



NANOENCAPSULAÇÃO DE CANTAXANTINA COM MUCILAGEM DE CACTO: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL A HIDROCOLOIDES SINTÉTICOS

D. A. da Costa¹, S. H. Flôres², A. de O. Rios³,

1 - Laboratório de Compostos Bioativos, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves, n° 9500, Caixa Postal 15059, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 91501-970, Brasil – e-mail (diegoacostapel@gmail.com).

2 - (UFRGS) – (simone.flores@ufrgs.br).

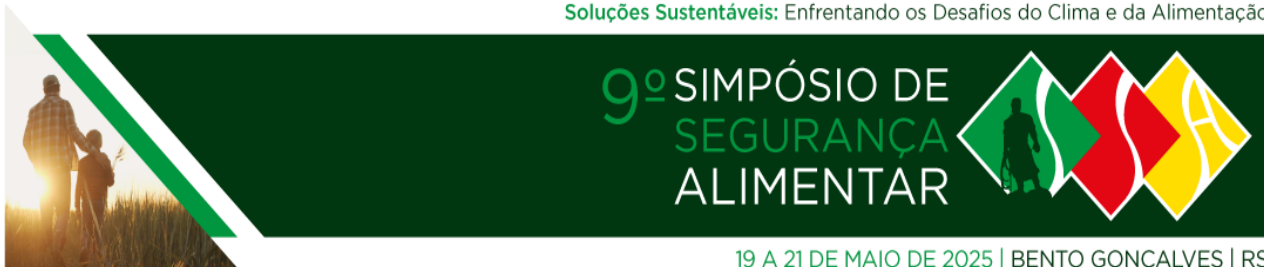
3 - (UFRGS) – (alessandro.rios@ufrgs.br).

RESUMO – A extração de mucilagem de cactos para obter hidrocoloides tem despertado o interesse como uma alternativa sustentável e natural aos sintéticos, para encapsular cantaxantina, especialmente devido às propriedades únicas tanto da substância encapsulante quanto do próprio carotenoide. Em contra partida a cantaxantina é sensível à luz, oxigênio e calor, o que pode resultar na perda de suas propriedades benéficas, contudo, a nanoencapsulação oferece uma proteção eficaz, criando uma barreira em torno da molécula de cantaxantina. O objetivo deste estudo foi nanoencapsular cantaxantina por meio da técnica de deposição interfacial utilizando como material de parede a mucilagem de cacto como uma alternativa sustentável aos hidrocoloides sintéticos. O rendimento de extração dos cladódios foi de 0,88%, as nanocápsulas apresentaram uma distribuição de tamanho homogênea, com diâmetro médio de 259,2 nm. Esse resultado confirma o potencial da mucilagem de cacto como uma alternativa sustentável aos hidrocoloides sintéticos para desenvolver nanocápsulas.

ABSTRACT - The extraction of cactus mucilage to obtain hydrocolloids has sparked interest as a sustainable and natural alternative to synthetic ones for encapsulating canthaxanthin, particularly due to the unique properties of both the encapsulating substance and the carotenoid itself. On the other hand, canthaxanthin is sensitive to light, oxygen, and heat, which can lead to the loss of its beneficial properties. However, nanoencapsulation offers effective protection by creating a barrier around the canthaxanthin molecule. The aim of this study was to nanoencapsulate canthaxanthin using the interfacial deposition technique, with cactus mucilage as the wall material, as a sustainable alternative to synthetic hydrocolloids. The extraction yield from the cladodes was 0.88%, and the nanocapsules showed a homogeneous size distribution, with an average diameter of 259.2 nm. This result confirms the potential of cactus mucilage as a sustainable alternative to synthetic hydrocolloids for developing nanocapsules.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrocoloides naturais; Mucilagem; Carotenoides; Antioxidante.

KEYWORDS: Natural hydrocolloids; Mucilage; Carotenoids; Antioxidant.



