

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO MAMÃO SUBMETIDO A MÉTODOS DE SECAGEM

IVAN BAZO BERGAMIM¹, CAMILA LOPES BONFIM², CAROLINA MARIA SANCHEZ-SAENZ³, RAFAEL AUGUSTUS DE OLIVEIRA⁴

¹ Doutorando, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI, UNICAMP, Campinas/SP, ivan.bergamim@feagri.unicamp.br

² Mestranda, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI, UNICAMP, Campinas/SP.

³ Professora Doutora, Faculdade de Engenharia, Universidade Nacional de Colombia, UNAL, Bogotá D.C..

⁴ Livre Docente, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI, UNICAMP, Campinas/SP.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O mamão é consumido de diversos modos, além de grande presença no mercado mundial. A secagem é um processo de conservação dos produtos biológicos, porém a secagem equivocada, pode alterar negativamente a qualidade dos produtos biológicos, alterando a coloração e degradação de compostos ativos do produto. Neste trabalho, objetivou-se avaliar as mudanças de algumas propriedades físico-químicas do mamão, como atividade de água (A_w), coloração e conteúdo de carotenoides, após secagem convectiva (C), por janela de refractância (RW) e por liofilização (L). A A_w foi reduzida, sendo considerada estável para não proliferação de microrganismos. A mudança de cor (ΔE^*) foi significativamente distinta somente para o ensaio L. O ângulo de matiz (h^*) variou do laranja avermelhado ao laranja amarelado, sendo o L e C50 os únicos distintos estatisticamente da amostra inicial. Quanto ao teor de carotenoides, todos os ensaios foram distintos da amostra inicial, com o L sendo o maior dentre todos. A secagem proporcionou alterações físico-químicas em todos os ensaios, principalmente no L, distinto em todas as análises realizadas, com manutenção relevante de compostos bioativos.

PALAVRAS-CHAVE: liofilização; secagem por janela de refractância; carotenoides.

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PAPAYA SUBMITTED TO DRYING METHODS

ABSTRACT: Papaya is consumed in different ways, as well as having a strong presence in the world market. Drying is a process used for preservation of biological products, although improper drying can negatively affect the quality of biological products, altering their color and degrading important active compounds. This study aimed to evaluate the changes in some physicochemical properties of papaya, such as water activity (A_w), color, and carotenoid content, after convective (C), refractance window drying (RW), and freeze-drying (L). The A_w was reduced, which was considered stable to prevent microbial proliferation. The color change (ΔE^*) was significantly different only for the L treatment. The hue angle (h^*) ranged from reddish-orange to yellowish-orange, with L and C at 50°C being statistically distinct from the initial sample. Regarding carotenoid content, all treatments were different from the initial sample, with L having the highest content. Drying caused physicochemical changes of all assays, particularly in L, which showed distinct results in all performed analyses while maintaining a relevant amount of bioactive compounds.

KEYWORDS: freeze drying; refractance window drying; carotenoids.

INTRODUÇÃO: Mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta climatérica de alto valor nutricional, podendo ser consumida tanto fresca como processada, permitindo a criação de diversos outros alimentos elaborados. É um produto com alta capacidade de amadurecimento, assim como altamente perecível, além de apresentar uma alta demanda no mercado (JÚNIOR et al., 2018). Devido a isso, se faz necessário usar técnicas que aumentem sua durabilidade, mas que mantenham a qualidade a mais próxima do produto fresco. A secagem é um processo que visa a redução da umidade do produto. A secagem permite reduzir os custos de armazenamento, transporte, assim como a utilização em outras etapas no processamento de alimentos (AKTAŞ et al., 2017). É um processo relevante, pois boa parte da demanda de energia em linhas de processamento é oriundo deste processo (MUJUMDAR, 2015). Seu uso adequado permite, além de garantir a segurança alimentar, diminuir a atividade de água de produtos alimentícios e, conseqüentemente, aumentar a vida útil. No entanto, também pode gerar conseqüências prejudiciais (MINEA, 2013), como a degradação de compostos bioativos termossensíveis (NINDO e TANG, 2007), caso dos carotenoides, compostos por licopeno, β -criptoxantina e β -caroteno (JÚNIOR et al., 2018), que proporcionam a coloração laranja avermelhada do mamão. A secagem convectiva por ar quente (C) é o método mais tradicional, no qual tem-se o aquecimento do ar de secagem por diversas fontes possíveis e, posteriormente, o aquecimento e secagem convectiva do produto. A liofilização (L) consiste da sublimação da umidade no produto congelado resultando em um produto seco. A secagem por janela de refractância é um processo de secagem no qual o produto é depositado sobre uma película de poliéster, que se mantém em contato direto com a água quente de um reservatório, tendo a condução como principal fenômeno de transferência de calor para a secagem (RAGHAVI, MOSES, ANANDHARAMAKRISHNAN, 2018). Pretende-se, então, avaliar as propriedades físico-químicas do mamão após diversos métodos de secagem.

