

## ÓLEO ESSENCIAL DE CÚRCUMA INCORPORADO EM CRIOGÉIS DE AMIDO: CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

GABRIEL LUCAS PAIL<sup>1</sup>; ELDER PACHECO DA CRUZ<sup>2</sup>; CAMILA DE OLIVEIRA PACHECO<sup>3</sup>; ESTEFANI TAVARES JANSEN<sup>4</sup>; LAURA MARTINS FONSECA<sup>5</sup>;  
ELESSANDRA DA ROSA ZAVAREZE<sup>6</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – gabriel.pail@hotmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – elder-pdc@hotmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – campipachecco@gmail.com*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – estefani\_tj@hotmail.com*

<sup>5</sup>*Universidade Federal de Pelotas – laura\_mfonseca@hotmail.com*

<sup>6</sup>*Universidade Federal de Pelotas – elessandrad@yahoo.com.br*

### 1. INTRODUÇÃO

A cúrcuma (*Curcuma longa* L.) é uma rizomatosa da família Zingiberaceae, cultivada em países tropicais. O óleo essencial de cúrcuma (OEC) apresenta atividades antioxidante e antimicrobiana comprovadas (ALI et al., 2023; ARAÚJO et al., 2023). Todavia, de forma geral, os OEs apresentam instabilidade frente a diversos fatores ambientais, o que demanda estratégias para garantir sua eficácia. Entre as alternativas, destacam-se os biomateriais, como os criogéis, que podem atuar como carreadores desses compostos bioativos (BARBOZA et al., 2024).

Os criogéis são materiais porosos de baixa densidade e alta área superficial (ZOU & BUDTOVA, 2021), e podem ser produzidos a partir de diferentes biopolímeros. Quando elaborados a partir de amidos, eles apresentam propriedades mecânicas e térmicas promissoras para diferentes aplicações (CRUZ et al., 2023; ZOU & BUDTOVA, 2021). Seu uso em embalagens ativas é pouco explorado, embora promissor, e, devido ao seu alto potencial de absorção de água, pode auxiliar na remoção de umidade e exsudato de alimentos perecíveis, contribuindo para a sua conservação (BARBOZA et al., 2024; DHUA & MISHRA, 2023).

Assim, este estudo propõe a incorporação de OEC em criogéis de amido de trigo, com o objetivo de obter um biomaterial de dupla funcionalidade, atuando como absorvedor de exsudato e agente antioxidante para aplicações em embalagens alimentícias ativas.

### 2. METODOLOGIA

#### 2.1 Material

O OEC foi adquirido da empresa Laszlo (Lote LZ1963), extraído de rizomas por destilação a vapor. O amido foi extraído a partir de grãos de trigo da cultivar BRS Marcante (*Triticum aestivum* L.) (BARANZELLI et al., 2019), fornecidos pela Embrapa Trigo e contém 29,5% de amilose (p/p, base seca) (PORTO et al., 2019). Tween 80 (U.S.P, Lote 231595) e glicerina (P.A., Lote 246357) foram adquiridos da Synth. Os demais reagentes eram de grau analítico.

#### 2.2 Preparo dos criogéis

Os criogéis de amido foram preparados conforme CRUZ et al. (2023), com modificações. O amido (10 g) foi disperso em água ultrapura (100 mL), adicionado de Tween 80 (10%, p/p, em relação ao amido) e glicerina (10%, p/p, em relação ao amido). A suspensão foi gelatinizada a 90 °C por 30 min sob agitação,

homogeneizada em Ultra-Turrax (11.000 rpm, 2 min) e resfriada a  $60 \pm 2$  °C para incorporação do OEC (20 e 30%, v/p, em relação ao amido). O controle correspondeu a um criogel produzido sem a adição de OEC (0%). Alíquotas (4 g) foram vertidas em placas de Petri e submetidas a cinco ciclos de congelamento (-17 °C, 12 h) e descongelamento (25 °C, 12 h). Em seguida, foram congeladas a -60 °C e liofilizadas (-100 °C, ~100 µHg, 24 h), originando os criogéis.

