CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E PROTEÍNAS EM PÓ DE PITAIA OBTIDO POR SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA

Matheus de Souza Cruz[1], Gabriela Fonsêca Leal[1], Hermanny Matos Silva Sousa[1], Amanda Aparecida de Lima Santos[1], Leandro Levate Macedo[2], Jefferson Luiz Gomes Corrêa[1]

[1]Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil (matheusnetsouza15@gmail.com)
[2]Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Brasil

Resumo: A pitaia em pó obtida por secagem em camada de espuma pode representar uma alternativa para agregar valor ao fruto, como um produto estável. Este estudo avaliou o efeito das proteínas do soro do leite e da ervilha, em diferentes temperaturas, sobre proteínas, compostos bioativos e atividade antioxidante. A secagem a 40 °C favoreceu maior retenção de fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante, enquanto a proteína do soro do leite preservou mais as betalaínas.

Palavras-chave: Antioxidantes; Betalaínas; Compostos fenólicos; Proteína de ervilha; Proteína do soro do leite.

INTRODUÇÃO

A pitaia (*Hylocereus* spp.), conhecida como fruta-do-dragão, destaca-se pelo apelo sensorial, coloração intensa e composição rica em compostos de interesse nutricional e funcional, como fibras, vitamina C, compostos fenólicos, betalaínas e antioxidantes. Entretanto, sua elevada umidade e atividade de água favorecem rápida deterioração. Adicionalmente, seus pigmentos e compostos bioativos são sensíveis ao calor, oxigênio e luz, limitando o armazenamento e a comercialização da fruta *in natura* (Ferreira et al., 2023; Shah et al., 2023; Wang et al., 2024).

A secagem em camada de espuma é um processo utilizado na conservação de alimentos, sendo uma alternativa para contornar as limitações de frutas frescas como a pitaia. Neste processo, uma matriz líquida ou pastosa é transformada em espuma estável por meio da incorporação de agentes espumantes e aeração mecânica. Consequentemente, há um aumento da a área superficial exposta, redução da resistência à transferência de massa e favorecimento de obtenção de pós porosos, solúveis e com maior preservação das características da matriz original (Çalışkan et al., 2022; Kumar et al., 2023; Macedo et al., 2021).

A escolha do agente espumante é um fator decisivo para a formação e estabilidade da espuma, além de poder influenciar a composição final do pó. A proteína do soro do leite é amplamente utilizada devido às suas propriedades interfaciais e capacidade de formar espumas estáveis. No entanto, proteínas vegetais, como a proteína de ervilha, têm despertado interesse por seu apelo nutricional, tecnológico e por atenderem à demanda por ingredientes de origem vegetal (Brar et al., 2020; Hamad et al., 2024; Kumar et al., 2023).

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da proteína do soro do leite e da proteína de ervilha, associadas às temperaturas de secagem de 40 e 60 °C, sobre o teor de proteínas, compostos bioativos e atividade antioxidante de pós de pitaia obtidos por secagem em camada de espuma.

MATERIAL E MÉTODOS

Frutos de pitaia de casca e polpa vermelhas (*Hylocereus polyrhizus*) foram adquiridas de produtor local da região de Lavras, MG, Brasil, e selecionadas quanto ao estádio de maturação, teor de sólidos solúveis e ausência de danos físicos. Os frutos foram lavados, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (200 mg/L por 15 min), despolpados e armazenados a –18 °C até o processamento. Para o descongelamento, as amostras foram mantidas por 12 h a 4 °C e, posteriormente, por 1 h a 25 °C em câmara de temperatura controlada (Eletrolab EL111/4, São Paulo, Brasil). Em seguida, foram homogeneizadas em agitador mecânico, e o extrato obtido foi utilizado imediatamente no preparo das espumas.

Para o preparo das espumas, foram adicionados ao extrato de pitaia (100 g) 5% (p/p) de proteína do soro do leite ou proteína de ervilha (NewNutrion, Ribeirão Preto, SP, Brasil), como agente espumante, e 1% (p/p) de goma xantana (Êxodo Científica, Sumaré, SP, Brasil), como estabilizante. A mistura foi homogeneizada em liquidificador (Britânia, Joinville, SC, Brasil), na velocidade máxima (nível 4), por 1

min e, posteriormente, batida em batedeira (Mondial, Conceição do Jacuípe, BA, Brasil) por 5 min, com aumento gradual da velocidade nos primeiros 30 s até atingir o nível máximo. A espuma obtida apresentou umidade inicial de 81,28 ± 0,67% (b.u.).

