

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

POLIFENÓIS MICROENCAPSULADOS DA CASCA DA JABUTICABA (*Plinia spp*) POR SPRAY DRYER

Vinicius Serafim Coelho¹, Lara Louzada Aguiar¹, Jefferson Martins Paulista¹
Lourenço¹, Vitória de Oliveira Thebas¹, Pollyanna Ibrahim Silva¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia de Alimentos, Alto
Universitário, S/N - Guararema, 29500-000- Alegre-ES, Brasil. viniciusserafimcoelho16@gmail.com,
laralaguiar@hotmail.com, jeffersonpaulista5@gmail.com, vitoria16thebas4@hotmail.com,
pollyannaibrahim@gmail.com

Resumo

As cascas da jabuticaba (*Plinia spp.*) são fontes de compostos bioativos promotores de saúde, com características antioxidantes. A microencapsulação desses compostos pode ser uma tecnologia útil para melhorar sua estabilidade e solubilidade, sendo possível a incorporação desses fitoquímicos em diversas matrizes alimentares agregando funcionalidade aos produtos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho, foi promover a microencapsulação dos compostos bioativos, com diferentes agentes carreadores, a maltodextrina e goma arábica, avaliando a umidade, higroscopicidade, solubilidade, e os parâmetros colorimétricos das microcápsulas obtidas. De modo geral, os pós obtidos obtiveram baixa umidade e higroscopicidade, e elevada solubilidade, características físico-químicas satisfatórias para alimentos em pó, além de aspectos satisfatórios de cor, como elevada coloração avermelhada (parâmetro a*), atribuída principalmente a presença das antocianinas. Ambos os agentes carreadores demonstraram ser eficientes encapsulantes dos fitoquímicos da casca da jabuticaba, sendo os microencapsulados potenciais substitutos de corante artificiais.

Palavras-chave: Antocianinas. Colorimetria. Antioxidantes. Corantes naturais. Encapsulamento.

Área do Conhecimento: Ciências Da Saúde - Ciência e Tecnologia de Alimentos

Introdução

A jabuticaba (*Plinia spp.*), comumente chamada de jabuticaba Sabará, é um fruto de origem brasileira, específico da mata atlântica, que possui uma boa taxa de crescimento em todo território nacional. Pertencente à família Myrtaceae, é uma baga de grande interesse por parte dos produtores rurais devido a facilidade de cultivo e alta produtividade (FERREIRA et al, 2012). É constituída de uma fina casca fibrosa, que possui uma coloração variando do verde ao roxo intenso, a depender do estado de maturação, em seu interior existe uma polpa adocicada de cor esbranquiçada envolta em sementes (NEVES et al., 2018). É uma fruta consumida majoritariamente *in natura*, pois possui características sensoriais agradáveis. Entretanto, sua alta perecibilidade, que é um aspecto comum em frutos tropicais, a torna um alimento com um curto prazo de comercialização no pós-colheita. Portanto, também se faz presente no processamento alimentício por meio de sucos, geleias, bebidas fermentadas, entre outros (NASCIMENTO FILHO et al., 2022).

A composição da jabuticaba tem como base monossacarídeos como a glicose e a frutose, as fibras, vitaminas e minerais. Contudo, o seu processamento gera entre 40% e 50% de resíduos provenientes principalmente da casca e sementes (ALVES et al., 2021), que tem como destino certo o descarte. Todavia, análises comprovaram que esses subprodutos da jabuticaba possuem características desejadas na indústria como, por exemplo, um alto teor de polifenóis tais como as antocianinas, galotaninos e elagitaninos (MASSA et al., 2022). Outro fato percebido nesses resíduos, principalmente na casca, é a capacidade antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana que possui (ALBUQUERQUE et al., 2020) e que a torna ainda mais notável e de interesse mercadológico para, por exemplo, incrementar o valor nutricional de alguns produtos, como panificados ou aperfeiçoar sensorialmente produtos cárneos (MARQUETTI et al., 2018). Entretanto, os compostos desejáveis da casca da jabuticaba são altamente susceptíveis a degradação e dependem de controle de fatores como temperatura, luminosidade, pH e composição da atmosfera local. Um dos métodos mais promissores para a preservação dos compostos desejáveis é a microencapsulação por *spray dryer*, que consiste basicamente em revestir extratos ricos em compostos bioativos com um material contínuo de parede,

