

INFLUÊNCIA DA SECAGEM CONVENCIONAL E POR MICRO-ONDAS NAS CARACTERÍSTICAS DE SEMENTES DE MELÃO

Thays Alves Silva¹;

¹Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos (IF Goiano), Morrinhos, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/1870351783181379>

Maria Fernanda Alves Mendonça²;

²Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos (IF Goiano), Morrinhos, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/5628839249717654>

Laila Oliveira Dias³;

³Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos (IF Goiano), Morrinhos, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/7267838055017634>

Ellen Godinho Pinto⁴;

⁴Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos (IF Goiano), Morrinhos, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/7267838055017634>

Dayana Silva Batista Soares⁵;

⁵Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos (IF Goiano), Morrinhos, Goiás.

<https://lattes.cnpq.br/2508072167972293>

Wiaslan Figueiredo Martins⁶;

⁶Instituição de Ensino (abreviatura do nome da instituição), Cidade, Estado.

<https://lattes.cnpq.br/8726955804617572>

Ana Paula Stort Fernandes⁷.

⁷Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos (IF Goiano), Morrinhos, Goiás.

<https://lattes.cnpq.br/2604248855944566>

RESUMO: A fruticultura brasileira destaca-se no agronegócio, com o Brasil ocupando a terceira posição mundial na produção de frutas. Entretanto, o elevado volume produtivo gera resíduos agroindustriais, como sementes, que possuem relevante valor nutricional e potencial bioativo. As sementes de melão (*Citrullus lanatus*) possuem alto teor de umidade favorece a deterioração, tornando a desidratação uma ferramenta promissora para conservação. Este estudo avaliou a influência da secagem convencional e por micro-

ondas nas propriedades físico-químicas, compostos fenólicos totais e cor (CIELAB) das sementes de melão. Foram analisadas umidade, pH, acidez titulável, cinzas, fenólicos totais e parâmetros colorimétricos, com aplicação do teste t ($p \leq 0,05$). Os resultados indicaram que a eficiência da desidratação variou conforme o método de desidratação utilizada. Para o melão, o micro-ondas foi mais eficiente na redução da umidade e proporcionou maior luminosidade. O micro-ondas reduziu o pH e influenciou os compostos fenólicos. Conclui-se que o método de desidratação impacta diretamente a qualidade físico-química e bioativa da semente de melão.

PALAVRAS-CHAVE: Compostos Fenólicos. Sementes de cucurbitáceas. Resíduos agroindustriais.

INFLUENCE OF CONVENTIONAL AND MICROWAVE DRYING ON THE CHARACTERISTICS OF MELON AND WATERMELON SEEDS.

ABSTRACT: Brazilian fruit growing is a key sector of the agribusiness industry, with Brazil ranking third in the world in fruit production. However, this high production volume generates agro-industrial waste, such as seeds, which possess significant nutritional value and bioactive potential. Watermelon seeds (*Citrullus lanatus*) have a high moisture content that promotes spoilage, making dehydration a promising tool for preservation. This study evaluated the influence of conventional and microwave drying on the physicochemical properties, total phenolic compounds, and color (CIELAB) of watermelon seeds. Moisture, pH, titratable acidity, ash, total phenolics, and colorimetric parameters were analyzed using the t-test ($p \leq 0.05$). The results indicated that dehydration efficiency varied depending on the dehydration method used. For melon, microwave drying was more efficient in reducing moisture content and resulted in greater brightness. Microwave drying reduced pH and influenced phenolic compounds. It is concluded that the dehydration method directly impacts the physicochemical and bioactive quality of melon seeds.

KEY-WORDS: Phenolic compounds. Cucurbit seeds. Agro-industrial waste.

INTRODUÇÃO

A produção de frutas vem aumentando, assim como a demanda da população em consumi-las. A fruticultura é um dos setores que mais se destaca do agronegócio brasileiro, impulsionada por uma grande variedade de culturas produzidas em todas as regiões do país e diversos climas.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil é classificado como o 3º maior produtor de frutas no mundo. Em virtude desta produção elevada, diversos problemas vêm sendo acarretados visto que boa parte destes alimentos

são desperdiçados em todas as etapas do percurso desde sua produção ao consumo na mesa do consumidor, gerando lixo orgânico, sendo este considerado um grande emissor de gases do efeito estufa (PEREIRA, 2017).

Dentre as inúmeras variedades de frutas produzidas no Brasil, o melão desponta com grande volume de exportação. Cerca de 60% da produção é destinada ao mercado externo, tornando-o a fruta mais exportada (ABF, 2018).

