

Obtenção de corante natural a base de urucum (*Bixa orellana*) utilizando tecnologia de secagem em leito de espuma.

STIVAL, G. N. S. M., MOTA, E. V. R., LARROSA, A. P. Q., SILVA, K. S.

Universidade Estadual De Maringá, Maringá, Brasil (kssilva@uem.br)

Resumo: O trabalho avaliou a obtenção de corante em pó de urucum por secagem em leito de espuma. O extrato foi preparado com etanol 50% e seco a 50, 60, 70 e 80°C. Foram analisadas a cinética de secagem, cor e atividade antioxidante. Temperaturas mais baixas preservaram melhor as propriedades antioxidantes e visuais, destacando 60°C como a condição mais eficiente.

Palavras-chave: Encapsulamento; Leito de espuma; Pigmentos naturais.

INTRODUÇÃO

O urucum (*Bixa orellana*) é uma planta nativa da América Tropical, amplamente conhecida por suas sementes que são utilizadas na produção de corantes naturais. Essas sementes são ricas em bixina, um composto responsável pela cor vermelha intensa, que é extraída e aplicada em alimentos, cosméticos e até medicamentos (Hirata et al., 2008). Além disso, o urucum também é valorizado na medicina tradicional, onde suas folhas e sementes são utilizadas para tratar diversas condições, como problemas de pele e inflamações. A popularidade do urucum cresceu devido ao seu caráter sustentável e ao crescente interesse por alternativas naturais em diversos setores industriais.

Os extratos de urucum são limitados devido à instabilidade dos pigmentos, que podem sofrer degradações e transformações durante o armazenamento, influenciadas pela luz, oxigênio, temperatura ou pH (Maneeratanachot, Chetpattananondh, Kungsanant, 2024). Portanto, é necessário adotar técnicas de encapsulamento que proporcione melhores condições de estabilidade, assim como, facilitar a sua utilização em determinados produtos.

A secagem em leito de espuma é um processo no qual materiais líquidos ou semilíquidos são batidos na forma de espuma estável quando ar é incorporado, gerando um grande volume de gases na presença de pelo menos um agente espumante e, são subsequentemente, desidratados pelo contato com o ar aquecido (Abbasi, Azizpour, 2016). Entretanto, quando se trata de extratos líquidos como o de urucum, é necessário adicionar substâncias auxiliares para garantir a formação e estabilidade da espuma, uma vez que esses materiais, por si só, não apresentam propriedades espumantes (Kumar et al., 2023).

Os produtos em pó obtidos por esse método apresentam boa capacidade de reconstituição, além de serem economicamente mais viáveis em comparação a outras formas de secagem. Além disso, o processo é eficaz na preservação das características nutricionais dos compostos (Osama et al., 2022; Paiva et al., 2023). Desta forma, este trabalho teve como objetivo de avaliar a secagem em leito de espuma do extrato de urucum a fim de obter um corante natural em pó.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria prima

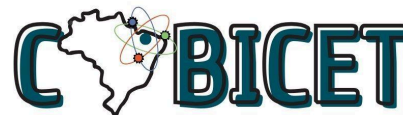
O urucum foi obtido de produtores de Paranacity – PR e foi armazenado em recipientes plásticos.

Preparação do extrato

O extrato do urucum foi obtido usando solução hidroalcoólica de 50% (v/v) etanol e proporção de 1:20 (urucum:solvente). A extração foi realizada por meio da agitação mecânica a 500 rpm durante 60 min, utilizando um banho de aquecimento para controle da temperatura a 50°C, de acordo com testes preliminares. Os extratos foram filtrados a fim de reter as partículas grosseiras, posteriormente foi rotaevaporado a 50°C e armazenado em frascos âmbar a -12°C até o momento do encapsulamento e análise.

Secagem em leito de espuma

Para a secagem em leito de espuma, foi utilizada uma formulação contendo aditivos que promovessem a estabilização da espuma durante os experimentos, de



acordo com a Tabela 1, segundo Tavares et al., (2019).

Tabela 1. Formulação das espumas para encapsulamento dos extratos de urucum.

| Formulação | Concentração(m\m) |
|---------------|-------------------|
| Extrato | 71,5% |
| Emustab | 12,5% |
| Liga neutra | 1% |
| Maltodextrina | 15% |

As espumas foram produzidas numa bateadeira planetária de 750W (Oster, Brasil) por 10 min na velocidade 8. As espumas foram espalhadas em bandejas de alumínio com cerca de 1 cm de espessura. Os experimentos foram conduzidos nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C.

