM, M. Rosemary species: a review of phytochemicals, bioactivities and industrial applications. **South African Journal of Botany**, v. 151, Part B, p. 3-18, 2022.



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

BRAIDE, W.; ODIONG, I. J.; ORANUSI, S. U. Phytochemical and antibacterial properties of the seed of watermelon (*Citrullus lanatus*). **Prime Journal of Microbiology Research**, v. 2, n. 3, p. 99-104, 2012.

CASTRO, R. D.; LIMA, E. O. (2011). Atividade antifúngica dos óleos essenciais de sassafrás (*Ocotea odorifera* Vell.) e alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) sobre o gênero *Candida*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n.2, p. 203-208, 2011.

DAL BELLO, F.; CLARKE, C. I.; RYAN, L. A. M.; ULMER, H.; SCHOBER, T. J.; STROM, K.; SJOGREN, J.; VAN SINDEREN, D.; SCHNÜRER, J.; ARENDT, E. K. Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by fermentation with the antifungal strain *Lactobacillus plantarum* FST 1.7. **Journal of Cereal Science**, v. 45, n. 3, p. 309-318, 2007.

EL-DEMERDASH, F. M.; EL-SAYED, R. A.; ABDEL-DAIM, M. M. Hepatoprotective potential of *Rosmarinus officinalis* essential oil against hexavalent chromium-induced hematotoxicity, biochemical, histological, and immunohistochemical changes in male rats. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 14, p. 17445-17456, 2021.

JULLANUN, P.; YOKSAN, R. Morphological characteristics and properties of TPS/PLA/cassava pulp biocomposites. **Polymer Testing**, v. 88, 2020.

KAHYA, N.; KESTIR, S. M.; ÖZTÜRK, S.; YOLAÇ, A.; TORLAK, E.; KALAYÇİOĞLU, Z.; AKİN-EVİNGÜR, G.; ERİM, F. B. Antioxidant and antimicrobial chitosan films enriched with aqueous sage and rosemary extracts as food coating materials: characterization of the films and detection of rosmarinic acid release. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 217, p. 470-480, 2022.

NARISSETTY, V.; COX, R.; WILLOUGHBY, N.; AKTAS, E.; TIWARI, B.; MATHARU, A. S.; SALONITIS, K.; KUMAR, V. Recycling bread waste into chemical building blocks using a circular biorefining approach. **Sustainable Energy and Fuels**, v. 19, n. 5, p. 4842-4849, 2021.

RESTREPO, A. E.; ROJAS, J. D.; GARCÍA, O. R.; SÁNCHEZ, L. T.; PINZÓN, M. I.; VILLA, C. C. Mechanical, barrier, and color properties of banana starch edible films incorporated with nanoemulsions of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils. **Food Science and Technology International**, v. 24, n. 8, p. 705-712, 2018.

RUSSO, P.; FARES, C.; LONGO, A.; SPANO, G.; CAPOZZI, V. *Lactobacillus plantarum* with broad antifungal activity as a protective starter culture for bread production. **Foods**, v. 6, n. 12, p.110-119, 2017.

SHARMA, S.; SHARMA, V.; CHATTERJEE, S. Contribution of plastic and microplastic to global climate change and their conjoining impacts on the environment - A review. **Science of the Total Environment**, v. 875, 2023.

TEIXEIRA, L. B.; CAMPOS, J. Z.; KOTHE, C. I.; WELKE, J. E.; RODRIGUES, E.; FRAZZON, J.; THYS, R. C. S. Type III sourdough: evaluation of biopreservative potential in bakery products with enhanced antifungal activity. **Food Research International**, v. 189, 2024.