As espumas de pitaia foram submetidas à secagem convectiva em camada fina, utilizando 60,50 ± 0,26 g de espuma distribuída uniformemente em recipiente circular de 26 cm de diâmetro, formando uma camada de 0,5 cm de espessura. Os tratamentos foram definidos de acordo com o agente espumante utilizado, proteína do soro do leite ou proteína de ervilha e, a temperatura de secagem, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Condições experimentais.

Tratamento	Agente espumante	Temperatura (ºC)
PSL40	Proteína do soro do leite	40
PSL60	Proteína do soro do leite	60
PE40	Proteína de ervilha	40
PE60	Proteína de ervilha	60

A secagem foi realizada em sistema convectivo experimental desenvolvido pelo grupo de pesquisa, composto por câmara de secagem de formato paralelepípedo (53 × 32,5 × 45 cm), ventilador radial (200 m³/h), duto de aço galvanizado (56 × 34 × 24 cm; espessura de 1 mm), isolamento com lã de vidro (5 cm) e resistências elétricas posicionadas perpendicularmente ao fluxo de ar. O ar aquecido foi conduzido para a câmara por abertura localizada na parede posterior (10 × 8 cm), enquanto a exaustão ocorreu por orifício lateral (10 × 8 cm). A temperatura foi monitorada continuamente por termopar e controlada por sistema liga/desliga, com os parâmetros operacionais gerenciados por software LabView acoplado a Arduino (Junqueira, Corrêa e Ernesto, 2017; Silveira et al., 2024).

Durante a secagem, o porta-amostras foi girado 90° periodicamente para reduzir possíveis efeitos da posição da bandeja no secador. O processo foi conduzido até que as amostras atingissem umidade final de aproximadamente 8,00% (b.u.), garantindo atividade de água inferior a 0,6. Após a secagem, as espumas secas foram maceradas até a obtenção dos pós, os quais foram armazenados em embalagens protegidas da luz e utilizados nas análises de proteína total, compostos bioativos e atividade antioxidante (Macedo et al., 2022).

O teor de proteína total dos pós de pitaia foi determinado pelo método de Kjeldahl, conforme metodologia da AOAC (2023). O procedimento consistiu nas etapas de digestão, destilação e titulação. O teor de nitrogênio obtido foi convertido em proteína total por meio da multiplicação pelo fator de conversão estabelecido.

O preparo dos extratos foi realizado conforme metodologia adaptada de Zitha et al. (2022). Para isso, 2,0 g do pó de pitaia previamente macerado foram misturados com 20,0 mL de metanol aquoso 80% (v/v) e submetidos à extração por ultrassom durante 10 min à temperatura ambiente. Em seguida, as amostras foram mantidas sob agitação por 20 min, no escuro e à temperatura ambiente. Os extratos foram filtrados em papel filtro, e os resíduos foram submetidos a uma segunda extração nas mesmas condições. Os extratos obtidos foram combinados e utilizados nas análises de compostos bioativos, realizadas em triplicata em leitor de microplacas (Biochrom EZ Read 2000).

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado por adaptação do método Fast Blue, descrito por Medina (2011). Uma alíquota de 50 µL do extrato foi transferida para placa de microtitulação, seguida da adição de 200 µL de água destilada, 25 µL de solução Fast Blue BB e 25 µL de solução de NaOH. As amostras foram agitadas por 1 min e mantidas no escuro por 90 min. A leitura foi realizada a 420 nm em leitor de microplacas, e os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra em base seca.

A determinação de flavonoides foi realizada em 380 nm, seguindo a metodologia de Leal et al. (2025), conforme a Equação 1.

$$Flavoinoides\ (mg \cdot\ 100\ g^{-1}) = \frac{A \times FD \times 1000}{m \times CA} \quad (1)$$

onde A é a absorbância; FD é o fator de diluição (volume (ml)/massa(g)); m é a massa da amostra em gramas; CA é o coeficiente de conversão para flavonoides, adotado como 766.