A secagem foi avaliada a cinética de redução de umidade ao longo do tempo, determinando a constante cinética k pelo modelo matemático de Henderson e Pabis de acordo com a Equação 1. A cinética será acompanhada até alcançar umidade constante em base seca (kgágua/kg sólido seco). Após decorrido o tempo de processo, as espumas secas foram moídas em moinho de facas até uma granulometria de 35 mesh.

$$y = a \cdot \exp(-k \cdot t) \quad (1)$$

Onde: a é um parâmetro de ajuste, k é a constante cinética de secagem (min^{-1}) e t é o tempo de secagem.

As espumas foram analisadas quanto ao teor de umidade inicial para ser utilizada nos cálculos de cinética de secagem, segundo a metodologia da A.O.A.C (2005) a 105°C.

Caracterização das espumas

A espuma obtida em cada extrato será caracterizada com relação à densidade, estabilidade e expansão volumétrica. O teste de estabilidade será realizado de acordo com Bag, Srivastav e Mishra (2011), onde cerca de 50mL de espuma é colocada em uma proveta de 50mL a 25°C. A estimativa é realizada através da massa de amostra pelo volume ocupado. Para o teste de estabilidade, será avaliado a redução do volume da espuma após 1h, calculada pela

Equação 2, segundo Marinova et al., (2009). E a expansão volumétrica será estimada pela Equação 3, segundo Feitosa et al., (2017), pela relação das densidades da espuma e do extrato misturado antes do batimento.

$$\%E = \frac{V_e}{V_i} \times 100 \quad (2)$$

$$EV\% = \frac{\left(\frac{1}{\rho_e} - \frac{1}{\rho_i}\right)}{\left(\frac{1}{\rho_i}\right)} \times 100 \quad (3)$$

Onde: V_i é o volume inicial espuma e V_e = volume da espuma final após 1h

Determinação de compostos antioxidantes

A atividade antioxidante será determinada exclusivamente pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), conforme descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). O ensaio se baseia na capacidade dos extratos em neutralizar o radical DPPH, gerando uma redução mensurável na absorvância. A quantificação será realizada utilizando uma curva de calibração com padrão Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico), e os resultados serão expressos em μM de Trolox por grama de folha seca.

Determinação da cor

A cor foi analisada nos produtos em pó por meio de um Colorímetro Konica Minolta Chroma modelo CR 410, com a determinação no espaço CIE $L^* a^* b^*$. O parâmetro L^* representa a luminosidade com escala do 0 até 100, e parâmetro b^* que representa a medida do amarelo (b^* positivo) ao azul (b^* negativo). Os parâmetros croma e ângulo Hue foram estimados de acordo com as Equações 2 e 3 respectivamente.

$$C = \sqrt{a^2 - b^2} \quad (4)$$

$$\text{Hue} = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (5)$$

Tratamento Estatístico

Os resultados foram avaliados estatisticamente pelo teste de ANOVA e teste de Tukey ao nível de 5 % de significância ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento da secagem das espumas foi avaliado de acordo com a Figura 1.

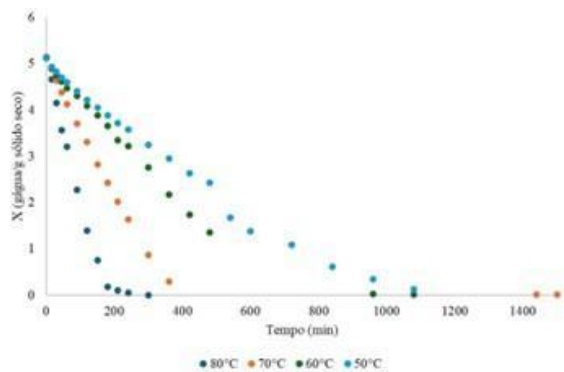


Figura 1. Cinética de Secagem das Espumas de Bixa orellana em diferentes temperaturas.

A Figura 1 mostra que o aumento da temperatura acelera significativamente a remoção da umidade, resultando em maior taxa de perda de umidade das espumas. A 80°C, a secagem foi a mais rápida entre todas as condições, reduzindo a umidade para níveis muito baixos em cerca de 5 horas. Já a 70°C, observou-se uma secagem eficiente, porém mais gradual, alcançando valores próximos ao equilíbrio em aproximadamente 24 horas. Em contrapartida, as temperaturas de 50°C e 60°C apresentaram curvas mais lentas, exigindo maior tempo para remoção significativa da água (MATOS, J. D. P. DE et al., 2022).