### 2.3 Capacidade de absorção de água

A capacidade de absorção de água (CAA) dos criogéis foi avaliada conforme a metodologia descrita por BARBOZA et al. (2024). Inicialmente, os criogéis foram pesados a seco e, em seguida, colocados em um bêquer contendo 50 mL de água destilada à temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C), permanecendo em hidratação por 24 h. Após o período de imersão, as amostras foram novamente pesadas. A CAA foi calculada pela Equação 1, em que  $P_h$  é o peso do criogel hidratado (24 h), e  $P_i$  é o peso inicial do criogel seco.

$$\text{CAA (\%)} = \left( \frac{P_h - P_i}{P_i} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

### 2.4 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos criogéis foi determinada pelos métodos ABTS (2,2'-azinobis (3-etylbenzotiazolína) 6-ácido sulfônico) (RE et al., 1999) e DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) (BRAND-WILLIAMS et al., 1995), com modificações. Para ambos, 1 mg de amostra foi adicionado às soluções radicais (ABTS+ ajustado a  $0,70 \pm 0,05$  a 734 nm; DPPH ajustado a  $1,10 \pm 0,02$  a 515 nm, em metanol P.A.), seguido de agitação em vórtex e incubação no escuro (ABTS: 30 min; DPPH: 2h 30 min, 25 °C). As leituras das absorbâncias foram realizadas em espectrofotômetro (SpectraMax 190, EUA). A atividade antioxidante foi expressa como percentual de inibição do radical e calculada em base seca utilizando a Equação 2, em que  $ABS_{\text{amostra}}$  é a absorbância de cada amostra, e  $ABS_{\text{controle}}$  é a absorbância das soluções sem amostra (solução branca - metanol).

$$\text{Inibição (\%)} = \frac{ABS_{\text{controle}} - ABS_{\text{amostra}}}{ABS_{\text{controle}}} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

### 2.5 Análise estatística

Os resultados foram analisados por ANOVA, e as diferenças entre médias avaliadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

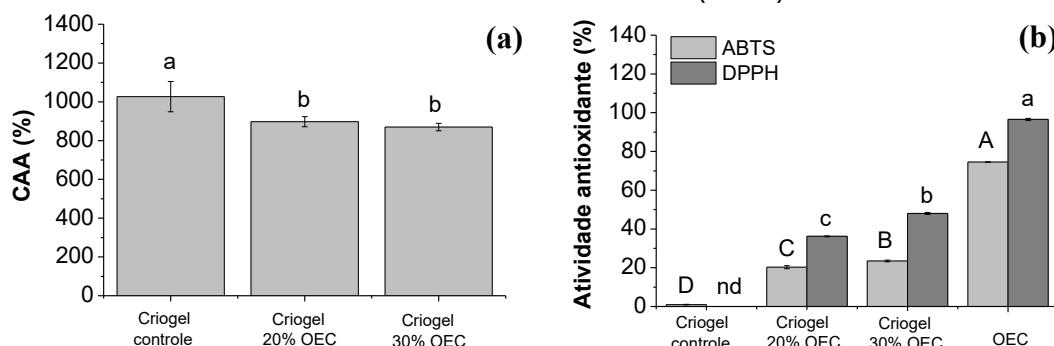
### 3.1 Capacidade de absorção de água (CAA)

Todos os criogéis apresentaram alta CAA. O controle atingiu 1026%, enquanto os criogéis com OEC apresentaram aproximadamente 883%, uma redução de ~14%, sem diferença estatística entre as concentrações de 20% e 30% de OEC (Figura 1a). A redução observada pode estar associada as alterações morfológicas ou aos grupos hidrofóbicos do OEC, que afetam a interação com a água.

Criogéis de amido, como os de milho (658–893%) e de trigo (957%) (CRUZ et al., 2023; BARBOZA et al., 2024; SILVA et al., 2020), apresentam alta absorção de água, permitindo aplicações na área farmacêutica e de embalagens alimentícias. Em alimentos que liberam exsudato, como carne de frango e folhas de espinafre,

os criogéis podem absorver líquidos e simultaneamente liberar compostos bioativos, como o OEC, aumentando a conservação por atividade antioxidante (BARBOZA et al., 2024; DHUA & MISHRA, 2023).

Figura 1. Capacidade de absorção de água (CAA) (a) e atividade antioxidante frente aos radicais ABTS e DPPH (b) dos criogéis de amido incorporados com óleo essencial de cúrcuma (OEC).



a,b,c,A,B,C Letras minúsculas ou maiúsculas distintas indicam diferenças significativas entre avaliações, por ANOVA e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). nd: não detectado.

### 3.2 Atividade Antioxidante

A atividade antioxidante do OEC puro (Figura 1b) apresentou alta inibição (96,57% para o radical ABTS e 74,52% para o radical DPPH), superior ao relatado na literatura por ARAÚJO et al. (2023), que observaram 34,01% de inibição do radical DPPH, e similares aos encontrados por ALI et al. (2023) para o radical ABTS ( $94,56 \pm 1,33\%$ ), evidenciando suas propriedades bioativas significativas e seu potencial como bio-preservativo para a indústria alimentícia.

