

## **CRIOGÉIS DE AMIDO DE MILHO COM EXTRATO DE CASCA DE CEBOLA ROXA: MATERIAL BIOPOLIMÉRICO SUPER ABSORVENTE DE ÁGUA E ANTIBACTERIANO**

ELDER PACHECO DA CRUZ<sup>1</sup>; ESTEFANIA JÚLIA DIERINGS DE SOUZA<sup>2</sup>, LAURA MARTINS FONSECA<sup>3</sup>, ELIEZER AVILA GANDRA<sup>4</sup>, ELESSANDRA DA ROSA ZAVAREZE<sup>5</sup>, ALVARO RENATO GUERRA DIAS<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Biopolímeros e Nanotecnologia em Alimentos, Universidade Federal de Pelotas – [elderpachecodacruz@gmail.com](mailto:elderpachecodacruz@gmail.com)

<sup>2</sup>Laboratório de Biopolímeros e Nanotecnologia em Alimentos, Universidade Federal de Pelotas – [estefaniajulia.dierings@gmail.com](mailto:estefaniajulia.dierings@gmail.com)

<sup>3</sup>Laboratório de Biopolímeros e Nanotecnologia em Alimentos, Universidade Federal de Pelotas – [laura\\_mfonseca@hotmail.com](mailto:laura_mfonseca@hotmail.com)

<sup>4</sup>Laboratório de Ciência de Alimentos e Biologia Molecular, Universidade Federal de Pelotas – [gandraea@hotmail.com](mailto:gandraea@hotmail.com)

<sup>5</sup>Laboratório de Biopolímeros e Nanotecnologia em Alimentos, Universidade Federal de Pelotas – [elessandrad@yahoo.com.br](mailto:elessandrad@yahoo.com.br)

<sup>6</sup>Laboratório de Biopolímeros e Nanotecnologia em Alimentos, Universidade Federal de Pelotas – [alvaro.guerradias@gmail.com](mailto:alvaro.guerradias@gmail.com) – Orientador

### **1. INTRODUÇÃO**

A crescente demanda por alimentos saudáveis tem levado a indústria alimentícia a buscar tecnologias para conservar os produtos fresco, mantendo preservados os macros e micronutrientes. Os materiais biopoliméricos produzidos a partir de hidrogéis, como aerogéis, criogéis e xerogéis, têm-se destacado como alternativas promissoras para a indústria alimentícia, pois esses materiais podem ser usados em embalagens ativas para prolongar a vida útil de produtos frescos (FONSECA *et al.*, 2021), atuando como agentes antibacterianos e como absorvedores de líquidos e exsudados em frutas e produtos cárneos, por exemplo

Esses materiais de porosidade ultraleve e alta área superficial podem ser produzidos a partir de polímeros naturais (ZOU e BUDTOVA, 2011). O amido de milho, um polissacarídeo de baixo custo e comum na dieta humana, tem se mostrado promissor para a produção de criogéis, os quais apresentam capacidade de carrear compostos bioativos e liberá-los de forma específica (FONSECA *et al.*, 2021).

Um recurso pouco explorado é a casca da cebola roxa, que compõe cerca de 10% da cebola e não é consumida, transformando-se em resíduo, sendo descartada no meio ambiente. A casca da cebola é rica em compostos bioativos, como fenólicos e flavonoides (SHABIR *et al.*, 2022). Estima-se que a concentração de flavonoides na casca da cebola seja até 48 vezes maior do que na parte comestível (NILE *et al.*, 2021). Portanto, a hipótese deste estudo é que os criogéis adicionados com extrato da casca de cebola roxa (ECCR) possam exibir alta capacidade de absorção de água e promover atividade antibacteriana, proporcionando uma aplicação prática e eficaz em produtos alimentícios.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi agregar valor às cascas de cebola, produzindo um extrato bioativo para adicionar a criogéis à base de amido, com o intuito de produzir um material biopolimérico altamente absorvente e com propriedades antibacterianas.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Material

