



CRIOGEL DE AMIDO E EXTRATO DE JAMBOLÃO COMO MATERIAL BIOATIVO

F. N. Santos¹, E. P. Cruz¹, G. Oliveira¹, L. M. Fonseca¹, E. R. Zavareze¹, A. R. G. Dias¹

1- Laboratório de Biopolímeros e Nanotecnologia em Alimentos (BioNano), Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, – Universidade Federal de Pelotas – CEP: 96010-900 – Pelotas – RS – Brasil, e-mail: (elessandrad@yahoo.com.br; felipe22.s@hotmail.com; elder-pdc@hotmail.com; gaby.ooi565@gmail.com; laura_mfonseca@hotmail.com; alvaro.guerradias@gmail.com).

RESUMO – Este estudo teve como objetivo utilizar amido de cevada e extrato de jambolão para desenvolver matrizes criogênicas. O amido de cevada foi escolhido por suas propriedades estruturais e biodegradáveis, enquanto o extrato polifenólico de jambolão foi incorporado devido ao seu potencial antioxidante. Os materiais foram caracterizados por microscopia eletrônica de varredura e atividade antioxidante por poder redutor férrico (FRAP). As matrizes apresentaram estrutura porosa e homogênea. O ensaio FRAP indicou que o extrato manteve 51% de sua atividade antioxidante após a incorporação em matrizes criogênicas, sugerindo seu potencial como embalagem ativa para alimentos gordurosos, podendo auxiliar na redução da oxidação lipídica.

ABSTRACT – This study aimed to utilize barley starch and jambolan extract to develop cryogenic matrices. Barley starch was chosen for its structural and biodegradable properties, while the polyphenolic extract of jambolan was incorporated due to its antioxidant potential. The materials were characterized by scanning electron microscopy and antioxidant activity through ferric reducing power (FRAP). The matrices exhibited a porous and homogeneous structure. The FRAP assay indicated that the extract retained 51% of its antioxidant activity after incorporation into the cryogenic matrices, suggesting its potential as an active packaging for fatty foods, potentially aiding in the reduction of lipid oxidation.

PALAVRAS-CHAVE: cevada; *Syzygium cumini*; porosidade; compostos bioativos; atividade antioxidante.

KEYWORDS: barley; *Syzygium cumini*; porosity; bioactive compounds; antioxidant activity.



1. INTRODUÇÃO

O amido é um biopolímero amplamente disponível, biodegradável e compatível, tornando-se um material promissor para a formação de matrizes criogênicas (Cruz *et al.*, 2023). No entanto, a diversificação no uso de amidos é importante, pois impulsiona avanços tecnológicos na produção de biomateriais a partir de amidos com diferentes propriedades. Entre as diversas fontes disponíveis, o amido de cevada se destaca como uma alternativa promissora, merecendo maior atenção devido ao seu potencial em aplicações na área de embalagens para alimentos, como o desenvolvimento de filmes comestíveis e embalagens biodegradáveis (Halal *et al.*, 2015).

Dentre as possibilidades de materiais de embalagens, destaca-se as matrizes criogênicas ou criogéis. Essas são estruturas macroporosas geralmente obtidas a partir do processo de gelatinização do amido, seguido por métodos de reticulação física e, por fim, secagem por liofilização (Cruz *et al.*, 2023). E, são fortemente conhecidos por absorver exsudados e carrear compostos bioativos.

O jambolão (*Syzygium cumini*) é uma fruta rica em compostos bioativos, notadamente antocianinas, com comprovada atividade antioxidante (Franco *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2024). Essa característica torna seu extrato um potencial aditivo para matrizes de embalagens, onde pode atuar como agente antioxidante, contribuindo para a preservação de alimentos sensíveis à oxidação. Diante disso, este estudo teve como objetivo desenvolver matrizes criogênicas à base de amido de cevada incorporadas com extrato de jambolão, avaliando seu potencial antioxidante.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O amido de cevada (*Hordeum sativum*) com teor de amilose de 27,7% foi extraído em um estudo anterior realizado pelo nosso grupo de pesquisa (Halal *et al.*, 2015) e os frutos de jambolão (*Syzygium cumini*) foram colhidos na cidade de Capão do Leão, RS, Brasil (31°80'15"S e 52°41'57"W), demais reagentes utilizados eram de grau analítico.

