

## CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE AEROGÉIS À BASE DE AMIDO DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.) INCORPORADOS COM EXTRATO DE CARAMBOLA (*Averrhoa carambola* L.)

JÉSSICA BOSENBECKER KASTER<sup>1</sup>; ELDER PACHECO DA CRUZ<sup>2</sup>; FRANCINE TAVARES DA SILVA<sup>3</sup>; LAURA MARTINS FONSECA<sup>4</sup>; ELIEZER ÁVILA GANDRA<sup>5</sup>; ELESSANDRA DA ROSA ZAVAREZE<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [jessica\\_b\\_k@hotmail.com](mailto:jessica_b_k@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [elder-pdc@hotmail.com](mailto:elder-pdc@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [francine-ts@hotmail.com](mailto:francine-ts@hotmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [laura\\_mfonseca@hotmail.com](mailto:laura_mfonseca@hotmail.com)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – [gandraea@hotmail.com](mailto:gandraea@hotmail.com)

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas – [elessandrad@yahoo.com.br](mailto:elessandrad@yahoo.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Aerogéis são materiais porosos, com baixa densidade e alta área superficial (SILVA *et al.*, 2023). Essas características tornam esses materiais promissores para o desenvolvimento de sistemas absorventes e de liberação controlada de compostos bioativos em alimentos. Eles podem ser produzidos a partir biopolímeros, como o amido de batata (*Solanum tuberosum* L.). O amido apresenta um alto potencial para substituir polímeros sintéticos devido à sua biodegradabilidade e baixo custo. No setor alimentício, os aerogéis podem atuar como embalagens ativas, liberando compostos bioativos para os alimentos ou como absorvedores de umidade e exsudatos (FONSECA *et al.*, 2021).

Vários estudos sobre a incorporação de compostos bioativos em aerogéis vêm sendo realizados, sendo promissor o estudo relacionado ao desenvolvimento de aerogéis contendo extrato de carambola (EC) e avaliação do seu potencial antioxidante. A carambola (*Averrhoa carambola* L.) é rica em compostos bioativos como fenólicos, principalmente ácido L-ascórbico, epicatequina e ácido gálico na forma de galotanino (LAKMAL *et al.*, 2021). Esses compostos têm a capacidade de eliminar os radicais livres que danificam as células, retardando assim o processo de envelhecimento das células e as reações de degradação oxidativa em alimentos (LUAN *et al.*, 2021). Portanto, seu extrato pode ser incorporado em aerogéis, como estratégia de preservação da estabilidade e aproveitamento dos benefícios desses compostos. Diante disso, o objetivo deste estudo foi produzir aerogéis à base de amido de batata, incorporados com EC, visando desenvolver uma matriz biodegradável e bioativa, com alta capacidade de absorção de água (CAA), para possível aplicação em embalagens ativas para alimentos.

### 2. METODOLOGIA

#### 2.1 Materiais

As batatas (*Solanum tuberosum* L., cultivar Baronesa) e as carambolas (*Averrhoa carambola* L.) foram adquiridas no mercado local da cidade de Pelotas/RS/ Brasil. A água ultrapura foi obtida pelo sistema MegaPurity® da MecLab.

#### 2.2 Produção do amido de batata e do extrato de carambola (EC)

O amido de batata foi extraído seguindo a metodologia de LIU *et al.* (1999). O EC foi produzido de acordo com WU *et al.* (2022). O etanol (Exodus Scientific,

CAS 64-17-5) foi utilizado como solvente e um agitador magnético (Fisatom, 752/6, Brasil) para agitação mecânica por 24 h (25 °C). Após, realizou-se a filtração a vácuo e o EC foi submetido ao processo de concentração por rotaevaporação (Laborota 4000eco, Heidolph, Alemanha), em temperatura entre 50 e 55 °C, 120 rpm (20 min).

