

Efeito de proteínas hidrolisadas de arroz em combinação com maltodextrina nas propriedades de barreira de micropartículas de suco de uva obtidas por *spray drying*

Palavras-Chave: Microencapsulação, Antocianinas, Grau de hidrólise

Autores(as):

Joana Soares Netto de Andrade Freire, FEA – UNICAMP

Prof^(a). Dr^(a). Louise Emy Kurozawa (orientadora), FEA - UNICAMP

Coautores(as):

Matheus Alves Ferreira, FEA - UNICAMP

INTRODUÇÃO

O suco de uva é rico em antocianinas, compostos fenólicos com propriedades antioxidantes responsáveis pelas cores azul, violeta e vermelha. No entanto, a concentração desses compostos pode variar, além de sofrer degradação com o tempo de armazenamento e altas temperaturas (MALACRIDA; MOTTA, 2005). Para contornar essas perdas, a microencapsulação por *spray drying* tem sido utilizada para proteger as antocianinas de fatores externos como luz e calor (LUIS *et al.*, 2015).

Essa técnica consiste em transformar o suco em pó por meio da secagem com ar quente, utilizando agentes encapsulantes que formam uma membrana protetora ao redor das partículas (LUIS *et al.*, 2015). Estudos mostram que a combinação de maltodextrina com proteína de farelo de arroz e seus hidrolisados apresentam bons resultados na proteção das antocianinas (ALMEIDA *et al.*, 2023). Tal fato foi devido à redução da tensão superficial, favorecendo a migração das proteínas para a interface ar-água durante a secagem e, consequentemente, a formação de uma camada superficial proteica nas partículas.

A proteína do farelo de arroz destaca-se por seu alto valor nutricional, sendo uma fonte de aminoácidos essenciais e com baixo potencial alergênico (SIDMARA BEDIN, 2018). Dessa forma, o uso desta proteína como agente carreador na microencapsulação de suco de uva mostra-se promissor.

A pesquisa avaliou a eficácia dessa proteína na estabilidade das micropartículas durante o armazenamento, contribuindo com alternativas mais sustentáveis à indústria e fortalecendo a substituição gradual de recursos de origem animal.

METODOLOGIA

Obtenção dos hidrolisados proteicos de arroz

Uma suspensão aquosa contendo 5% de proteína de arroz foi submetida a uma hidrólise enzimática pela ação da protease comercial *Flavourzyme*. O processo foi conduzido até a amostra atingir o grau de hidrólise desejado (GH = 0%, 5%, 10% e 15%), determinado pelo método pH-stat (Adler-Nissen, 1986). Após atingir o GH desejado, a enzima foi inativada a 85 °C por 10 min, seguido por resfriamento em banho de gelo, congelamento e liofilização.

Microencapsulação do suco de uva por *spray drying*

A maltodextrina e os hidrolisados proteicos foram utilizados em combinação, numa proporção de 80:20 (p/p), como agentes encapsulantes. Os agentes encapsulantes foram adicionados em uma proporção de 1 g para 1 g de sólidos totais do suco de uva (Almeida *et al.*, 2023). As soluções de alimentação serão secas em um *spray dryer* com atomizador do tipo duplo-fluido 1,0 mm (Lab Plant SD-06A, North Yorkshire, Reno Unido). As condições de processo foram temperatura de entrada de 140 °C; pressão do ar comprimido de 2,8 bar; vazão de alimentação 4,7 ml/min; e velocidade do ar de secagem de 3,9 m/s. As micropartículas foram caracterizadas quanto:

Umidade: Obtida pelo método gravimétrico, por secagem em estufa a vácuo a 70 °C até atingir peso constante.

Atividade de água: Determinada utilizando termohigrômetro digital (Novasina AG Zurich, Suíça) a 25°C.

Cor: Obtida por colorímetro (modelo Ultra Scan Vis, HunterLab, Reston, VA, USA), operado com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, com o sistema de leitura de três parâmetros, CIELAB.

Tamanho de partícula: Utilizado o equipamento Laser Mastersizer (Mastersizer 2000, Malvern Instruments Ltd., Reino Unido). Para a análise, as amostras foram dispersas em etanol 99,5%, por via úmida.