A constante cinética de secagem (k), determinada pelo modelo de Henderson e Pabis está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Valores da cinética de secagem (k) em diferentes temperaturas.

| Experimento | k (min^{-1}) |
|-------------|---------------------------|
| 50°C | $0,00156 \pm 0,00002$ |
| 60°C | $0,00231 \pm 0,00011$ |
| 70°C | $0,00507 \pm 0,00037$ |
| 80°C | $0,01146 \pm 0,00092$ |

A análise dos valores demonstra claramente que a constante cinética aumenta com a elevação da

temperatura, o que está de acordo com o comportamento esperado para processos de secagem. A 80°C, observou-se o maior valor de k , o que reflete uma maior taxa de evaporação da umidade, devido ao maior fornecimento de energia térmica ao sistema. Isso favorece tanto a difusão da água no interior da espuma quanto sua liberação para o meio externo.

O comportamento observado confirma que o aumento da temperatura acelera o processo de secagem, o que pode ser vantajoso do ponto de vista da eficiência produtiva. Contudo, é importante considerar que temperaturas muito elevadas podem comprometer a estabilidade de compostos termossensíveis presentes no extrato, como pigmentos e antioxidantes naturais.

Caracterização da Espuma

As análises para a caracterização da espuma obtida a partir do extrato do urucum mostrou resultados positivos em relação a expansão volumétrica e a estabilidade, uma vez que a expansão volumétrica (EV%) foi de 67,11%, indicando que a espuma aumentou consideravelmente de volume após o batimento, revelando uma alta eficiência na incorporação de ar na espuma, adicionalmente ela apresentou uma alta estabilidade com 98,6% de volume mantido após 1 hora em repouso.

Parâmetros Colorimétricos

A análise colorimétrica dos produtos em pó de urucum apresentados na Tabela 2, fornece informações relevantes sobre a qualidade visual. Os parâmetros avaliados (L^* , a^* , b^* e C^*) estão diretamente relacionados à luminosidade, tonalidade e intensidade da cor dos extratos em pó, influenciadas pelas condições de secagem.

Tabela 2. Parâmetros colorimétricos dos extratos em pó de urucum.

| Experimento | L^* | a^* | b^* |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 50°C | $81,80^a \pm 0,21$ | $0,28^a \pm 0,04$ | $44,74^a \pm 0,34$ |
| 60°C | $79,81^b \pm 0,16$ | $-1,22^d \pm 0,58$ | $31,97^c \pm 0,06$ |
| 70°C | $79,45^c \pm 0,15$ | $-0,93^c \pm 0,03$ | $33,99^b \pm 0,35$ |
| 80°C | $67,79^a \pm 2,40$ | $-0,34^b \pm 0,13$ | $21,79^d \pm 0,51$ |

*Média ± desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de significância.

O valor de L*, que representa a luminosidade (0 = preto, 100 = branco) apresentou os maiores valores a 50°C (81,80) e 60°C (79,81), indicando pós mais claros e visualmente mais vivos. À medida que a temperatura aumentou, a luminosidade diminuiu, atingindo o menor valor a 80°C (67,79), o que indica escurecimento do produto possivelmente causado pela degradação térmica dos pigmentos.

O parâmetro a* indica a tonalidade no eixo vermelho-verde. Foi observado uma tendência de deslocamento para valores negativos com o aumento da temperatura. A 50°C, observou-se valor positivo (0,28), o que confirma a preservação dessa tonalidade. No entanto, temperaturas a partir de 60°C resultaram em valores negativos (-1,22 a -0,34), indicando perda da tonalidade vermelha e possível oxidação ou degradação da bixina.

Já o parâmetro b*, associado à tonalidade amarela, também apresentou redução significativa com o aumento da temperatura. O maior valor foi observado a 50°C (44,74), enquanto o menor foi registrado a 80°C (21,79). Essa diminuição reflete a redução da intensidade da cor amarela.

Esses resultados demonstram que temperaturas mais elevadas (70°C e 80°C) comprometem a coloração esperada do extrato (LÚCIA *et al.*, 1999), tanto em intensidade (b*) quanto em tonalidade (a*), além de escurecer o produto (redução de L*). Em contraste, a secagem a 50°C preserva melhor as propriedades visuais típicas do corante natural, tornando-se a condição mais favorável do ponto de vista colorimétrico.