A cebola (*Allium cepa*, L.) da variedade "Crioula" foi adquirida no comércio local da cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. Utilizou-se amido de milho nativo (Maizena®, LOTE: 68D, São Paulo, Brasil) e etanol (pureza  $\geq 99,8\%$ ; Exodus Scientific, CAS 64-17-5). Para as análises microbiológicas, foram empregados o Ágar Base Listeria Oxford (OXFORD, HIMEDIA) e o Ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD, KASVI). A água ultrapura foi obtida por meio do sistema MecLab MegaPurity® (Jacareí, Brasil). Todos os outros reagentes utilizados eram de grau analítico.

### 2.2 Produção do ECCR

O ECCR foi obtido a partir das cascas secas em estufa a 60 °C por 8 h, as quais foram moídas em um triturador de alimentos (Cuori, CUO-3110, Itália) por 3 min. As cascas moídas foram misturadas com etanol 70% (em água ultrapura, v/v) na proporção de 1:45 (p/v) e aquecidas em banho-maria a 60 °C por 3 h, com agitação manual a cada 30 min. A solução extratora resultante foi rotaevaporada em um evaporador rotativo (Laborota 4000eco, Heidolph, Alemanha), acoplado a um banho ultra termostático (Q214M2, Quimis, Brasil), a 60 °C e com agitação de 90 rpm até a completa evaporação do solvente. O ECCR líquido foi colocado em um ultrafreezer (-63 °C) e liofilizado (Liotop K108, Brasil) por 72 h (obtendo um pó seco) e, em seguida, adicionado em um frasco hermeticamente fechado e armazenado em freezer (-17 °C). Os compostos fenólicos identificados no ECCR por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a um espectrômetro de massas incluíram quercetina, quercetina 3-o-glicosídeo, miricetina, quercetina 3-o-acetil ramnosídeo, apigenina 7-arabinosídeo e isorramnetina 3-glicuronídeo (quantificação não mostrada)

### 2.3 Produção dos criogéis

A produção seguiu a metodologia proposta por Silva *et al.* (2020). O amido foi misturado com água ultrapura (10%, p/v) e gelatinizado a 90 °C sob agitação em banho termostático (Fisatom 550, Brasil) por 15 min. Em seguida, resfriou-se até  $50 \pm 5$  °C, e o ECCR foi adicionado nas concentrações de 10 e 15% (p/p), determinadas por testes preliminares. A homogeneização foi feita por 5 min utilizando Ultra-Turrax (IKA®, T18B, Werke, Alemanha) a 11.000 rpm. Amostras sem ECCR foram usadas como controle. As soluções poliméricas resultantes foram vertidas em placas (~20 mm×10 mm, diâmetro×altura) e levadas ao freezer (-17 °C) por 24 h. Os criogéis foram reticulados fisicamente em cinco ciclos de congelamento e descongelamento durante 5 dias a uma temperatura de  $-17 \pm 1$  °C e  $24 \pm 2$  °C, respectivamente. Em seguida, os criogéis foram liofilizados (Liotop K108, Brasil) por aproximadamente 72 h.

### 2.4 Capacidade de absorção de água (CAA)

A CAA dos criogéis foi avaliada seguindo o método descrito por Silva *et al.* (2020). Os criogéis foram imersos em 50 mL de água destilada a temperatura ambiente ( $25 \pm 3$  °C) durante 24 h. A CAA foi determinada pela diferença de peso das amostras antes e após a imersão, calculada conforme a Equação 1.

$$\text{CAA (\%)} = \frac{\text{Peso inicial do criogel hidratado} - \text{Peso inicial do criogel seco}}{\text{Peso inicial do criogel seco}} \times 100 \quad \text{Equação 1.}$$