O teor de betalaínas foi determinado conforme o método descrito por Qingzhu et al. (2016). As concentrações de betacianinas (λ = 538 nm) e betaxantinas (λ = 438 nm) foram calculadas pelas Equações 2 e 3, respectivamente. O teor total de betalaínas foi obtido pelo somatório das frações de betacianinas e betaxantinas, expressos em mg por 100 g de amostra em base seca.

$$Betacianinas = \frac{A_{538} \times DF \times MM \times V \times 100}{\varepsilon \times P \times l} \quad (2)$$

$$Betaxantinas = \frac{A_{483} \times DF \times MM \times V \times 100}{\varepsilon \times P \times l} \quad (3)$$

onde A_{538} é a absorbância para betacianinas a 538 nm, A_{483} é a absorbância para betaxantinas, DF é o fator de diluição, MM é a massa molecular (550 $g \cdot mol^{-1}$ para betanina e 308 $g \cdot mol^{-1}$ para indicaxantina), V é o volume da solução de pigmento (mL), ε é o coeficiente de extinção molar (60.000 $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ para betanina e 48.000 $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ para indicaxantina), l é o comprimento do caminho (1 cm) e P é a massa de pigmento fresco (mg).

A atividade antioxidante foi determinada pelos métodos $ABTS^+$ e DPPH. Para o ensaio $ABTS^+$, o radical foi gerado pela reação entre solução de ABTS 7 mM e persulfato de potássio 145 mM, mantida no escuro por 16 h. A solução foi diluída em etanol até atingir absorbância de 0,70 ± 0,02 a 734 nm. Em seguida, 30 µL da amostra foram adicionados a 300 µL da solução de $ABTS^+$, e, após 6 min, a absorbância foi medida a 734 nm, utilizando etanol como branco (Auzanneau et al., 2018).

Para o ensaio DPPH, 10 µL do extrato foram adicionados a 290 µL da solução de DPPH. A mistura foi incubada por 30 min no escuro, e a absorbância foi registrada a 515 nm, utilizando metanol como branco (Cheng, Moore e Yu, 2006). Os resultados de ambos os ensaios foram expressos como porcentagem de sequestro de radical livre (% SRL), conforme a Equação 4.

$$\%\,SRL = \frac{Abs\ controle - Abs\ amostra}{Abs\ controle} \times 100 \quad (4)$$

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas no software Statistica, versão 14.0.1.8 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor total de proteínas dos pós de pitaia não diferiu significativamente entre os tratamentos, conforme indicado pela ausência de diferenças estatísticas entre as médias apresentadas na Figura 1. Embora tenha sido observada tendência de maiores valores nas amostras formuladas com proteína de ervilha, especialmente no tratamento PE60, essa variação não foi suficiente para caracterizar efeito significativo da fonte proteica ou da temperatura de secagem sobre o teor final de proteínas. Esse resultado indica que tanto a proteína do soro do leite quanto a proteína de ervilha contribuíram para o enriquecimento proteico dos pós, mas o processamento térmico empregado não promoveu alterações quantitativas expressivas na fração proteica total mensurada.

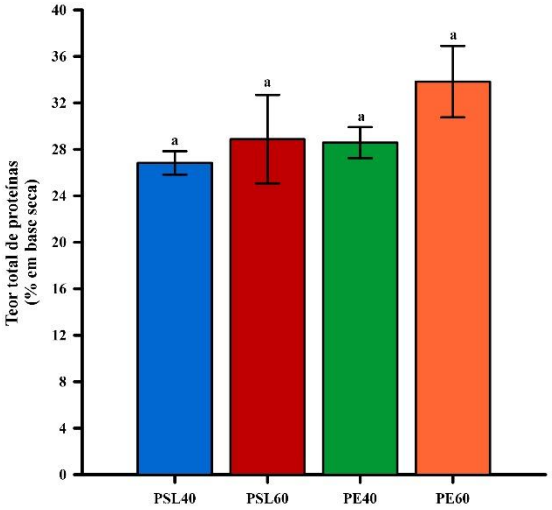


Figura 1. Teor total de proteínas de pós de pitaia obtidos por secagem em camada de espuma. PSL: proteína do soro do leite; PE: proteína de ervilha; 40 e 60 correspondem às temperaturas de secagem.