Quando incorporado em criogéis nas concentrações de 20% e 30% de OEC, a inibição variou de 36,19% a 48,05% (ABTS) e 20,26% a 23,47% (DPPH), aumentando com a concentração de OEC e sendo maior para ABTS. Apesar de apresentar menor atividade que o OEC puro, os criogéis mantêm potencial promissor para aplicações alimentícias e de embalagens, podendo oferecer estabilidade térmica, liberação controlada e compatibilidade com diferentes matrizes alimentícias (CRUZ et al., 2023). O uso de antioxidantes naturais em alimentos ajuda a prevenir a peroxidação lipídica, prolongando a vida útil e preservando sabor, textura e valor nutricional, com menor risco à saúde em comparação aos antioxidantes sintéticos.

## 4. CONCLUSÕES

Os criogéis de amido de trigo incorporados com OEC exibiram elevada capacidade de absorção de água (1026% no controle e ~883% com OEC). A atividade antioxidante do OEC puro (96,57% ABTS; 74,52% DPPH) reduziu nos criogéis, alcançando até 48% (ABTS) e 23% (DPPH) no criogel com 30% OEC. Assim, evidencia-se que OEC foi incorporado com sucesso em criogéis de amido. As aplicações em preservação de alimentos, especialmente em embalagens ativas, mostram-se promissoras para criogéis com dupla funcionalidade, apresentando elevada capacidade de absorção de água e atividade antioxidante, como os desenvolvidos neste estudo.

## 5. AGRADECIMENTOS

À UFPel, à CAPES (código de financiamento 001), ao CNPq, à FAPERGS e à Finep.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, M. S.; HAQ, M.; ROY, V. C.; HO, T. C.; PARK, J. S.; HAN, J. M.; CHUN, B. S. Development of fish gelatin/carrageenan/zein bio-nanocomposite active-films incorporated with turmeric essential oil and their application in chicken meat preservation. **Colloids and surfaces B: Biointerfaces**, v. 226, p. 113320, 2023.

ARAÚJO, M. N. P.; GRISI, C. V. B.; DUARTE, C. R.; ALMEIDA, Y. M. B.; VINHAS, G. M. Active packaging of corn starch with pectin extract and essential oil of *Turmeric Longa Linn*: Preparation, characterization and application in sliced bread. **International journal of biological macromolecules**, v. 226, p. 1352-1359, 2023.

BARANZELLI, J.; KRINGEL, D. H.; MALLMANN, J. F.; BOCK, E.; HALAL, S. L. M.; PRIETTO, L.; ZAVAREZE, E. R.; MIRANDA, M. Z.; DIAS, A. R. G. Impact of wheat (*Triticum aestivum* L.) germination process on starch properties for application in films. **Starch-Stärke**, v. 71, n. 7-8, p. 1800262, 2019.

BARBOZA, V. D. S.; PEREIRA, C. J. A.; GARCIA, V. P.; TAVARES, M. V.; PINHEIRO, L. G.; ZIBETTI, L.; FRIZZO, C. P.; CRUZ, E. P.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A. R. G.; CAMARGO, E. R.; GIONGO, J. L.; VAUCHER, R. A. Green cryogel development: Utilizing *Rosa centifolia* essential oil for SARS-CoV-2 removal in wastewater. **Journal of inorganic and organometallic polymers and materials**, p. 1-14, 2024.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

CRUZ, E. P.; JANSEN, E. T.; COSTA, 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**, v. 145, p. 109133, 2023.

DHUA, S.; MISHRA, P. Development of highly reusable, mechanically stable corn starch-based aerogel using glycerol for potential application in the storage of fresh spinach leaves. **International journal of biological macromolecules**, v. 242, p. 125102, 2023.

PORTO, M. D. A.; SANTOS, J. P.; HACKBART, H. C. S.; BRUNI, G. P.; FONSECA, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A. R. G. Immobilization of  $\alpha$ -amylase in ultrafine polyvinyl alcohol (PVA) fibers via electrospinning and their stability on different substrates. **International journal of biological macromolecules**, v. 126, p. 834-841, 2019.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free radical biology and medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

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**, v. 155, p. 6-13, 2020.

ZOU, F.; BUDTOVA, T. Tailoring the morphology and properties of starch aerogels and cryogels via starch source and process parameter. **Carbohydrate Polymers**, v. 255, p. 117344, 2021.