A Tabela 3 apresenta os parâmetros de croma e ângulo Hue.

Tabela 3. Parâmetros croma, ângulo Hue dos extratos em pó de urucum.

| Experimento | C (Chroma)* | Hue (°) * |
|-------------|---------------------------|--------------|
| 50°C | 44,74 ^a ± 0,34 | 89,64 ± 0,05 |
| 60°C | 31,97 ^c ± 0,06 | 93,85 ± 2,98 |
| 70°C | 34,15 ^b ± 0,35 | 91,56 ± 0,04 |
| 80°C | 29,82 ^d ± 0,99 | 91,13 ± 0,17 |

*Média ± desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de significância.

O parâmetro C* reflete a saturação ou intensidade da cor, sendo que valores mais elevados indicam coloração mais vívida. Os resultados indicam que o valor de Croma foi consideravelmente maior a 50°C (44,74), demonstrando que essa condição preservou melhor a intensidade da cor do extrato. A redução progressiva do C* com o aumento da temperatura especialmente a 80°C (29,82) sugere degradação térmica dos compostos pigmentares, comprometendo a saturação da coloração final. Essa tendência reforça que temperaturas elevadas afetam negativamente a estrutura química dos carotenoides (LÚCIA *et al.*, 1999).

O ângulo de Hue variou entre 89,64° e 93,85°, indicando coloração predominante no espectro do amarelo para todos os tratamentos, como esperado para o urucum. O valor mais elevado observado a 60°C (93,85°) pode refletir uma leve mudança na tonalidade, provavelmente causada pela transformação parcial de pigmentos sensíveis ao calor. Essa estabilidade no tom sugere que a temperatura de secagem influenciou apenas na intensidade da cor (C*) do que na tonalidade perceptível (Hue) dos extratos encapsulados. Isso indica que temperaturas mais baixas são mais eficientes para manter as propriedades visuais desejáveis do extrato de urucum.

As Figuras 1 a 4 ilustram as imagens dos extratos de urucum encapsulados na secagem em leite de espuma.



Figura 1: Extrato em pó da Bixina Orellana com 50% etanol e 50°C



Figura 2: Extrato em pó da *Bixina Orellana* com 50% etanol e 60°C



Figura 3: Extrato em pó da *Bixina Orellana* com 50% etanol e 70°C



Figura 4: Extrato em pó da *Bixina Orellana* com 50% etanol e 80°C

Determinação de Compostos Antioxidantes

A tabela 4 apresenta os valores obtidos pelo método DPPH para identificar a atividade antioxidante.

Tabela 4. Valores da atividade antioxidante dos extratos em pó pelo método DPPH.

| Experimento | Atividade Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox/g}$) |
|-------------|---|
| 50°C | 79,86 ^a \pm 0,82 |
| 60°C | 80,08 ^a \pm 0,33 |
| 70°C | 79,16 ^a \pm 2,23 |
| 80°C | 73,45 ^b \pm 1,49 |

*Média \pm desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa ao nível de 5% de significância.

Os valores médios de atividade antioxidante corrigida variaram de 73,45 a 80,08 $\mu\text{mol Trolox/g}$, conforme a temperatura empregada no processo. A maior atividade antioxidante foi observada nas amostras secas a 60°C (80,08 $\mu\text{mol Trolox/g}$), seguidas de perto pelas amostras a 50°C (79,86 $\mu\text{mol Trolox/g}$). A amostra submetida à secagem a 70°C também apresentou boa atividade antioxidante (79,16 $\mu\text{mol Trolox/g}$), mas com maior variabilidade entre as repetições, como evidenciado pelo desvio padrão elevado. Isso sugere que, embora ainda eficiente, a estabilidade dos compostos antioxidantes pode começar a ser comprometida em temperaturas mais altas.

Por outro lado, a menor atividade antioxidante foi observada a 80°C (73,45 $\mu\text{mol Trolox/g}$), indicando a degradação de compostos bioativos em função do calor excessivo. A exposição prolongada a altas temperaturas pode promover reações oxidativas ou térmicas que reduzem a eficácia antioxidante dos extratos.