1. INTRODUÇÃO

A extração de mucilagem de cactos para obter hidrocoloides tem despertado o interesse científico, especialmente como uma alternativa sustentável e natural aos hidrocoloides sintéticos usados em indústrias como alimentos, cosméticos e farmacêutica (Mannai et al., 2023).

A mucilagem extraída dos cactos é composta principalmente por polissacarídeos de alto peso molecular, com diferentes açúcares como as xilanas, arabinanas e galactanas, que possuem propriedades gelificantes, espessantes e emulsificantes. Além disso, essas substâncias são biocompatíveis, biodegradáveis e podem ser facilmente processadas, tornando-as ideais para diversas aplicações industriais (Goksen et al., 2023; Mannai et al., 2024).

A nanoencapsulação de cantaxantina utilizando hidrocoloides extraídos de cactos, como a mucilagem, apresenta uma abordagem promissora, especialmente devido às propriedades únicas tanto da substância encapsulante quanto da própria cantaxantina (Carmona, Robert, Vergara, & Sáenz, 2021; Telegina et al., 2023).

A cantaxantina como carotenoide, é um pigmento natural amplamente distribuído pela natureza com propriedades benéficas, como sua capacidade antioxidante capaz de eliminar espécies reativas de oxigênio (ERO) e desativar o oxigênio singlete (1O_2), além de aplicações como corante natural (Telegina et al., 2023).

Em contra partida a cantaxantina é sensível à luz, oxigênio e calor, o que pode resultar na perda de suas propriedades benéficas, cotundo a nanoencapsulação pode oferecer uma proteção eficaz, criando uma barreira em torno da molécula de cantaxantina, impedindo sua degradação e garantindo a estabilidade do composto por mais tempo (Rebelo et al., 2020).

O objetivo deste trabalho foi nanoencapsular cantaxantina por meio da técnica de deposição interfacial utilizando como material de parede a mucilagem de cacto como uma alternativa sustentável aos hidrocoloides sintéticos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Extração da mucilagem de cacto

Os cladódios foram coletados e transportados para o Laboratório de Compostos Bioativos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Após a remoção dos espinhos e gloquídeos, o material foi lavado com água para eliminar impurezas e então suavemente enxugados com um papel absorvente; os cladódios limpos foram divididos em porções e armazenados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o uso posterior.



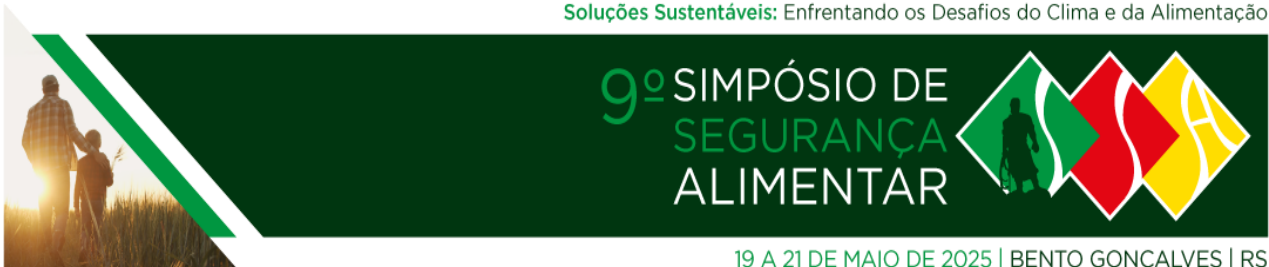
A extração da mucilagem de todos os cladódios procedeu de acordo com o método descrito por (Dick et al., 2019). Os cladódios foram cortados em pedaços de 1 cm³, pesados e triturados em um processador de alimentos (Philips Walita®, RI7762/91, Brasil) para produzir uma polpa que foi submetida à extração aquosa. A polpa foi misturada com água 1: 2 p/v (polpa: água), agitada mecanicamente e aquecida a 80 °C por 30 min. Na sequência, essa pasta foi filtrada para remover fragmentos fibrosos grosseiros, seguida de centrifugação (10.000 g, 20 min, 20 °C) (Hitachi, CR 21GIII, Japão). O sobrenadante foi precipitado com etanol 95% na proporção de 1:3 v/v (sobrenadante:etanol) e mantido durante a noite a 4 °C. Após a precipitação, a massa fibrosa branca (mucilagem) foi recuperada por filtração a vácuo com o auxílio de um funil de Buchner e um papel de filtro. O filtrado foi submetido ao processo de liofilização (Freeze Dryer Liotop, modelo L101, Brasil) a -58 °C por aproximadamente 24 h. A amostra foi convertida em partículas finas por moagem suave com um almofariz e pilão e posteriormente peneirada através de uma peneira de 60 mesh para obter o pó de mucilagem (granulometria padrão $\leq 250 \mu\text{m}$). O pó de mucilagem foi embalado em sacos de polietileno e armazenado protegido da luz e da umidade. O rendimento percentual de mucilagem foi calculado com base na proporção do peso do pó de mucilagem pelo peso dos cladódios frescos para o processo de extração.