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

tal como maltodextrina, que tem muitos benefícios como seu baixo custo e alta capacidade na formação de sólidos amorfos ou a goma arábica que possui alta solubilidade e baixa viscosidade, para assim formar microcápsulas mais estáveis (OZKAN et al., 2019). Posteriormente, os produtos em pó podem ser aplicados em diversos cenários dentro de uma área de processamento alimentício.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo determinar e caracterizar as propriedades físico-químicas de pós provenientes de extratos da casca de jabuticaba utilizando o método de secagem em *spray dryer* com diferentes agentes carreadores, buscando promover a estabilização dos compostos fenólicos e antociânicos.

Metodologia

Obtenção do extrato concentrado de jabuticaba

O extrato (EJB) foi obtido a partir das cascas da jabuticaba (*Plinia spp.*) provenientes da zona rural do município de Sabará - MG, Brasil, previamente higienizadas e despulpadas manualmente e armazenadas a uma temperatura de $-18 \pm 2^\circ\text{C}$. Na extração dos bioativos, as cascas foram previamente trituradas com auxílio de um mixer (Britânia, Ultra Mixer). Utilizou-se etanol 80% (v/v) acidificado até pH 2,5 com uma solução ácido cítrico saturado, adicionados na proporção de casca:solvente de 1:10 (m/v). A mistura de casca, casca:solvente foi levada ao ultrassom de banho (Ultrasonic Power IGBT, CTA do Brasil), potência de 900w e 35°C , por 30 minutos. O extrato foi concentrado no evaporador rotatório a vácuo (Fisatom 801, São Paulo, Brasil) (LIMA et al., 2019), a 45°C e 40 rpm para a remoção do etanol residual. O pH e o teor de sólidos solúveis em °Brix, foram obtidos a fim de finalizar a rotaevaporação e padronizar os extratos, que foram acondicionados em frascos âmbar e armazenados a uma temperatura de $-18 \pm 2^\circ\text{C}$.

Microencapsulação dos extratos por *spray dryer*

A maltodextrina 10 DE e a goma-arábica foram utilizadas como os agentes carreadores da microencapsulação, na concentração de 30% (m/v) em soluções aquosas, de proporção 1:3 a partir do extrato concentrado, ou seja, uma parte de extrato, para três partes de agente encapsulante. Para homogeneização das misturas de extratos e agentes encapsulantes, foi utilizado agitador (KASVI, K40-1810H, Brasil). A secagem em *spray dryer* (YAMATO, Modelo ADL 3115, China) (SILVA et al., 2013) foi feita com temperatura de entrada 180°C , de saída $70^\circ\text{C} \pm 2$, pressão do ar 0,1Mpa, vazão de alimentação 3,70 mL/min e 0,21 m³/min de fluxo de ar comprimido. Os pós microencapsulados foram armazenados sob refrigeração ($-18 \pm 2^\circ\text{C}$) em embalagens de polietileno revestidas com camada laminada.

Umidade

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico, que consiste na secagem em estufa a uma temperatura de 105°C até peso constante, tanto no extrato antes de ser atomizado quanto nos pós produzidos, expressa em porcentagem (AOAC, 2005).

Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com Cai e Corke (2000). As amostras dos pós foram acondicionadas em temperatura ambiente em dessecadores com soluções saturadas de cloreto de sódio (NaCl) (75% de umidade relativa). Após uma semana, as amostras foram pesadas e a higroscopicidade expressa como gramas de umidade absorvida por 100 g de sólidos secos.

Solubilidade

Foi adicionado 1 g da amostra em pó em um béquer com 50 mL de água destilada, homogeneizada em um agitador magnético (100 rpm) por 30 min. A solução foi centrifugada a 3000 rpm por 5 minutos. Retirou-se 25 mL do sobrenadante e transferiu-se para uma placa de petri para secar em uma estufa a 105°C até atingir peso constante. O cálculo da solubilidade foi feito com base na massa inicial da

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

amostra que foi solubilizada na alíquota de 25 mL do sobrenadante (DE SOUZA et al., 2015). O resultado foi expresso em porcentagem (Equação 1).