É importante considerar que a determinação pelo método de Kjeldahl quantifica o nitrogênio total e estima o conteúdo proteico por fator de conversão, não permitindo avaliar diretamente alterações estruturais, desnaturação ou mudanças na funcionalidade das proteínas. Assim, mesmo que o calor possa induzir modificações conformacionais durante a secagem, essas alterações não necessariamente se refletem em diferenças no teor total determinado. Dessa forma, os resultados sugerem estabilidade quantitativa da fração proteica nas condições avaliadas, embora possíveis modificações estruturais dependentes da fonte proteica não possam ser descartadas apenas com base nessa análise.

Os compostos fenólicos totais foram influenciados principalmente pela temperatura de secagem, conforme apresentado na Figura 2. Os tratamentos conduzidos a 40 °C apresentaram maiores teores de fenólicos, independentemente da fonte proteica utilizada, enquanto os tratamentos a 60 °C apresentaram redução significativa. Esse comportamento evidencia a sensibilidade térmica desses compostos, que podem ser degradados por reações de oxidação, polimerização ou transformação estrutural durante o aquecimento. Assim, mesmo que o aumento da temperatura possa reduzir o tempo de secagem, a maior intensidade térmica pode comprometer a preservação da fração fenólica no pó de pitaia.

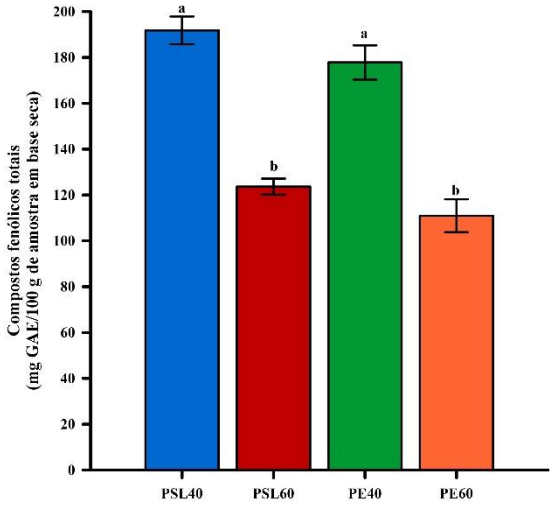


Figura 2. Compostos fenólicos totais de pós de pitaia obtidos por secagem em camada de espuma. PSL: proteína do soro do leite; PE: proteína de ervilha; 40 e 60 correspondem às temperaturas de secagem.

A diferença entre as fontes proteicas foi menos evidente para os fenólicos quando comparada ao efeito da temperatura. As amostras PSL40 e PE40 não diferiram estatisticamente entre si, indicando que, sob condição térmica mais branda, ambas as matrizes proteicas foram capazes de manter teores semelhantes de compostos fenólicos. Já a redução observada nos tratamentos a 60 °C reforça que o histórico térmico foi o principal fator associado à perda desses compostos. Esse resultado está de acordo com relatos de que compostos fenólicos apresentam elevada susceptibilidade ao calor, especialmente em matrizes submetidas à secagem, nas quais a exposição térmica e a presença de oxigênio podem acelerar reações degradativas (Narra et al., 2024).

Comportamento semelhante foi observado para os flavonoides totais (Figura 3). Os tratamentos secos a 40 °C apresentaram os maiores teores, enquanto a elevação da temperatura para 60 °C resultou em redução significativa, tanto para as formulações com proteína do soro do leite quanto para aquelas com proteína de ervilha. Esse resultado confirma que os flavonoides presentes no pó de pitaia são sensíveis à intensidade térmica do processo, podendo sofrer degradação, oxidação ou alterações em sua estrutura química quando expostos a temperaturas mais elevadas.