Densidade aparente e absoluta: A densidade absoluta foi determinada a 25°C usando um picnômetro de gás hélio automático AccuPyc 1330 (Micromeritics Inc., EUA). A densidade aparente foi determinada usando picnômetro 25 ml e etanol absoluto.

Porosidade: Calculada pela equação: $\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}}$

Antocianinas totais: Foram determinadas pelo método do pH-diferencial, como descrito por Wrolstad (1976). As soluções foram agitadas em vórtex e centrifugadas. A quantificação foi feita utilizando extratos diluídos em tampões de pH 1,0 e pH 4,5. As absorbâncias foram medidas em 520 e 700 nm.

Antocianinas internas e eficiência de encapsulação: As micropartículas foram dispersas em etanol 99,5%, agitadas e centrifugadas (IDHAM *et al.*, 2012). Em seguida, as partículas lavadas passaram pela extração das antocianinas internas, conforme método descrito anteriormente. A eficiência de encapsulação foi determinada pela razão entre o conteúdo de antocianinas internas e o total.

Estudo da estabilidade das micropartículas do suco de uva

Cerca de 25 g de cada amostra foram armazenados a 45 °C por 40 dias em recipientes herméticos. Semanalmente, foram analisadas quanto à atividade de água, cor e teor de antocianinas pelos métodos descritos acima. O grau de compactação (*caking*) foi avaliado conforme Jaya e Das (2004) e Goula e Adamopoulos (2010), submetendo as amostras ao vácuo e peneirando-as em malha de 500 µm. O grau de compactação é expresso pela razão entre o pó retido na peneira e o pó inicial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das micropartículas de suco de uva

Todas as micropartículas foram obtidas em formulações contendo os hidrolisados proteicos com distintos graus de hidrólise GH (0%, correspondendo à proteína não-hidrolisada, 5%, 10% e 15%). As análises foram realizadas em triplicata, as médias e desvios dos dados estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização das micropartículas de suco de uva encapsuladas com maltodextrina em combinação com proteínas hidrolisadas de arroz com diferentes graus de hidrólise (GH).

	GH 0%	GH 5%	GH 10%	GH 15%
Umidade (%)	8,4 ± 0,1 ^a	7,3 ± 0,1 ^{a,b}	7,8 ± 0,0 ^{a,b}	6,8 ± 0,7 ^b
Aw	0,269 ± 0,013 ^a	0,221 ± 0,012 ^b	0,226 ± 0,012 ^b	0,200 ± 0,003 ^b
Tamanho (µm)	15,73 ± 1,47 ^c	15,17 ± 0,03 ^c	27,95 ± 2,29 ^a	22,07 ± 0,72 ^b
Densidade aparente (g/cm³)	0,224 ± 0,020 ^b	0,550 ± 0,034 ^a	0,437 ± 0,054 ^a	0,224 ± 0,049 ^b
Densidade absoluta (g/cm³)	1,492 ± 0,002 ^b	1,533 ± 0,002 ^a	1,538 ± 0,008 ^a	1,497 ± 0,004 ^b
Porosidade (%)	85 ± 1 ^a	64 ± 2 ^b	72 ± 3 ^b	85 ± 3 ^a
Antocianinas totais (mg/100g)	4,1 ± 0,2 ^d	7,7 ± 0,3 ^a	6,3 ± 0,2 ^c	7,1 ± 0,3 ^b
Antocianinas internas (mg/100g)	2,0 ± 0,2 ^{a,b}	2,9 ± 0,7 ^a	1,5 ± 0,3 ^b	2,8 ± 0,4 ^a
Eficiência de encapsulação (%)	58 ± 6 ^a	34 ± 6 ^b	21 ± 1 ^b	43 ± 0 ^{a,b}

A partir dos resultados das análises foi possível observar que a umidade e a atividade de água (Aw) diminuíram com o aumento do grau de hidrólise, indicando que proteínas com maiores graus de hidrólise favorecem a secagem. Já o tamanho médio das partículas apresentou um aumento conforme o GH, tendo o pico em 10%. Um estudo realizado por Almeida *et al.* (2023) sobre a microencapsulação de suco de uva utilizando a proteína de arroz, obteve resultados em que as partículas diminuíram conforme o GH aumentava, indicando que, possivelmente, as partículas maiores já iniciaram o processo de compactação.