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{2Pa}{Pb} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: Pa (g) é a massa da alíquota de 25 mL do sobrenadante após a secagem em estufa; Pb (g) é a massa da amostra em pó inicial seca, incorporada em 50 mL de água.

Análises colorimétricas

Utilizou-se o colorímetro (Konica Minolta, CR-5, Japão), com iluminante D₆₅ e ângulo de observação de 10°, no modo reflectância das coordenadas "L*" (0 = preto e 100 = branco), "a*" - vermelho (+) e verde (-), e, "b*" - amarelo (+) e azul (-). Foi analisado: extrato concentrado de jabuticaba (EJB), o extrato adicionado dos carreadores, antes da secagem (EMD e EGA), e os pós reconstituídos (PGA e PMD) com água até o °Brix inicial da mistura. O ângulo de tonalidade cromática (H°) e saturação de cor ou chroma (C*) foram fornecidos pelas Equações (2) e (3). Para verificação das perdas de cor foi utilizada a diferença global de cor (ΔE) (Equação 4).

$$H^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (\text{Equação 2})$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (\text{Equação 3})$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: ΔL = variação da coordenada L*; Δa = variação da coordenada a*; Δb = variação da coordenada b*.

Análise estatística

O experimento foi conduzido seguindo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), empregando dois tratamentos distintos, os agentes carreadores MD e GA. As medições foram apresentadas em termos de média e desvio padrão. A análise de variância (ANOVA), realizada com um nível de significância de 5%, foi empregada para comparação das médias entre os dois tratamentos. Utilizou-se o software Statistica 7 (StatSoft, EUA) para o tratamento dos dados.

Resultados

Na Tabela 1, estão descritas as características físico-químicas do extrato obtido, após o processo de evaporação do etanol residual. A acidificação do extrato utilizando ácido cítrico até pH 2,5 contribui para o valor de pH obtido, sendo este, necessário para uma melhor conservação dos compostos bioativos, principalmente para a coloração e estabilidade das antocianinas extraídas da casca do fruto (Giusti & Wrolstad, 2003).

Tabela 1. Caracterização físico-química do extrato concentrado de jabuticaba (EJB).

ANÁLISE	VALORES MÉDIOS
Teor de umidade %	72,37 ± 0,04
pH	1,50 ± 0,10
Sólidos solúveis totais (°Brix)	27,62 ± 0,04

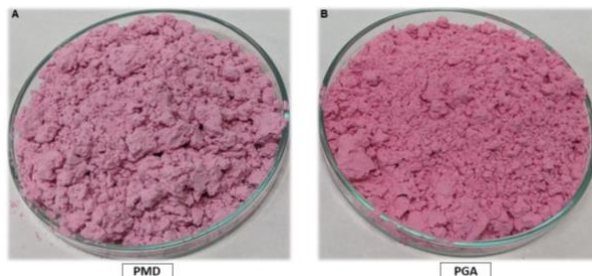
Valores expressos como média ± desvio padrão (n=3).

Fonte: Produção do próprio autor.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

A Figura 1 representa os microencapsulados obtidos pela secagem em *spray dryer*, utilizando os diferentes agentes carreadores, maltodextrina e goma arábica.

Figura 1: Pós microencapsulados após a secagem por *Spray Dryer*



(A): microencapsulados de maltodextrina (PMD); (B): microencapsulados de goma-arábica (PGA).
Fonte: Produção do próprio autor.

A Tabela 2 apresenta as características físicas dos sistemas microencapsulados com maltodextrina (PMD) e goma arábica (PGA). Os valores obtidos para os parâmetros analisados, são importantes para a controle da conservação física e química dos pós obtidos, podendo influenciar a estabilidade dos bioativos encapsulados e sua solubilidade no sistema alimentício a ser incorporado.