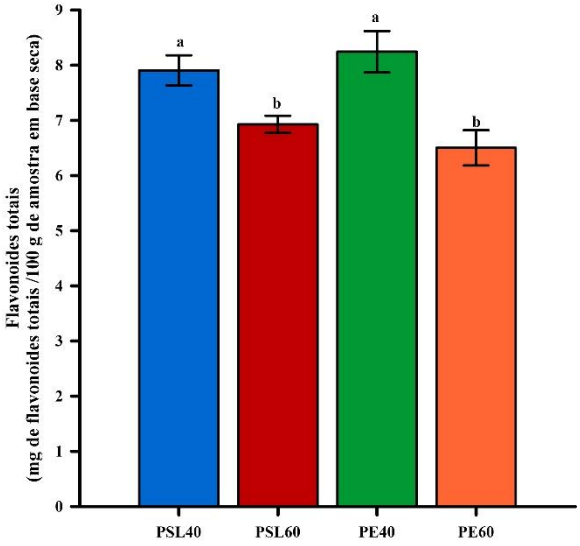


Figura 3. Flavonoides totais de pós de pitaia obtidos por secagem em camada de espuma. PSL: proteína do soro do leite; PE: proteína de ervilha; 40 e 60 correspondem às temperaturas de secagem.

Entre os tratamentos, PE40 apresentou tendência de maior teor de flavonoides, embora não tenha diferido estatisticamente de PSL40. Isso sugere que a proteína de ervilha pode ter contribuído para uma matriz com maior retenção ou maior extraibilidade desses compostos em condição de menor temperatura. Entretanto, como os tratamentos a 60 °C formaram grupo estatístico inferior, o efeito térmico foi predominante. A literatura destaca que flavonoides são compostos bioativos termossensíveis, cuja estabilidade depende do tempo de exposição, temperatura, composição da matriz e possíveis interações com proteínas e polissacarídeos (Gao et al., 2022; Narra et al., 2024).

Para as betalaínas totais, verificou-se efeito significativo tanto da temperatura quanto da fonte proteica, conforme evidenciado na Figura 4. O tratamento PSL40 apresentou o maior teor, seguido por PSL60, PE40 e PE60, com diferenças estatísticas entre todos os tratamentos. Esse comportamento indica que a proteína do soro do leite favoreceu maior retenção desses pigmentos em comparação à proteína de ervilha, especialmente sob menor temperatura de secagem. As betalaínas são pigmentos nitrogenados hidrossolúveis altamente sensíveis ao calor, oxigênio, luz e alterações de pH, o que explica a redução observada com o aumento da temperatura.

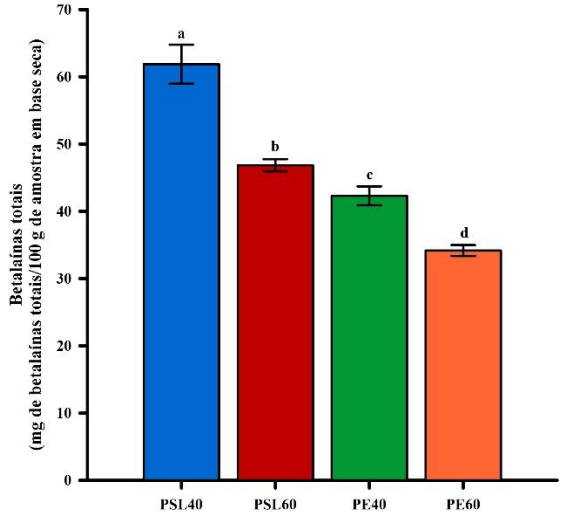


Figura 4. Betalaínas totais de pós de pitaia obtidos por secagem em camada de espuma. PSL: proteína do soro do leite; PE: proteína de ervilha; 40 e 60 correspondem às temperaturas de secagem.

A menor retenção de betalaínas nos tratamentos com proteína de ervilha sugere que a matriz proteica pode ter modulado a estabilidade desses pigmentos durante a secagem. Diferenças na composição, solubilidade, capacidade de formação de espuma e interação entre proteínas e pigmentos podem ter influenciado a proteção das betalaínas ao longo do processo. O efeito negativo da temperatura foi evidente em ambas as fontes proteicas, mas mais intenso nas formulações com proteína de ervilha, indicando que a combinação entre essa matriz e maior temperatura resultou em maior comprometimento da fração pigmentada. Esse resultado está de acordo com a reconhecida termossensibilidade das betalaínas, cuja degradação pode ser intensificada em condições térmicas mais severas (Martinez et al., 2024).