A porosidade das partículas foi menor na formulação com GH 5% e maior em GH 15%. Os dados de densidade absoluta foram parecidos em todas as formulações, porém, na densidade aparente houve maior diferença entre as partículas, causando uma maior alteração na porosidade das micropartículas.

O conteúdo de antocianinas totais foi menor na partícula sem hidrólise e maior em partículas que contém a proteína hidrolisada, indicando que a presença de hidrolisados proteicos na formulação dos agentes encapsulantes é um fator crucial para a estabilidade das antocianinas. Já as antocianinas internas foram mais altas em GH 15% e GH 5%. Apesar da eficiência de encapsulação ter sido maior em GH 0%, o conteúdo de antocianinas é baixo, mesmo que tenha uma melhor encapsulação. Em geral, o teor de antocianinas internas foi baixo, e consequentemente a eficiência de encapsulação também.

Além disso, também foram analisadas as cores das partículas pelo colorímetro e os dados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de cor (luminosidade L*, a*, b*, croma C* e ângulo de tonalidade H°) das micropartículas de suco de uva encapsuladas com maltodextrina em combinação com proteínas hidrolisadas de arroz com diferentes graus de hidrólise (GH).

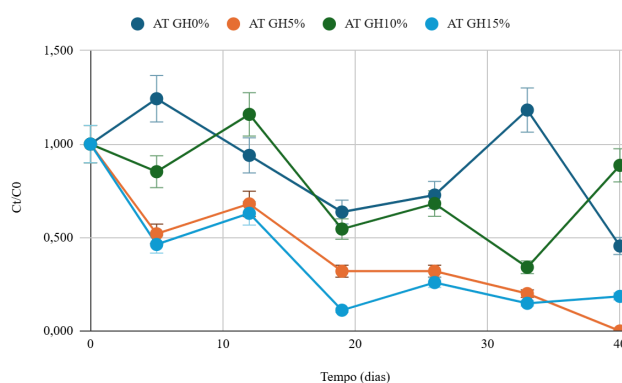
	GH 0%	GH 5%	GH 10%	GH15%
L*	52,8 ± 0,5 ^a	53,6 ± 6,3 ^a	56,6 ± 2,3 ^a	61,1 ± 0,7 ^a
a*	15,0 ± 0,4 ^a	11,0 ± 2,4 ^a	12,4 ± 1,9 ^a	14,2 ± 0,3 ^a
b*	2,0 ± 0,1 ^a	0,6 ± 0,5 ^b	1,1 ± 0,6 ^{a,b}	0,3 ± 0,1 ^b
C*	15,1 ± 0,4 ^a	11,0 ± 2,4 ^b	12,4 ± 2,0 ^{a,b}	14,2 ± 0,3 ^{a,b}
H°	7,5 ± 0,2 ^a	2,8 ± 2,1 ^b	4,8 ± 2,2 ^{a,b}	1,4 ± 0,4 ^b

A análise de cor das micropartículas demonstrou que o grau de hidrólise influenciou significativamente os parâmetros de cor. O parâmetro de luminosidade (L*) aumentou com o aumento do GH, indicando que as partículas foram mais claras com o uso de proteínas mais hidrolisadas. O parâmetro a*, apresentou valores positivos em todas as formulações, apontando que mantiveram uma coloração avermelhada. Os valores de b* foram neutros, indicando que a tonalidade amarela não é predominante. Com isso, o ângulo de tonalidade (H°), seguiu tendência semelhante ao parâmetro a*, evidenciando a tendência à coloração vermelha, uma vez que 0° indica vermelho e 90° amarelo. Já a saturação da cor (C*) indica que as amostras com proteína não-hidrolisada e a hidrolisada com GH 15% apresentaram maior pureza na cor

Estudo da estabilidade das micropartículas durante estocagem

Após 40 dias de análise, retirando uma amostra de cada formulação, por semana, para análises, foi possível plotar os gráficos representados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1. Estabilidade das antocianinas totais durante o tempo de estocagem das micropartículas de suco de uva encapsuladas com maltodextrina em combinação com hidrolisados proteicos com distintos graus de hidrólise (0%, 5%, 10% e 15%).