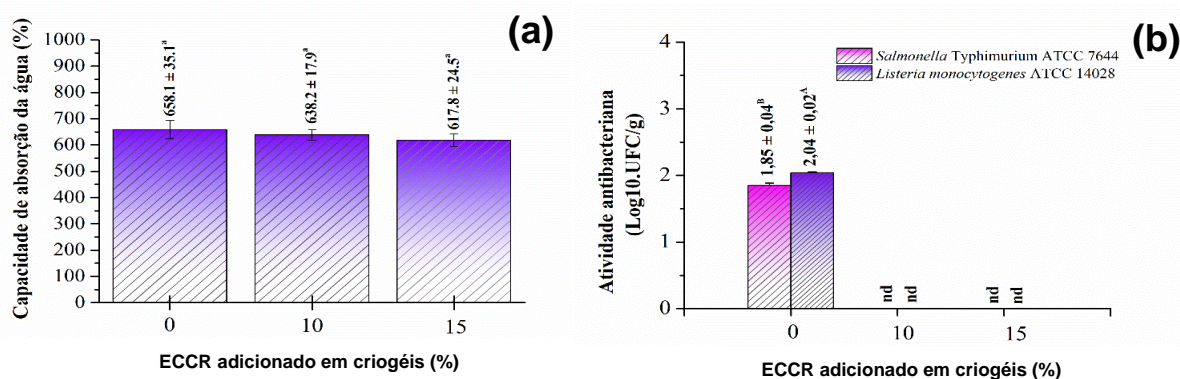
### 2.5 Atividade antibacteriana

Os criogéis foram avaliados frente a *Listeria monocytogenes* (ATCC 7644) e *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028). O teste antibacteriano seguiu um método horizontal, conforme descrito por Raschip *et al.* (2020), com pequenas adaptações. Primeiramente, os microrganismos foram previamente reativados. Após, os inóculos bacterianos foram preparados em solução salina 0,85%, com turbidez de 0,5 na escala de McFarland. Foram realizadas diluições seriadas até concentração de 1,5 x

$10^3$  (aproximadamente 1500 UFC/mL). A superfície dos criogéis foi contaminada com 500  $\mu$ L das cepas bacterianas. Criogéis preparados somente com água estéril foram utilizados como controle. Após a adição dos inóculos bacterianos, os criogéis foram incubados por 24 h a 37 °C. Em seguida, os criogéis com os inóculos foram tratados com um *swab* estéril embebido solução salina 0,85% e semeado na superfície de meios de cultura seletivos (XLD ou OXFORD). As placas foram incubadas a  $37 \pm 1$  °C por 24 h. As colônias foram contadas e expressas em Log<sub>10</sub>.UFC/g.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os criogéis se mantiveram intactos após serem imersos em água por 24 h. Os criogéis atingiram uma CAA de cerca de 658,1% (Figura 1a), e a adição das duas concentrações de ECCR não influenciou estatisticamente a absorção de água dos criogéis após 24 h de imersão. Os elevados valores de absorção de água podem ser explicados devido à rede tridimensional do criogel de amido de milho. Esses materiais com baixa densidade, alta porosidade e alta área superficial tendem a ter grande CAA (Wan *et al.*, 2019). Estudos anteriores com outros materiais hidrofílicos também observaram elevada CAA (FONSECA *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2020). A CAA depende de vários fatores, como o polímero utilizado, concentração do polímero, solvente a ser absorvido, pH do solvente, entre outros. Os criogéis com alta CAA oferecem excelente potencial para aplicações em embalagens de produtos que liberam líquidos ou exsudados, como carnes e derivados, ou para frutas, como morango e amora, que possuem alta atividade de água.



**Figura 1.** Capacidade de absorção de água (CAA) (a) e atividade antibacteriana (b) dos criogéis de amido adicionado de 0, 10 e 15 % (p/p) de ECCR. <sup>a,b</sup> Valores com letras diferentes diferem significativamente utilizando o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); nd: não detectado.