A atividade antioxidante determinada pelo método DPPH apresentou maior resposta nos tratamentos secos a 40 °C, independentemente da fonte proteica, conforme mostrado na Figura 5. PSL40 e PE40 não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram os maiores percentuais de redução de radicais livres, enquanto PSL60 e PE60 formaram grupo estatístico inferior. Esse comportamento indica que a temperatura foi o principal fator associado à redução da atividade antioxidante medida por DPPH, acompanhando a tendência observada para fenólicos e flavonoides.

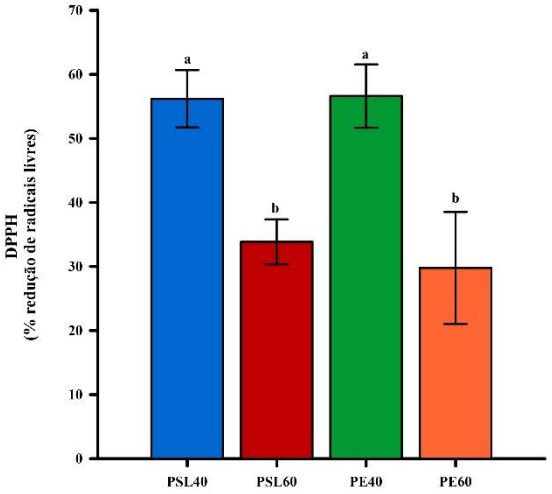


Figura 5. Atividade antioxidante por DPPH de pós de pitaia obtidos por secagem em camada de espuma. PSL: proteína do soro do leite; PE: proteína de ervilha; 40 e 60 correspondem às temperaturas de secagem.

O ensaio DPPH é baseado na redução de um radical de caráter mais hidrofóbico e responde preferencialmente a compostos capazes de doar hidrogênios em meio orgânico. Dessa forma, compostos fenólicos e flavonoides podem contribuir de forma expressiva para a atividade antioxidante medida por esse método. A redução da atividade nos tratamentos a 60 °C pode estar associada à degradação desses compostos termossensíveis e à menor disponibilidade de estruturas antioxidantes ativas após a secagem. Esse comportamento é coerente com a literatura, que destaca que DPPH pode ser particularmente sensível às alterações térmicas em compostos fenólicos e flavonoídicos (Gulcin, 2025; Knez, Kadac-Czapska, & Grembecka, 2025; Mendonça et al., 2022).

No ensaio ABTS, os tratamentos secos a 40 °C também apresentaram maior atividade antioxidante, com destaque para PE40 e PSL40, que não diferiram estatisticamente entre si, conforme apresentado na Figura 6. No entanto, diferentemente do DPPH, o ABTS permitiu maior discriminação entre os tratamentos secos a 60 °C, uma vez que PE60 apresentou atividade superior à de PSL60. Esse resultado sugere que, embora a elevação da temperatura tenha reduzido a capacidade antioxidante global, a composição da matriz proteica pode ter influenciado a manutenção ou a disponibilidade de antioxidantes capazes de reagir com o radical $ABTS^{+}$.

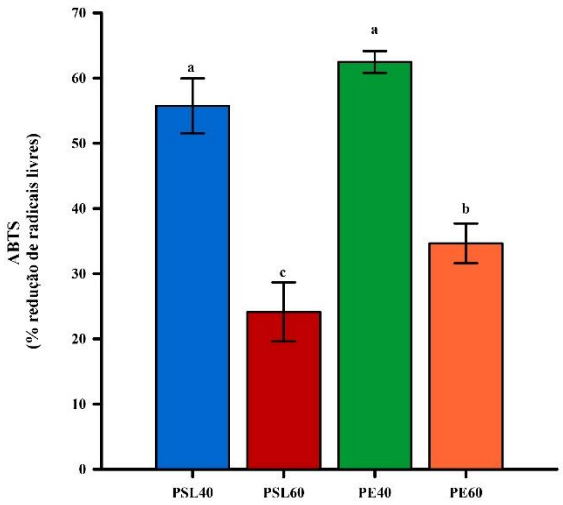


Figura 6. Atividade antioxidante por ABTS de pós de pitaia obtidos por secagem em camada de espuma. PSL: proteína do soro do leite; PE: proteína de ervilha; 40 e 60 correspondem às temperaturas de secagem.