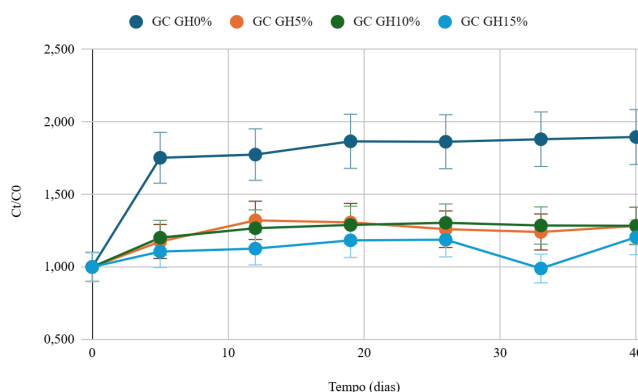


A Figura 1 representa o teor de antocianinas totais ao longo dos 40 dias de armazenamento, em que Ct/C0 representa a razão entre o teor de antocianinas no tempo correspondente e o teor no tempo 0. Foi possível observar que, ao longo do tempo, as antocianinas se degradaram e que a amostra de GH 5% no dia 40 chegou ao teor nulo. De modo geral, observou-se uma tendência de redução, especialmente nos primeiros 10 dias, o que é esperado devido à instabilidade desses compostos. Por outro lado, a formulação com GH 10% destacou-se pela maior estabilidade das antocianinas ao longo do tempo.

Apesar de apresentar valores iniciais mais baixos, manteve uma concentração relativamente constante, indicando, possivelmente, uma maior resistência à degradação oxidativa.

Além disso, também foi avaliado o grau de compactação das micropartículas, cuja curva está representada na Figura 2, em que C_t/C_0 indica a razão entre o grau de compactação no tempo determinado e o inicial.

Figura 2. Grau de compactação durante o tempo de estocagem das micropartículas de suco de uva encapsuladas com maltodextrina em combinação com hidrolisados proteicos com distintos graus de hidrólise (0%, 5%, 10% e 15%).



De maneira geral, todas as formulações apresentaram aumento inicial no grau de compactação até aproximadamente 10 dias, indicando um rearranjo na estrutura durante o armazenamento. A formulação com GH 0% apresentou o maior grau de compactação em todo o período, atingindo valores próximos a 100%. Por outro lado, as formulações contendo hidrolisados proteicos, independente do GH, apresentaram valores de grau de compactação inferiores à da amostra formulada com proteína não-hidrolisada.

CONCLUSÕES

O grau de hidrólise da proteína de arroz influenciou significativamente as propriedades físicas, cor e estabilidade das micropartículas de suco de uva obtidas por *spray drying*. A formulação com GH 10% apresentou o melhor desempenho na estabilidade das antocianinas e uma relativa estabilidade referente ao grau de compactação. Já GH 5%, apesar do alto teor inicial de antocianinas, mostrou baixa estabilidade ao longo do tempo. Dessa forma, o uso de proteínas hidrolisadas pode otimizar a eficiência da encapsulação e a conservação de antocianinas no suco de uva.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, Rafael Fernandes. **Relevance Of Encapsulating Properties Of Rice Bran Protein And Its Hydrolysates In The Retention Of Anthocyanins In Grape Juice Microparticles Obtained By Spray Drying**. 2023. Tese de Mestrado. [sn].
- BEDIN, Sidmara. **Extração de proteína do farelo de arroz: processo alcalino, por ultrassom e micro-ondas**. 2018. 1 recurso online (147 p.) Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1633273>.
- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2010). **A new technique for spray drying orange juice concentrate**. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 11(2), 342-351.
- Idham, Z., Muhamad, I. I., & Sarmidi, M. R. (2012). **Degradation kinetics and color stability of spray-dried encapsulated anthocyanins from Hibiscus sabdariffa L.** Journal of Food Process Engineering, 35(4), 522-542.
- J. Adler-Nissen. Enzymic hydrolysis of food protein. Process Biochemistry, 8 (1986)
- Jaya, S., & Das, H. (2004). **Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties**. Journal of Food Engineering, 63, 125-134.
- MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. DA. **Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, n. 4, p. 659-664, dez. 2005.
- LUIS, A. et al. REVIEW MICROENCAPSULAÇÃO DE SUCOS E POLPAS DE FRUTAS POR SPRAY DRYING. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, n. 3, p. 327-338, 2015.
- Wrolstad, R. E. (1976). Color and pigment analyses in fruit products. In: BAggricultural Station Bulletin, 624, Oregon State University. 17f.