O extrato de jambolão foi obtido conforme Santos *et al.* (2022), com modificações. Frutos liofilizados e moídos (1 g) foram dissolvidos em 15 mL de água acidificada (pH 2) com ácido fórmico. A solução foi mantida em banho-maria a 30 °C por 5 min, centrifugada a 3226 × g por 10 min a 4 °C, filtrada e liofilizada para obtenção do extrato em pó.

A metodologia proposta por Cruz *et al.* (2023) foi empregada para a obtenção das matrizes criogênicas. Para isso, 10 g de amido de cevada foram dissolvidos em 100 mL de água destilada, aquecidos a 90 °C por 15 min para gelatinização e, em seguida, resfriados a 55 °C para a incorporação do extrato de jambolão. Foram preparadas duas formulações: um controle (apenas amido) e outra com



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

50% de extrato de jambolão em pó (p/p). Após homogeneização em ultra-turrax, as soluções foram moldadas, congeladas a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h e submetidas a ciclos de reticulação física (congelamento a $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ e descongelamento a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) com intervalos entre os ciclos de 12 h. Por fim, as amostras foram novamente congeladas e liofilizadas.

Imagens macroscópicas das matrizes criogênicas foram registradas após sua produção, e a estrutura interna foi analisada por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para isso, as amostras foram fraturadas em nitrogênio líquido, fixadas em suportes e revestidas com uma fina camada de ouro. As imagens foram obtidas com voltagem de 15 kV e ampliação de $100\times$ (Silva *et al.*, 2023).

A atividade antioxidante do extrato de jambolão e das matrizes criogênicas foi determinada pelo método do poder antioxidante redutor férrico (FRAP), seguindo Rufino *et al.* (2006). Para a análise, 0,10 g das amostras foram dissolvidos em água acidificada (pH 2), centrifugados a 5.000 rpm por 10 min a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, e o sobrenadante coletado. Em seguida, 90 μL de cada extrato foi diluído em água destilada e reagente FRAP, incubado a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 min e analisado por espectrofotometria a 595 nm. Os resultados foram expressos em μM de equivalente Trolox/100 g de amostra em base seca.

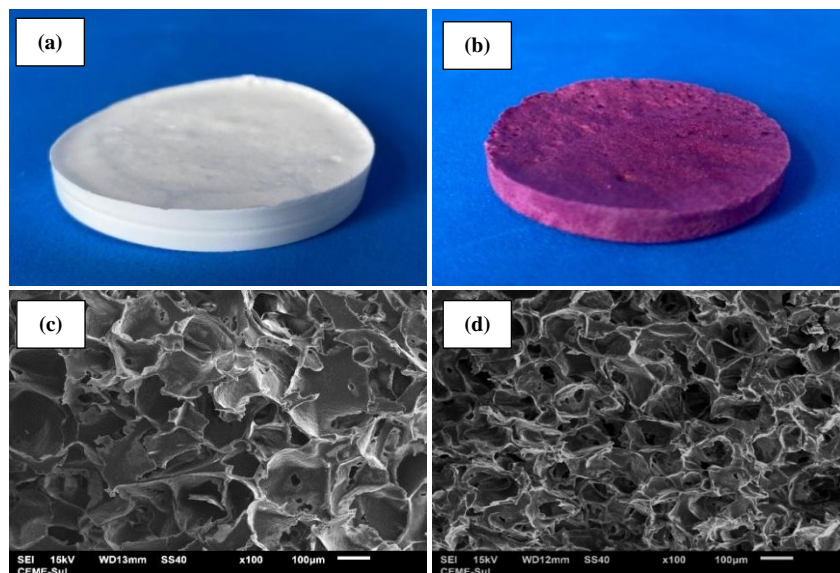
Os dados da atividade antioxidante foram analisados por ANOVA, seguida do teste de Tukey, com significância de 5%. A análise foi realizada em triplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Morfologia