Os resultados destacam que as condições de secagem afetam diretamente a funcionalidade dos extratos, existindo um limite crítico de temperatura acima do qual ocorre uma redução significativa da atividade antioxidante. Dessa forma, temperaturas entre 50°C e 60°C são as mais indicadas para manter as propriedades antioxidantes do urucum, enquanto 70°C representa um equilíbrio entre eficiência do processo e preservação dos compostos bioativos.



CONCLUSÃO

A secagem em leito de espuma foi eficaz na produção de corante em pó de urucum, com influência direta da temperatura nas propriedades do produto final. Embora temperaturas mais altas acelerem a secagem, comprometeram a cor e a atividade antioxidante dos extratos. A 60°C apresentou o melhor equilíbrio entre eficiência de processo e preservação das características funcionais e visuais, do extrato, sendo a mais indicada para aplicações futuras sejam elas industriais, cosméticas ou farmacêuticas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro recebido pela Itaipu Binacional, Itaipu Parquetec e Fundação PTI-BR, ao financiamento da bolsa de Iniciação à Científica pelo CNPq, ao apoio financeiro do Conectinova LabMaker da UEM, ao apoio do Departamento de Engenharia de Alimentos da UEM e ao apoio da Associação de Produtores de Urucum de Paranacity (APRUCITY).

REFERÊNCIAS

- ABBASI, E.; AZIZPOUR, M. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. *LWT – Food Science and Technology*, v. 68, p. 105-110, 2016.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Arlington, USA, 2005.
- BARBA, F. J.; ZHU, Z.; KOUBAA, M.; SANT'ANA, A. S.; ORLIEN, V. Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 49, p. 96-109, 2016.
- BENZIE, I. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology*, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; LIMA, F. C. S.; OLIVEIRA, E. N. A. Drying and characterization of myrtle pulp. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 12, p. 858-864, 2017.
- FRANCO, F. J. **Analysis of anthocyanins**. In: MARKAKIS, O. (Ed.). *Anthocyanin as food colors*. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.
- GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. In: **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- HIRATA, A. H. et al. Uso do urucum (*Bixa orellana*) na indústria alimentícia e farmacêutica. *Journal of Natural Products*, v. 17, n. 3, p. 123-130, 2008.
- KUCK, L. S.; WESOLOWSKI, J. L.; NOREÑA, C. P. Z. Effect of temperature and relative humidity on stability following simulated gastrointestinal digestion of microcapsules of Bordo grape skin phenolic extract produced with different carrier agents. *Food Chemistry*, v. 230, p. 257-264, 2017.
- 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*, v. 63, n. 26, p. 8275-8291, 2023.
- LUCARINI, A. C. et al. Estudo da extração de corante natural que confere proteção ultravioleta em fibras naturais. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v. 3, n. 2, p. 82-94, 2017.
- MARINOVA, K. G.; BASHEVA, E. S.; NENOVA, B.; TEMELSKA, M.; MIRAREFI, A. Y.; CAMPBELL, B.; IVANOV, I. Physico-chemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, v. 23, p. 1864-1876, 2009.
- MANEERATANACHOT, S.; CHEPTATTANANONNDH, P.; KUNGSANANT, S. Encapsulation of anthocyanin from butterfly pea flowers (*Clitoria ternatea* L.) extract using foam-mat drying. *Food and Bioprocess Technology*, v. 145, p. 105-115, 2024.
- PAIVA, Y. F. et al. Tropical red fruit blend foam mat drying: effect of combination of additives and drying temperatures. *Foods*, v. 12, p. 2508, 2023.
- ROMERO-CASCALES, I.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J. I.; LÓPEZ-ROCA, J. M.; GÓMEZ-PLAZA, E. The maceration process during winemaking extraction of anthocyanins from grape skins into wine. *European Food Research and Technology*, v. 221, p. 163-167, 2005.



SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SURVESWARAN, S.; CAI, Y. Z.; CORKE, H.; SUN, M. Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. *Food Chemistry*, v. 102, n. 3, p. 938-953, 2007.

YAMASHITA, C. et al. Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying. *LWT - Food Science and Technology*, v. 84, p. 256–262, 2017.

MATOS, J. D. P. DE et al. Foam mat drying kinetics of jambolan and acerola mixed pulp. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, n. 7, p. 502–512, jul. 2022.

LÚCIA, V. et al. Cinética da degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum, submetida a tratamentos térmicos. *Food Science and Technology*, v. 19, n. 1, p. 37–42, 1 jan. 1999.