Foram realizadas investigações do potencial antibacteriano dos criogéis, com e sem a adição de ECCR, com o objetivo de observar o crescimento ou inibição de *S. Typhimurium* (bactéria Gram-negativa) e *L. monocytogenes* (bactéria Gram-positiva) (Figura 1b). Os criogéis contendo 10 e 15% de ECCR apresentaram atividade antibacteriana contra *S. Typhimurium* e *L. monocytogenes*, uma vez que não apresentaram crescimento bacteriano nessas condições. O criogel controle (sem adição de ECCR) não apresentou atividade antibacteriana frente a nenhuma das bactérias testadas. Isso resultou em um crescimento bacteriano de 1,85 e 2,04 Log<sub>10</sub>.UFC/g para *S. Typhimurium* e *L. monocytogenes*, respectivamente. É importante ressaltar que esse crescimento foi estatisticamente maior para *L. monocytogenes*.

*S. Typhimurium* e *L. monocytogenes* são dois microrganismos patogênicos que apresentam grande preocupação no âmbito da segurança alimentar. A *Salmonella*

spp., em particular, é um dos principais agentes causadores de surtos de doenças de origem alimentar, podendo desencadear desde infecções intestinais até septicemia. Por outro lado, a *L. monocytogenes* pode resultar em casos de meningite e abortos, com índices de mortalidade em torno de 30% em indivíduos imunodeprimidos. Prevenir a contaminação por essas bactérias apresenta grande importância para resguardar a saúde pública e assegurar a qualidade dos alimentos. Nesse cenário, os criogéis antibacterianos, aliados à sua alta CAA, são alternativas altamente promissoras, podendo ser aplicados de forma independente ou como componentes de embalagens ativas, oferecendo uma excelente solução para prolongar a vida útil dos alimentos.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo demonstram a viabilidade de desenvolver criogéis à base de amido de milho com uma alta capacidade de absorção de água. A adição de ECCR nas concentrações de 10 e 15% (p/p) revelou a capacidade de conferir atividades antibacterianas eficazes frente a *S. Typhimurium* e *L. monocytogenes*. Essa pesquisa abre novas perspectivas para o desenvolvimento de materiais biopoliméricos e bioativos com aplicações potenciais na indústria alimentícia, visando aprimorar a segurança e a qualidade dos produtos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

NILE, A.; NILE, S.H.; CESPEDES-ACUÑA, C.L; OH, J.W. Spiraeoside extracted from red onion skin ameliorates apoptosis and exerts potent antitumor, antioxidant and enzyme inhibitory effects. **Food and Chemical Toxicology**, 154, p.112327, 2021.

RASCHIP, I.E.; FIFERE, N.; VARGANICI, C.D.; DINU, M.V. Development of antioxidant and antimicrobial xanthan-based cryogels with tuned porous morphology and controlled swelling features. **International Journal of Biological Macromolecules**, p.608-620, 2020.

SHABIR, I.; PANDEY, V.K.; DAR, A.H.; PANDISELVAM, R.; MANZOOR, S.; MIR, S.A.; SHAMS, R.; DASH, K.K.; FAYAZ, U.; KHAN, S.A.; JEEVARATHINAM, G., Nutritional profile, phytochemical compounds, biological activities, and utilization of onion peel for food applications: a review. **Sustainability**, 14, p.11958, 2022.

SILVA, F.T.; OLIVEIRA, J.P.; FONSECA, L.M.; BRUNI, G.P.; ZAVAREZE, E.R.; DIAS, A.R.G. Physically cross-linked aerogels based on germinated and non-germinated wheat starch and PEO for application as water absorbers for food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, 155, p.6-13, 2020.

WAN, C.; JIAO, Y.; WEI, S.; ZHANG, L.; WU, Y.; LI, J. Functional nanocomposites from sustainable regenerated cellulose aerogels: A review. **Chemical Engineering Journal**, p.459-475, 2019.

ZOU, F.; BUDTOVA, T. Polysaccharide-based aerogels for thermal insulation and superinsulation: An overview. **Carbohydrate Polymers**, 266, p.118130, 2021.