Tabela 2. Características físicas dos pós microencapsulados

Característica	Pós microencapsulados	
	Maltodextrina	Goma Arábica
Umidade (%)	4,22 ± 0,03 ^a	7,21 ± 0,06 ^b
Higroscopicidade (g de H ₂ O.100 g ⁻¹)	18,08 ± 0,29 ^a	19,32 ± 1,16 ^a
Solubilidade (%)	92,71 ± 1,20 ^a	91,57 ± 0,69 ^a

Valores expressos como média ± desvio padrão (n=3) para as duas formulações de pós microencapsulados. Maltodextrina (PMD) e goma arábica (PGA), em base seca. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste t (p < 0,05).

Fonte: Produção do próprio autor.

A Tabela 3 descreve os valores obtidos nas análises colorimétricas, onde os parâmetros de cor foram obtidos tanto para as soluções de agentes carreadores antes da secagem (EMD e EGA), quanto dos microencapsulados em *spray drying* reconstituídos em água destilada (PMD e PGA). A diferença global de cor ΔE , a fim de avaliar se a temperatura de secagem influenciou na coloração original do extrato rico em antocianinas.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Tabela 3: Parâmetros colorimétricos dos microencapsulados e das soluções antes da secagem em *spray dryer*
Parâmetros colorimétricos

	PMD	EMD	PGA	EGA
L*	29,70 ± 0,04 ^a	28,62 ± 0,03	16,91 ± 0,48 ^b	5,47 ± 1,00
a*	54,20 ± 0,03 ^a	53,15 ± 0,06	41,89 ± 0,66 ^b	39,74 ± 1,33
b*	44,55 ± 0,20 ^a	40,18 ± 0,02	27,73 ± 0,79 ^b	26,57 ± 0,71
h*	39,42 ± 0,11 ^a	37,09 ± 0,04	33,50 ± 0,33 ^b	33,77 ± 0,48
C*	70,16 ± 0,15 ^a	66,63 ± 0,04	50,23 ± 0,28 ^b	47,81 ± 1,45
ΔE	4,62 ± 0,18 ^a	-	2,87 ± 0,74 ^b	-

Valores expressos como média ± desvio padrão (n=3) para as quatro formulações, sendo PMD e PGA (pós microencapsulados com maltodextrina e goma arábica, respectivamente), EMD e EGA (extrato + agente carreador maltodextrina e goma arábica antes da secagem em *spray dryer*). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística pelo teste t (p < 0,05).

Fonte: Produção do próprio autor.

Discussão

Observa-se na Tabela 1, que o extrato concentrado de jabuticaba possui um perfil rico em sólidos solúveis e umidade elevada. Quanto ao caráter ácido do extrato, este é ideal para a conservação dos polifenóis extraídos, principalmente das antocianinas. No pH 3, ou abaixo, a cor das antocianinas varia do laranja ao vermelho-azulado, sendo predominante o cátion *flavilium* (Giusti & Wrolstad, 2003).

Na análise dos pós produzidos, segundo Nunes (2015), o teor de umidade final dos pós está relacionado com a eficiência da secagem aplicada. Com base na Tabela 2 nota-se que os pós produzidos com maltodextrina, estatisticamente (p < 0,05), tem em média um menor teor de umidade se comparado com os pós à base de goma-arábica. A diferença no teor de umidade entre os agentes carreadores também está relacionado às suas distintas estruturas químicas, e as interações de cada um, com a umidade ambiental (SILVA et al., 2013). Em relação a higroscopicidade, percebe-se que os pós à base de maltodextrina tem estatisticamente uma menor (p < 0,05) capacidade em absorver água. No quesito solubilidade, ambos os pós não se diferiram estatisticamente (p > 0,05), apresentando porcentagens elevadas para este parâmetro.

Os aspectos visuais são de extrema importância na tomada de decisão de compra de um produto, portanto, a cor pode ser considerada um parâmetro de qualidade. A Tabela 3, apresenta as médias da análise de colorimetria dos sistemas microencapsulados. O extrato contendo maltodextrina obteve maiores valores nas análises colorimétricas e o pó produzido a partir desse extrato seguiu a mesma lógica, tendo conseguido valores maiores que as amostras com goma-arábica. Nota-se também que as colorações se intensificaram após a secagem. Os resultados da variação global de cor, foram abaixo de 5, indicando uma boa conservação das características colorimétricas após a atomização (ÓBON et al., 2009). Observando-se a Figura 1, percebe-se uma leve diferença na tonalidade de rosa entre as amostras de PMD e PGA, compatíveis com as diferenças para o ângulo de tonalidade cromática, h, e para a saturação de cor, C*.