2.2 Preparação das nanocápsulas de cantaxantina

As nanocápsulas de núcleo lipídico carregadas com cantaxantina foram produzidas pela técnica de deposição interfacial de polímeros pré-formados, conforme descrito por Lobato et al., (2015) com algumas adaptações. A fase orgânica foi preparada pela dissolução dos triglicerídeos cápricos/caprílicos (160 μL), monoestearato de sorbitano (38 mg) e cantaxantina em 24 mL de acetato de etila e 3 mL etanol (8:1, v:v) sob agitação magnética a 40 °C (na ausência de luz). Esta fase orgânica foi adicionada por gotejamento a uma fase aquosa (53 mL) contendo Tween 80 (378 mg) e permaneceu sob agitação em Ultra Turrax (IKA Ultra Turrax® digital, modelo T25, Alemanha) a 8000 rpm por 15 min. Essa formulação foi avaliada quanto ao tamanho de partícula imediatamente após a preparação. Os solventes foram removidos e a suspensão foi concentrada até um volume final de 25 mL em um evaporador rotativo (Fisatom, modelo 801/802, São Paulo, Brasil).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento do pó de mucilagem recuperado dos cladódios foi de 0,88% com base no peso fresco. Esse valor foi maior do que o obtido em um estudo anterior por Cai et al. (2008), que relataram um rendimento de 0,69%, e menor do que o obtido por Dick et al. (2019), que foi de 1,20%. Possivelmente, as variações apresentadas nos estudos podem ser explicadas tanto pelas diferenças



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

nas espécies, condições de crescimento, estágio de desenvolvimento, quanto pelo método aplicado para extração de mucilagem e processos de purificação e secagem (Mannai et al., 2023).

As nanocápsulas de cantaxantina apresentaram uma distribuição de tamanho homogênea, com 98% das partículas em escala nano e diâmetro médio de 259,2 nm e 2% das partículas em escala micro 2.466 μm .

Em seus estudos Campo et al., (2017), nanoencapsularam o carotenoide zeaxantina utilizando a mucilagem de cacto de *Opuntia monocanta*, como material de parede e obtiveram nanocápsulas homogêneas com diâmetro médio de (184 nm), sendo inferior ao deste estudo. O oposto foi descrito no estudo de Oliveira et al., (2014), obtiveram valores superiores (339 nm) utilizando o *blend* de alginato de sódio e goma de caju, para nanoencapsular o óleo essencial de *Lippia sidoides*.

As diferenças entre os estudos estão relacionadas à viscosidade e concentração do material da parede, além de fatores como a taxa de cisalhamento, composição da fase orgânica e concentração de polímeros e surfactantes, que afetam o tamanho das partículas.

Devido às suas propriedades antioxidantes, a cantaxantina pode ser usada em suplementos alimentares para ajudar na prevenção de doenças crônicas e no fortalecimento do sistema imunológico. A nanoencapsulação pode facilitar a liberação prolongada da substância, melhorando seus efeitos. Além disso, o carotenoide nanoencapsulado também pode ser aplicado em alimentos funcionais, melhorando a sua estabilidade em produtos que exigem maior vida de prateleira e exposição a condições ambientais adversas.