A diferença entre DPPH e ABTS pode ser explicada pelos mecanismos químicos distintos dos ensaios. Enquanto o DPPH apresenta maior afinidade por antioxidantes com comportamento mais hidrofóbico, o ABTS responde a um espectro mais amplo de compostos, incluindo antioxidantes hidrofílicos e lipofílicos. Assim, além de fenólicos e flavonoides, as betalaínas também podem contribuir de forma relevante para a resposta antioxidante no ABTS, devido à sua natureza hidrossolúvel. A análise conjunta dos ensaios indica que a secagem a 40 °C favoreceu a preservação da capacidade antioxidante dos pós de pitaia, enquanto a elevação da temperatura comprometeu parte dos compostos bioativos responsáveis pela neutralização de radicais livres (Gulcin, 2025; Knez, Kadac-Czapska, & Grembecka, 2025; Mendonça et al., 2022).

CONCLUSÃO

Conclui-se que a temperatura de secagem exerceu influência determinante sobre a preservação dos compostos bioativos e da atividade antioxidante dos pós de pitaia obtidos por secagem em camada de espuma. De modo geral, os tratamentos conduzidos a 40 °C favoreceram a manutenção dos compostos fenólicos, flavonoides e da capacidade antioxidante determinada pelos métodos DPPH e ABTS, enquanto a elevação da temperatura para 60 °C resultou em maior redução desses componentes.

A fonte proteica também influenciou a composição dos pós, especialmente em relação às betalaínas, que apresentaram maior retenção nas formulações com proteína do soro do leite. Por outro lado, o teor total de proteínas não diferiu significativamente entre os tratamentos, indicando estabilidade quantitativa da fração proteica nas condições avaliadas. Assim, a secagem a 40 °C, especialmente quando associada à proteína do soro do leite para preservação de betalaínas, mostrou-se mais adequada para a obtenção de pó de pitaia com maior retenção de compostos bioativos e potencial antioxidante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio institucional e financeiro concedido para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AOAC. *Official Methods of Analysis*. 22. ed. AOAC International Association of Official Analytical Chemists, 2023.

AUZANNEAU, N.; WEBER, P.; KOSIŃSKA-CAGNAZZO, A.; ANDLAUER, W. Bioactive compounds and antioxidant capacity of *Lonicera caerulea* berries: comparison of seven cultivars over three harvesting years. *Journal of Food Composition and Analysis*, 66, 81–89, 2018.

BRAR, A. S.; KAUR, P.; KAUR, G.; SUBRAMANIAN, J.; KUMAR, D.; SINGH, A. Optimization of process parameters for foam-mat drying of peaches. *International Journal of Fruit Science*, 20, S1495–S1518, 2020.

ÇALIŞKAN KOÇ, G.; TEKGÜL, Y.; YÜKSEL, A. N.; KHANASHYAM, A. C.; KOTHAKOTA, A.; PANDISELVAM, R. Recent development in foam-mat drying process: influence of foaming agents and foam properties on powder properties. *Journal of Surfactants and Detergents*, 25, 539–557, 2022.

CHENG, Z.; MOORE, J.; YU, L. High-throughput relative DPPH radical scavenging capacity assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7429–7436, 2006.

FERREIRA, V. C.; AMPESE, L. C.; SGANZERLA, W. G.; COLPINI, L. M. S.; FORSTER-CARNEIRO, T. An updated review of recent applications and future perspectives on the sustainable valorization of pitaya (*Hylocereus* spp.) by-products. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 33, 101070, 2023.

GAO, Y.; XIA, W.; SHAO, P.; WU, W.; CHEN, H.; FANG, X.; MU, H.; XIAO, J.; GAO, H. Impact of thermal processing on dietary flavonoids. *Current Opinion in Food Science*, 48, 100915, 2022.

GULCIN, İ. Antioxidants: a comprehensive review. *Archives of Toxicology*, 1–105, 2025.

HAMAD, A.; MULYADI, A. H.; YULIANTI, H.; HARTANTI, D.; NAVEED, M. Foaming agents affect the physicochemical and antioxidants in red dragon fruit powder drinks from foam mat drying. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 6, 143–154, 2024.

JUNQUEIRA, J. R. D. J.; CORRÊA, J. L. G.; ERNESTO, D. B. Microwave, convective, and intermittent microwave–convective drying of pulsed vacuum osmodehydrated pumpkin slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, e13250, 2017.