MATERIAL E MÉTODOS: Os frutos foram adquiridos em um mercado local. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Secagem da FEAGRI/UNICAMP. Os mamões foram cortados em fatias com espessura média de $3,442 \pm 0,873$ mm. Os parâmetros operacionais de secagem foram: -54°C e $160 \mu\text{mHg}$ por cerca de 4 dias de secagem no liofilizador (L); 50 , 60 e 70°C de temperatura de secagem e velocidade do ar fixa de $0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ para a secagem convectiva (C) e 70 , 80 e 90°C de temperatura da água na secagem por janela de refractância (RW). A umidade inicial do mamão foi determinada pelo método de estufa 105°C por 24 h (AOAC, 2019) de $0,870 \pm 0,003$, base úmida. As análises físico-químicas foram feitas com o produto antes e depois da secagem. A atividade de água (A_w) foi obtida em medidor direto (AquaLab 4TEV, Decagon). A cor foi medida, usando escala CIElab com colorímetro (CM-700d, Konica Minolta), para posterior cálculo da diferença total de cor ΔE^* (Equação 1), croma C^* (Equação 2) e ângulo de matiz *hue* h^* (Equação 3) (PATHARE, OPARA, AL-SAID, 2013). Para o teor de carotenoides, foi utilizado um espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom) para quantificação das absorvâncias relacionadas ao teor de carotenoides (SIMS e GAMON, 2002). O tratamento controle, chamado de Inicial, consistiu da amostra de fruto fresco, com exceção das análises de teor de carotenoides, uma vez que foi congelado a -12°C até o momento das análises. A comparação entre os ensaios e análises físico-químicas ficou a cargo do teste de Tukey HSD, com confiança de 95%.

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_i^* - L_f^*)^2 + (a_i^* - a_f^*)^2 + (b_i^* - b_f^*)^2} \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$h^* = \left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3)$$

em que: L* - índice de brilho e luminosidade; a* - coordenada vermelho/verde (+a indica vermelho e -a indica verde); b* - coordenada amarelo/azul (+b indica amarelo e -b indica azul).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1, os valores de ΔE^* mostram que o processo de secagem que proporcionou a maior mudança de coloração foi o L, enquanto o menor foi o RW90. Assim, as amostras resultantes podem ser consideradas distintas da amostra original, pois possuem valores maiores que 3 (PATHARE, OPARA, AL-SAID, 2013). No caso de h^* , tem-se que o maior ângulo de matiz foi do processo L, se aproximando do laranja amarelado, enquanto o C50 apresentou o menor valor, se aproximando do laranja avermelhado. Os ensaios variaram de 45° a 60°, representando geralmente a coloração laranja. O ensaio L foi diferente estatisticamente em relação a todos os outros, enquanto que o L e C50 foram diferentes estatisticamente do Inicial. Os outros ensaios não apresentaram diferenças estatísticas em relação ao Inicial. O ensaio que apresentou o maior C* foi o C70, enquanto que o RW90 apresentou o menor valor.

TABELA 1. Valores médios e desvios do índice de brilho e luminosidade (L*), diferença de total de cor (ΔE^*), ângulo de matiz hue (h^*) e croma (C*).

Ensaio	L*			ΔE^*			h^*			C*		
	μ	\pm	σ	μ	\pm	σ	μ (°)	\pm	σ (°)	μ	\pm	σ
Inicial	41,358 ^d	\pm	1,222	-	-	-	48,66 ^b	\pm	3,14	39,16 ^{ab}	\pm	4,59
C50	49,442 ^c	\pm	0,608	7,37 ^b	\pm	4,96	44,36 ^c	\pm	1,51	42,19 ^{ab}	\pm	2,04
C60	54,626 ^{bc}	\pm	1,914	11,63 ^b	\pm	4,40	49,15 ^b	\pm	1,14	44,91 ^a	\pm	2,37
C70	50,222 ^{bc}	\pm	2,681	10,65 ^b	\pm	3,77	45,84 ^{bc}	\pm	2,35	47,12 ^a	\pm	3,80
RW70	48,418 ^c	\pm	5,984	10,33 ^b	\pm	6,56	46,02 ^{bc}	\pm	3,82	43,64 ^a	\pm	5,25
RW80	55,442 ^b	\pm	3,053	13,71 ^b	\pm	5,23	47,68 ^{bc}	\pm	2,00	45,20 ^a	\pm	6,39
RW90	47,602 ^c	\pm	2,059	6,87 ^b	\pm	1,50	48,56 ^b	\pm	1,31	34,07 ^b	\pm	2,50
L	70,776 ^a	\pm	1,877	30,47 ^a	\pm	3,32	59,71 ^a	\pm	2,23	43,64 ^a	\pm	5,74