### 2.3 Elaboração dos aerogéis bioativos

O amido foi misturado com água ultrapura e gelatinizado a 90 °C sob agitação em banho termostático (Fisatom 550, Brasil) por 15 min. A solução foi resfriada até 50 ± 5°C, e o EC foi adicionado nas concentrações de 0%, 10%, 15% e 20% (p/p). A homogeneização foi feita por 5 min utilizando Ultra-Turrax (IKA®, T18B, Werke, Alemanha) a 11.000 rpm. As soluções poliméricas resultantes foram vertidas em placas (20 mm×10 mm) e levadas ao freezer (-17 °C) por 24 h. Os aerogéis foram reticulados fisicamente em cinco ciclos de congelamento e descongelamento a uma temperatura de -17 ± 1 °C e 24 ± 2 °C, respectivamente. Em seguida, os aerogéis foram liofilizados (Liotop K108, Brasil) (SILVA *et al.*, 2023).

### 2.4 Capacidade de absorção de água

A CAA foi realizada de acordo com SILVA *et al.* (2023). Os aerogéis foram pesados antes e após imersão em água destilada por 5 h em temperatura ambiente (20 ± 2 °C). A CAA foi medida de acordo com a Equação 1.

$$\text{Capacidade de absorção (\%)} = \frac{\text{Peso}_{\text{intumescido}} - \text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Peso}_{\text{seco}}} \quad \text{Eq. (1)}$$

### 2.5 Atividade antioxidante pelos radicais hidroxila (OH) e óxido nítrico (ON)

A atividade antioxidante foi determinada segundo VINHOLES *et al.* (2011). O cálculo seguiu conforme a Equação 2, em que I é o percentual de inibição,  $A_{\text{controle}}$  é a absorbância da reação do controle e  $A_{\text{amostra}}$  é a absorbância do extrato.

$$I (\%) = \frac{A_{\text{controle}} - A_{\text{amostra}}}{A_{\text{controle}}} \quad \text{Eq. (2)}$$

### 2.6 Análise estatística

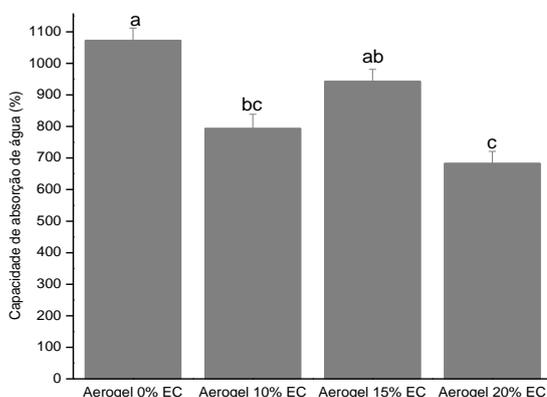
Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA ( $p < 0,05$ ) e quando foi encontrada significância estatística, o teste de Tukey foi aplicado para comparação de médias ( $p < 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os aerogéis mantiveram-se intactos após serem imersos em água e atingiram elevada CAA (Figura 1). A incorporação de EC influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) na CAA dos aerogéis sendo os valores de 1073%, 794%, 943% e 683% para os aerogéis com 0%, 10%, 15% e 20%, respectivamente. Esses valores podem ser explicados pela estrutura amorfa e os grupos hidroxila do amido (SILVA *et al.*, 2023). Em um estudo semelhante com aerogéis de amido, também foi observado alta CAA para aerogéis de amido de milho (FONSECA *et al.*, 2021). A CAA pode ser influenciada por vários fatores, como o polímero e concentração utilizada e a morfologia dos aerogéis. Aerogéis com alta CAA podem ser utilizados para absorver a umidade e o exsudato que os

produtos alimentícios liberam dentro de embalagens, ampliando assim a vida útil desses alimentos.

Figura 1 - Capacidade de absorção de água (CAA) dos aerogéis de amido adicionado de 0%, 10%, 15% e 20% (p/p) de extrato de carambola (EC). Valores com letras diferentes diferem significativamente utilizando o teste de Tukey ( $p < 0,05$ )



Fonte: Os autores (2024).

A atividade antioxidante do EC e dos aerogéis de amido incorporados com diferentes concentrações de EC foram investigados (Tabela 1). O EC apresentou a maior atividade antioxidante, 79,97% e 86,43%, para os radicais OH e ON, respectivamente. Esse resultado se deve as altas concentrações de compostos fenólicos encontrados na carambola (LUAN *et al.*, 2021).