KNEZ, E.; KADAC-CZAPSKA, K.; GREMBECKA, M. Evaluation of spectrophotometric methods for assessing antioxidant potential in plant food samples—A critical approach. *Applied Sciences*, 15, 5925, 2025.

KUMAR, G.; KUMAR, N.; PRABHAKAR, P. K.; KISHORE, A. Foam mat drying: recent advances on foam dynamics, mechanistic modeling and hybrid drying approach. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 8275–8291, 2023.

LEAL, G. F.; MACENA, M. A.; SILVA, R. R.; SILVA SOUSA, H. M.; GUARDA, P. M.; SOUZA MARTINS, G. A. Evaluation of the potential of deep eutectic solvents (DESs) as a sustainable alternative to obtain bioactive compounds from taturuba (*Pouteria macrophylla*) a. *Food Research International*, 116430, 2025.

MACEDO, L. L.; CORRÊA, J. L. G.; ARAÚJO, C. D. S.; VIMERCATI, W. C.; PIO, L. A. S. Process optimization and ethanol use for obtaining white and red dragon fruit powder by foam mat drying. *Journal of Food Science*, 86, 426–433, 2021.

MACEDO, L. L.; CORRÊA, J. L. G.; JÚNIOR, I. P.; SILVA ARAÚJO, C.; VIMERCATI, W. C. Intermittent microwave drying and heated air drying of fresh and isomaltulose (Palatinose) impregnated strawberry. *LWT*, 155, 112918, 2022.

MARTINEZ, R. M.; MELO, C. P.; PINTO, I. C.; MENDES-PIEROTTI, S.; VIGNOLI, J. A.; VERRI, W. A.; CASAGRANDE, R. Betalains: a narrative review on pharmacological mechanisms supporting the nutraceutical potential towards health benefits. *Foods*, 13, 3909, 2024.

MEDINA, M. B. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. *Journal of Functional Foods*, 3, 79–87, 2011.

MENDONÇA, J. D. S.; GUIMARÃES, R. D. C. A.; ZORGETTO-PINHEIRO, V. A.; FERNANDES, C. D. P.; MARCELINO, G.; BOGO, D.; FREITAS, K. C.; HIANE, P. A.; MELO, E. S. P.; NASCIMENTO, V. A. D. Natural antioxidant evaluation: a review of detection methods. *Molecules*, 27, 3563, 2022.

NARRA, F.; PIRAGINE, E.; BENEDETTI, G.; CECCANTI, C.; FLORIO, M.; SPEZZINI, J.; TROISI, F.; GIOVANNONI, R.; MARTELLI, A.; GUIDI, L. Impact of thermal processing on polyphenols, carotenoids, glucosinolates, and ascorbic acid in fruit and vegetables and their cardiovascular benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23, e13426, 2024.

QINGZHU, H.; CHENGJIE, C.; ZHE, C.; PENGKUN, C.; YUEWEN, M.; JINGYU, W. et al. Transcriptomic analysis reveals key genes related to betalain biosynthesis in pulp coloration of *Hylocereus polyrhizus*. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1179, 2016.

SHAH, K.; CHEN, J.; CHEN, J.; QIN, Y. Pitaya nutrition, biology, and biotechnology: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 24, 13986, 2023.

SILVEIRA, P. G.; CORRÊA, J. L. G.; SILVA, C. R. D. P.; MACEDO, L. L.; GONÇALVES, W. S.; JÚNIOR, I. P. Innovative strategies in yacon drying: ethanol pretreatment and intermittent microwave drying. *Journal of Food Science*, 89, 4941–4952, 2024.

WANG, X.; CHEN, J.; LUO, D.; BA, L. Advances in the understanding of postharvest physiological changes and the storage and preservation of pitaya. *Foods*, 13, 1307, 2024.

ZITHA, E. Z. M.; MAGALHÃES, D. S.; LAGO, R. C.; CARVALHO, E. E. N.; PASQUAL, M.; BOAS, E. V. D. B. V. Changes in the bioactive compounds and antioxidant activity in red-fleshed dragon fruit during its development. *Scientia Horticulturae*, 291, 110611, 2022.