As imagens macroscópicas e microscópicas das matrizes criogênicas são apresentadas na Figura 1. A incorporação de 50% de extrato de jambolão resultou em uma intensificação da coloração roxa do material (Fig. 1b). Esse efeito era esperado, uma vez que o extrato foi previamente concentrado por liofilização, processo que preserva e realça a tonalidade dos pigmentos antocianicos presentes no jambolão, conferindo à matriz uma coloração roxa mais intensa. Resultado semelhante foi relatado por Cruz *et al.* (2023) na produção de criogéis superabsorventes à base de amido de milho e diferentes concentrações de extrato de cebola roxa. Visualmente, a adição do extrato de jambolão não promoveu alterações significativas na estrutura do material em comparação com a matriz criogênica controle (Fig. 1a). Durante o processo de formação das matrizes criogênicas, a interação entre o amido e o extrato ocorreu de maneira homogênea, sem comprometer a integridade estrutural do material.

Figura 1 – Análise visual e microscópica das matrizes criogênicas.



Matriz criogênica controle (a, c) e matriz criogênica contendo 50% de extrato de jambolão (b, d).

Em relação à estrutura interna, observa-se uma morfologia porosa e homogênea tanto na matriz criogênica controle (Fig. 1c) quanto na matriz incorporadas com 50% de extrato de jambolão (Fig. 1d). Nossos resultados estão de acordo com outros trabalhos que também avaliaram a morfologia interna de materiais formados por criogenia (Cruz *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023). No entanto, os poros da matriz incorporadas com extrato de jambolão apresentaram-se visualmente mais compactos em comparação ao controle, possivelmente devido ao aumento na concentração de solutos proporcionado pela adição do extrato. De acordo com Cruz *et al.* (2023), a adição de solutos resultou em uma estrutura mais compacta em criogéis à base de amido de milho com diferentes concentrações de extrato de cebola roxa. No geral, a formação de matrizes criogênicas a partir de amido de cevada e extrato de jambolão foi bem-sucedida.

3.2 Atividade antioxidante

Os resultados da análise antioxidante pelo ensaio FRAP evidenciaram que as amostras foram estatisticamente diferentes. Aproximadamente 47747,2 $\mu\text{M TE}/100\text{ g}$ para o extrato de jambolão, 24580,6 $\mu\text{M TE}/100\text{ g}$ para a matriz criogênica com 50% de extrato e 275 $\mu\text{M TE}/100\text{ g}$ para o controle. A elevada atividade antioxidante observada para o extrato de jambolão pode ser atribuída à alta concentração de polifenóis, cuja retenção e concentração são favorecidas pelo processo de



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

liofilização (Santos *et al.*, 2022). Esse método de secagem reduz a perda de compostos bioativos, potencializando a capacidade antioxidante do extrato. Além disso, estudos destacam a eficácia do extrato de jambolão na neutralização de diversos radicais livres, reforçando seu potencial como agente antioxidante natural (Franco *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2024). Ao comparar a matriz criogênica incorporadas com 50% de extrato de jambolão com o extrato de jambolão, observou-se que sua atividade antioxidante foi equivalente a 51% da atividade total do extrato puro de jambolão. Isto é, mesmo após a incorporação do extrato na matriz criogênica, a capacidade antioxidante foi mantida em 51%, indicando que a estrutura da matriz não impactou significativamente a ação antioxidante do extrato. Desta forma, as matrizes criogênicas contendo extrato de jambolão são carreadoras de compostos bioativos, e com isso, apresentam potencial como embalagens ativas para alimentos gordurosos, ajudando a reduzir a oxidação lipídica por meio da migração de compostos fenólicos, oferecendo proteção adicional aos alimentos.