4. CONCLUSÕES

A técnica de nanoencapsulação da cantaxantina utilizando a mucilagem de cacto como material de parede mostrou-se eficaz, apresentando uma distribuição de partículas homogêneas e com diâmetro médio de 259,2 nm. Esse resultado confirma o potencial da mucilagem de cacto como uma alternativa sustentável aos hidrocoloides sintéticos para desenvolver nanocápsulas, oferecendo uma alternativa promissora para diversos setores, como alimentos, cosméticos e farmacêuticos.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa foi financiada com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS - Processo nº 21/2551-0002223-0) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado.



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

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPO, C. DE; SANTOS, P. P. DOS; COSTA, T. M. H.; PAESE, K.; GUTERRES, S. S.; RIOS, A. DE O.; FLÔRES, S. H. Nanoencapsulation of chia seed oil with chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) as wall material: Characterization and stability evaluation. **Food Chemistry**, v. 234, p. 1–9, 1 nov. 2017.

CARMONA, J. C.; ROBERT, P.; VERGARA, C.; SÁENZ, C. Microparticles of yellow-orange cactus pear pulp (*Opuntia ficus-indica*) with cladode mucilage and maltodextrin as a food coloring in yogurt. **LWT**, v. 138, 1 mar. 2021.

DICK, M.; DAL MAGRO, L.; RODRIGUES, R. C.; RIOS, A. DE O.; FLÔRES, S. H. Valorization of *Opuntia monacantha* (Willd.) Haw. cladodes to obtain a mucilage with hydrocolloid features: Physicochemical and functional performance. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 123, p. 900–909, 15 fev. 2019.

GOKSEN, G.; DEMIR, D.; DHAMA, K.; KUMAR, M.; SHAO, P.; XIE, F.; ECHEGARAY, N.; LORENZO, J. M. Mucilage polysaccharide as a plant secretion: Potential trends in food and biomedical applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 230, 1 mar. 2023.

LOBATO, K. B. DE S.; PAESE, K.; FORGEARINI, J. C.; GUTERRES, S. S.; JABLONSKI, A.; RIOS, A. DE O. Evaluation of stability of bixin in nanocapsules in model systems of photosensitization and heating. **LWT**, v. 60, n. 1, p. 8–14, 1 jan. 2015.

MANNAI, F.; ELHLELI, H.; ABOUZIED, R.; KHIARI, R.; NACER, S. N.; BELGACEM, M. N.; MOUSSAOUI, Y. Encapsulation of sunflower and flaxseed oils using *Opuntia* (Cactaceae) mucilage as a core-shell material through coacervation methods: A study on formulation, characterization, and in vitro digestion. **Food Chemistry**, v. 459, 30 nov. 2024.

MANNAI, F.; ELHLELI, H.; YILMAZ, M.; KHIARI, R.; BELGACEM, M. N.; MOUSSAOUI, Y. Precipitation solvents effect on the extraction of mucilaginous polysaccharides from *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): Structural, functional and rheological properties. **Industrial Crops and Products**, v. 202, 15 out. 2023.



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

OLIVEIRA, E. F. DE; PAULA, H. C. B.; PAULA, R. C. M. DE. Alginate/cashew gum nanoparticles for essential oil encapsulation. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 113, p. 146–151, 1 jan. 2014.

REBELO, B. A.; FARRONA, S.; RITA VENTURA, M.; ABRANCHES, R. **Canthaxanthin, a red-hot carotenoid: Applications, synthesis, and biosynthetic evolution** *Plants* MDPI AG, , 1 ago. 2020.

TELEGINA, T. A.; VECHTOMOVA, Y. L.; AYBUSH, A. V.; BUGLAK, A. A.; KRITSKY, M. S. **Isomerization of carotenoids in photosynthesis and metabolic adaptation** *Biophysical Reviews* Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, , 1 out. 2023.