O melão é uma fruta popularmente muito apreciada pelo sabor e aroma agradáveis, bem como suculência, sendo destacada como uma das frutas mais produzidas e exportadas mundialmente pelo Brasil, que ocupa o 12º lugar no ranking. Em 2013 o Brasil produziu cerca de 565.900 toneladas de melão, segundo dados do IBGE. O Nordeste é responsável por 95% da produção, sendo o Rio Grande do Norte e Ceará considerados os maiores produtores de melão (MEDEIROS et al., 2020).

A alta qualidade na produção de sementes de cucurbitáceas depende diretamente do estágio de maturação do melão. As sementes de melão possuem em sua composição ácidos graxos similar ao óleo de soja. Os ácidos graxos insaturados, oléico e linoleico, correspondem a 85% dos ácidos graxos totais e representam 99% dos ácidos graxos insaturados (MEDEIROS et al., 2020).

Portanto, a secagem desempenha um papel muito importante na conservação de produtos agroalimentares. A secagem aumenta a estabilidade dos alimentos, diminuindo o teor de umidade, o crescimento microbiano e reduzindo a degradação química. Vários métodos de secagem têm sido utilizados para a secagem de sementes, como a secagem ao sol, por infravermelho, por ar quente, a vácuo, por congelamento, em leite fluidizado e por micro-ondas.

A secagem com aquecimento em micro-ondas tem como vantagem o controle do aquecimento e a eficiência do uso da energia. A radiação micro-onda está dentro do espectro eletromagnético no intervalo de frequências entre 300 MHz e 300 GHz, com comprimentos de onda variando 1 mm a 1 m respectivo a frequência. Os fornos de micro-ondas e quando utilizados reduzem significativamente os ciclos de secagem. Este equipamento usa ondas eletromagnéticas de alta frequência, na faixa de 2450 MHz, frequência essa igual à das moléculas da água, motivo pelo qual a energia é diretamente transferida às moléculas de água dos alimentos, possibilitando o seu cozimento (GEROMEL; FREITAS, 2020).

A aplicação dessa técnica em sementes tem sido objeto de estudos, visando preservar tanto a qualidade fisiológica (germinação, vigor e umidade) quanto a integridade de compostos bioativos, como os fenólicos. Para sementes oleaginosas e hortícolas, incluindo o melão, essa abordagem pode representar uma alternativa viável à secagem convencional, desde que bem calibrada (KUMAR et al., 2020).

OBJETIVO

Avaliar a influência da secagem convencional e por micro-ondas nas características físico-químicas de sementes de melão.

METODOLOGIA

Os melões foram adquiridos em um mercado local no município de Morrinhos, Goiás, Brasil. Inicialmente, realizou-se a retirada da polpa dos frutos para a obtenção de suco, sendo as sementes separadas e destinadas às análises posteriores. Após a seleção, as sementes foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) até o momento da realização das análises.

A desidratação das sementes foi realizada por dois métodos distintos: convencional e por micro-ondas. No método convencional, as amostras foram submetidas à secagem em desidratador com circulação de ar a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por um período de 20 horas. Para o método de secagem por micro-ondas, as amostras foram expostas ao aquecimento por um tempo variando entre 4 e 8 minutos.

Após a desidratação, as amostras provenientes de ambos os métodos foram submetidas às análises físico-químicas de umidade, pH, acidez titulável e cinzas, realizadas conforme as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Todas as análises foram conduzidas em triplicata.

A determinação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Swain e Hills (1959). A análise de cor foi conduzida utilizando um colorímetro portátil (SHE – Espectrofotômetro TEC3020), adotando o sistema CIE $L^* a^* b^*$, no qual o parâmetro L^* representa a luminosidade, enquanto a^* (vermelho-verde) e b^* (amarelo-azul) correspondem às coordenadas de cromaticidade.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio do teste t de Student, adotando-se o nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$), utilizando o programa estatístico Assistat, versão 7.7. Parte inferior do formulário

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na Tabela 1. demonstram que o método de secagem exerceu influência significativa sobre diversos parâmetros físico-químicos das sementes de melão, especialmente umidade, pH, acidez titulável e compostos fenólicos.