4. CONCLUSÕES

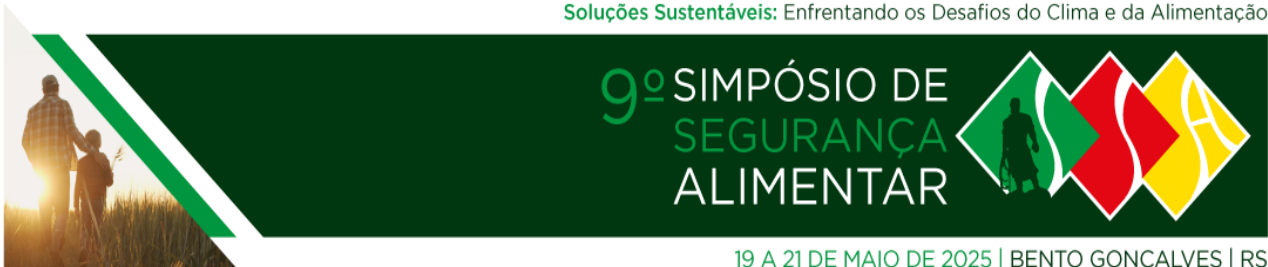
Este estudo demonstrou que o amido de cevada é promissor quando utilizado como material para produzir matrizes criogênicas e que o extrato de jambolão pode atuar como um antioxidante natural. Os materiais apresentaram estrutura porosa e homogênea, com maior densidade na presença de 50% de extrato, possivelmente devido ao aumento da concentração de solutos. A atividade antioxidante dos criogéis, em comparação ao extrato, foi mantida em 51% após a incorporação do extrato, destacando o potencial dessas matrizes para embalagens ativas. Pesquisas futuras se concentram em explorar suas propriedades de absorção, textura e biodegradabilidade para um melhor entendimento das interações entre os componentes.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES, CNPq, FINEP, CEMESUL (FURG) e FAPERGS.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, E. P., JANSEN, E. T., COSTAS, L. V., SOUZA, E. J. D., FONSECA, L. M., GANDRA, E. A., ZAVAREZE, E. R., DIAS, A. R. G. Use of red onion skin (*Allium cepa* L.) in the production of bioactive extract and application in water-absorbing cryogels based on corn starch. **Food Hydrocolloids**, 145, 109133, 2023.



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

FRANCO, R. R., ZABISKY, L. F. R., JÚNIOR, J. P. L., ALVES, V. H. M., JUSTINO, A. B., SARAIVA, A. L., GOULART, L. R., ESPINDOLA, F. S. Antidiabetic effects of *Syzygium cumini* leaves: A non-hemolytic plant with potential against process of oxidation, glycation, inflammation and digestive enzymes catalysis. **Journal of Ethnopharmacology**, 261, 2020.

HALAL, S. L. M. EL, COLUSSI, R., PINTO, V. Z., BARTZ, J., RADUNZ, M., CARREÑO, N. L. V., DIAS, A. R. G., & ZAVAREZE, E. D. R. Structure, morphology and functionality of acetylated and oxidised barley starches. **Food Chemistry**, 168, 247–256, 2015.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP)**, 2006.

SANTOS, F. N., SOUZA, E. J. D., SIEBENEICHLER, T. J., PIRES, J. B., KRINGEL, D. H., MEINHART, A. D., DIAS, A. R. G., ZAVAREZE, E. R. Multivariate analysis as tool for optimization of anthocyanins extraction from jambolan (*Syzygium cumini* L.). **Food Analytical Methods**, v. 15, n. 9, p. 2524-2536, 2022.

SANTOS, J. A. B., ASSIS, C. F., SOARES ARAGAO, C. F., SANTOS LIMA, M., PASSOS, T. S., SILVA-MAIA, J. K. Nanoparticles based on biopolymers improved antioxidant activity of phenolic compounds from jambolan (*Syzygium cumini* (L.) skeels). **Heliyon**, 10(17), e36973, 2024.

SILVA, F. T., FONSECA, L. M., BRUNI, G. P., CRIZEL, R. L., OLIVEIRA, E. G., ZAVAREZE, E. R., DIAS, A. R. G. Absorbent bioactive aerogels based on germinated wheat starch and grape skin extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, 249, 126108, 2023.