μ : média; σ : desvio padrão

Na Tabela 2, tem-se que o mamão fresco (Inicial) possui uma alta atividade de água. O ensaio que apresentou a maior atividade de água final foi o RW70, enquanto o RW90 apresentou a menor. Os resultados mostraram que, de modo geral, todos os ensaios proporcionaram valores baixos de atividade de água, com variações significativas de seus valores médios finais. Estes valores foram muito abaixo do valor máximo de 0,60, que considera que um produto é estável com relação a proliferação de microrganismos. Quanto à manutenção de carotenoides, tem-se que o L apresentou o maior valor dentre todos os ensaios, enquanto que o C50 apresentou o menor. Os ensaios Inicial e L foram distintos estatisticamente de todos os ensaios restantes. Tais resultados mostram que a secagem proporcionou a diminuição do conteúdo de carotenoides em todos os ensaios, com exceção ao L, que cumpriu a função de preservar os compostos. Além disso, o incremento da temperatura de secagem, de modo geral, aumentou a degradação dos carotenoides. Nota-se ainda que os valores do tratamento Inicial ficaram abaixo dos apresentados pelo tratamento L, indicando que o congelamento pode ter influenciado na degradação dos compostos bioativos.

TABELA 2: Valores de umidade final (X) de cada ensaio e valores médios e desvios da atividade de água (A_w) e conteúdo de carotenoides.

Ensaio	X (b.s.)		A_w		Carotenoides (mg.100 g ⁻¹ MS)		
	-	μ	\pm	σ	μ	\pm	σ
Inicial	6,692	0,976 ^a	\pm	0,002	13,439 ^b	\pm	2,228
C50	0,213	0,374 ^c	\pm	0,023	1,353 ^e	\pm	0,234
C60	0,051	0,373 ^c	\pm	0,014	4,735 ^c	\pm	0,456
C70	0,068	0,442 ^{bc}	\pm	0,014	5,258 ^c	\pm	0,451
RW70	0,351	0,574 ^b	\pm	0,116	2,306 ^{de}	\pm	0,518
RW80	0,104	0,349 ^c	\pm	0,027	4,534 ^c	\pm	0,233
RW90	0,060	0,343 ^c	\pm	0,026	4,060 ^{cd}	\pm	0,361
L	0,215	0,374 ^c	\pm	0,020	16,616 ^a	\pm	0,189

μ : média; σ : desvio padrão; MS: massa seca; b.s.: base seca.

CONCLUSÕES: Pode-se concluir que praticamente todos os ensaios proporcionaram alguma alteração nas propriedades físico-químicas do mamão. A atividade de água A_w das amostras foi reduzida enormemente. Valores de ΔE^* indicaram significativa influência da secagem na variação de cor com relação ao produto inicial. Valores de h^* indicaram uma faixa de laranja avermelhado ao laranja amarelado. Com relação aos carotenoides, a secagem convectiva proporcionou maior degradação, se comparada com a secagem por janela de refractância, enquanto a liofilização apresentou a menor degradação, sendo próximo do produto inicial.

AGRADECIMENTOS: Grupo de Pesquisa CT&EA da FEAGRI/UNICAMP pelo apoio; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de mestrado e doutorado e à Universidade Nacional de Colombia (UNAL).

REFERÊNCIAS:

- AKTAŞ, M. et al. Analysis of a new drying chamber for heat pump mint leaves dryer. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, n. 28, p. 18034–18044, 2017.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 21. ed. Rockville, Maryland: AOAC International, 2019.
- JÚNIOR, E. V. da S. et al. Influence of ultrasound and vacuum assisted drying on papaya quality parameters. **LWT-Food Science and Technology**, v. 97, n. March, p. 317–322, 2018.
- MINEA, V. Drying heat pumps-Part II: Agro-food, biological and wood products. **International Journal of Refrigeration**, v. 36, n. 3, p. 659–673, 2013.
- MUJUMDAR, A. S. Principles, Classification, and Selection of Dryers. In: MUJUMDAR, A. S. (Ed.). **Handbook of Industrial Drying**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2015. p. 3–29.
- NINDO, C. I.; TANG, J. Refractance window dehydration technology: A novel contact drying method. **Drying Technology**, v. 25, n. 1, p. 37–48, 2007.
- PATHARE, P.B.; OPARA, U.L.; AL-SAID, F.A.J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 36–60, 2013.
- RAGHAVI, L. M.; MOSES, J. A.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Refractance window drying of foods: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 222, p. 267–275, 2018.
- SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v. 81, n. 2–3, p. 337–354, 2002.