Conclusão

Os agentes carreadores goma arábica e maltodextrina, mostraram-se eficientes para a microencapsulação dos polifenóis da jabuticaba, demonstrando uma boa retenção de bioativos com potencial oxidante. Os aspectos físico-químicos também foram satisfatórios, onde pode ser destacado a alta solubilidade e baixa higroscopicidade dos pós, além de parâmetros colorimétricos atrativos para a indústria de alimentos, como corantes naturais. A incorporação desses microencapsulados da casca da jabuticaba em diversos alimentos, pode ser uma alternativa para agregar valor e aumentar a funcionalidade desses produtos.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Referências

ALBUQUERQUE, B. R. et al. Jaboticaba residues (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg) are rich sources of valuable compounds with bioactive properties. **Food Chemistry**, v. 309, n. June 2019, p. 125735, 2020.

ALVES, H. G. et al. Estudo cinético da secagem da casca de jaboticaba (*Myrciaria Cauliflora* Berg) utilizando modelos empíricos e semi-empíricos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. 9, 2021.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18 ed. Washington, 2005.

BERNARDES, A. L. et al. In vitro bioaccessibility of microencapsulated phenolic compounds of jussara (*Euterpe edulis* Martius) fruit and application in gelatine model-system. **Lwt**, v. 102, n. October 2018, p. 173–180, 2019.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Food Science*, v. 65, n. 7, p. 1248–1252, 2000.

DE SOUZA, V. B. et al. Effect of spray drying on the physicochemical properties and color stability of the powdered pigment obtained from vinification byproducts of the Bordo grape (*Vitis labrusca*). **Food and Bioprocess Processing**, v. 93, n. November, p. 39–50, 2015.

FERREIRA, A. et al. **Produção, caracterização e utilização da farinha de casca de jaboticaba em biscoitos tipo cookie**. *Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição*. Universidade Estadual Paulista, , 2012.

GIUSTI, M. Mônica; WROLSTAD, Ronald E. Caracterização e medição de antocianinas por espectroscopia UV-visível. **Protocolos atuais em química analítica de alimentos** , n. 1, pág. F1. 2.1-F1. 2.13, 2001.

MARQUETTI, C. et al. Jaboticaba skin flour: Analysis and sustainable alternative source to incorporate bioactive compounds and increase the nutritional value of cookies. **Food Science and Technology (Brazil)**, v. 38, n. 4, p. 629–638, 2018. MASSA, N. M. L. et al. In vitro colonic fermentation and potential prebiotic properties of pre-digested jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg) by-products. **Food Chemistry**, v. 388, n. April, p. 11, 2022.

FILHO, E. DO et al. Microencapsulation of acerola (*Malpighia emarginata* DC) AND ciriguela (*Spondias purpurea* L) mixed juice with different wall materials. **Food Chemistry Advances**, v. 1, n. December 2021, p. 100046, 2022.

NEVES, N. DE A. et al. Flavonols and ellagic acid derivatives in peels of different species of jaboticaba (*Plinia* spp.) identified by HPLC-DAD-ESI/MSn. **Food Chemistry**, v. 252, n. January, p. 61–71, 2018. NUNES, Lauane. Uso de maltodextrina e goma arábica no processo de encapsulação por spray drying de soro de queijo. 2015. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2015

OBÓN, J. M. et al. Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 4, p. 471–479, 2009.

SILVA, Pollyanna Ibrahim et al. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering**, v. 117, n. 4, p. 538–544, 2013.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, v. 88, n. 3, p. 411–418, 2008.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Edital Universal, proc. 409221/2018-0), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e a cooperação do Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (CAPES/FAPES-PDPG, proc. 2021-5S41N) pelo financiamento do projeto e pela bolsa de estudos.