Tabela 1 - Atividade antioxidante dos aerogéis bioativos de amido com diferentes concentrações de extrato de carambola (EC) frente aos radicais OH e ON

Amostras	Atividade antioxidante (% inibição)	
	OH	ON
Extrato de Carambola (EC)	79,97 ± 0,83 <sup>a</sup>	86,43 ± 0,41 <sup>a</sup>
Aerogel 0% EC	10,87 ± 0,17 <sup>e</sup>	10,50 ± 0,50 <sup>d</sup>
Aerogel 10% EC	33,57 ± 0,60 <sup>d</sup>	45,15 ± 1,36 <sup>c</sup>
Aerogel 15% EC	33,86 ± 0,65 <sup>c</sup>	53,45 ± 0,05 <sup>b</sup>
Aerogel 20% EC	39,94 ± 1,57 <sup>b</sup>	57,77 ± 0,67 <sup>b</sup>

Média ± desvio padrão. Letras diferentes apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) por Tukey. Fonte: Os autores (2024).

Nos aerogéis, de um modo geral, o aumento da concentração de EC adicionado aumentou a atividade antioxidante. O aerogel com a maior concentração de EC (20%) apresentou o maior percentual de inibição para o radical OH. Para o radical ON a adição de maiores concentrações de EC aumentou a atividade antioxidante, sendo que para as amostras com 15% e 20% de EC não diferiu estatisticamente. Com isso, podemos ressaltar que as

atividades antioxidantes observadas estão diretamente relacionadas com a quantidade de compostos bioativos presentes no EC. Assim, o uso desses aerogéis para aplicação em embalagens ativas, sendo veículo de compostos antioxidantes, se tornar promissor.

#### 4. CONCLUSÕES

Aerogéis à base de amido de batata foram produzidos com sucesso incorporando diferentes concentrações (0%, 10%, 15% e 20%, p/p) de EC. Os aerogéis apresentaram alta CAA e mantiveram-se íntegros após a imersão em água. O material produzido possui potencial para utilização em embalagens ativas de alimentos, podendo liberar substâncias antioxidantes e absorver exsudatos em alimentos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FONSECA, L. M.; SILVA, F. T.; BRUNI, G. P.; BORGES, C. D.; ZAVAREZE, E. Rosa.; DIAS, Á. R. G. Aerogels based on corn starch as carriers for pinhão coat extract (*Araucaria angustifolia*) rich in phenolic compounds for active packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 169, p. 362-370, 2021.

LAKMAL, K.; YASAWARDENE, P.; JAYARAJAH, U.; SENEVIRATNE, S.L. Nutritional and medicinal properties of star fruit (*Averrhoa carambola*): a review. **Food Science and Nutrition**, v. 9, pp. 1810-1823, 2021.

LIU, H.; RAMSDEN, L.; CORK, Ha. Physical properties and enzymatic digestibility of phosphorylated ae, wx, and normal maize starch prepared at different pH levels 1. **Cereal Chemistry**, v.76, p.938-943, 1999.

LUAN, F.; PENG, L.; LEI, Z.; JIA, X.; ZOU, J.; YANG, Y.; HE, X.; ZENG, N. Traditional uses, phytochemical constituents and pharmacological Properties of *Averrhoa carambola* L.: a revision. **Frontiers Pharmacology**, v. 12, p. 1–27, 2021.

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

VINHOLES, J.; GROSSO, C.; ANDRADE, P. A.; GIL-IZQUIERDO, Á.; VALENTÃO, P.; PINHO, P. G.; FERRERES, F. *In vitro* studies to assess the antidiabetic, anticholinesterase and antioxidant potential of *Spergularia rubra*. **Food Chemistry**, v. 129, p. 454-462, 2011.

WU, P., IWAHASHI, H.; XIE, H. H.; WANG, Y.; ZHOU, Y. Y.; KISO, A.; KAWASHIMA, Y.; WEI, X. Y. Star fruit extract and C-glycosylated flavonoid components have the potential to prevent skin inflammation induced by air pollutants and premature aging. **Natural Products and Bioprospecting**, v. 12, p. 13, 2022.