A menor umidade observada no tratamento por micro-ondas em comparação ao método convencional pode ser atribuída ao aquecimento volumétrico característico desse processo, que promove rápida evaporação da água interna. Estudos indicam que a secagem por micro-ondas reduz significativamente o tempo de processo e intensifica a remoção de água, devido à interação direta das ondas eletromagnéticas com as moléculas de água

Tabela 1. Parâmetros físicos e químicos de sementes de melão submetidas à desidratação convencional e por micro-ondas

	Convencional	Micro-ondas
Umidade (%)	3,31 ± 0,33 ^a	2,41 ± 0,10 ^b
pH	7,07 ± 0,01 ^a	5,99 ± 0,03 ^b
Acidez titulável	2,51 ± 0,01 ^a	1,46 ± 0,27 ^b
Cinzas (%)	6,10 ± 0,24 ^a	5,77 ± 0,12 ^a
Fenólicos totais (mg/AGE)	420,91 6,22 ^a	394,65 5,69 ^b

*Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes no tratamento são significativamente diferentes pelo Teste *t* ($p < 0,05$).

Os resultados indicaram que o pH apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, observou-se que a amostra submetida à desidratação convencional a 60 °C apresentaram valores de pH próximos à neutralidade, sugerindo que esse método promove menor alteração nas características químicas relacionadas à acidez. Por outro lado, as sementes desidratadas por micro-ondas apresentaram uma leve redução nos valores de pH quando comparadas ao processo convencional, evidenciando discreta acidificação. Esse comportamento pode estar associado ao aquecimento mais rápido e volumétrico promovido pelas micro-ondas, que pode favorecer modificações químicas, como a liberação de compostos ácidos, degradação de constituintes sensíveis ao calor ou alterações em componentes orgânicos presentes na matriz da semente, de acordo com Vadivambal e Jayas (2007).

Os resultados demonstraram que a acidez titulável apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que o método de desidratação influenciou diretamente esse parâmetro químico. Esse comportamento também foi observado em estudos recentes, nos quais a acidez titulável variou significativamente em função das condições de secagem, especialmente com o aumento da temperatura e tipo de processo, evidenciando a influência direta do método sobre as características químicas do alimento (MABASSO et al.; 2024)

Os resultados para o teor de cinzas das sementes de melão não apresentaram diferença significativa entre os métodos de desidratação avaliados, demonstrando que tanto o processo convencional quanto o por micro-ondas. Esse comportamento era esperado, uma vez que os minerais são componentes inorgânicos relativamente estáveis ao calor e não sofrem degradação térmica nas condições normalmente empregadas em processos de secagem (SILVA et al.; 2022)

Verificou-se que os compostos fenólicos totais apresentaram diferença significativa entre os processos de desidratação, evidenciando que o método de secagem influenciou

diretamente a preservação ou modificação desses compostos bioativos. Esse resultado sugere que a semente de melão possui naturalmente maior concentração desses compostos ou maior potencial de extração após o processamento térmico.

Na Tabela 2. pode-se verificar a cor do CIELAB das sementes de melão na desidratação convencional e por micro-ondas.

Tabela 2. Valores dos parâmetros colorimétricos das farinhas de melão obtidas por desidratação convencional e por micro-ondas.

	Desidratação Convencional	Desidratação por micro-ondas
L*	14,25 ± 0,49 ^{bB}	22,25 ± 0,31 ^{aA}
a*	4,88 ± 0,00 ^{bA}	6,19 ± 0,01 ^{aB}
b*	15,35 ± 0,02 ^{aA}	13,57 ± 2,79 ^{aA}

Figura 1. Aspecto visual das farinhas de sementes de melão obtidas por secagem convencional e por micro-ondas.



Fonte: Autores.

Os resultados da análise de cor evidenciam que o método de desidratação influenciou de maneira distinta os parâmetros colorimétricos da semente de melão.

Para as sementes de melão, observou-se aumento significativo do parâmetro L* na desidratação por micro-ondas (22,25) em comparação ao método convencional (14,25), indicando maior luminosidade nas amostras submetidas a desidratação por micro-ondas. Esse comportamento pode estar relacionado ao menor tempo de exposição térmica, reduzindo a ocorrência de escurecimento não enzimático, como reações de Maillard, que tendem a ser mais pronunciadas em processos convencionais de maior duração.

O parâmetro a^* também apresentou diferença significativa para o melão, com valores mais elevados na secagem por micro-ondas, sugerindo intensificação da tonalidade avermelhada. Já o parâmetro b^* não diferiu estatisticamente entre os métodos, indicando manutenção da coloração amarelada independentemente do processo aplicado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a secagem por micro-ondas apresenta potencial como alternativa eficiente para a desidratação de sementes de melão, especialmente pela redução do tempo de processamento. No entanto, a otimização das condições operacionais é fundamental para minimizar perdas de compostos bioativos e garantir a qualidade nutricional do produto final.

Os resultados reforçam a viabilidade do aproveitamento de sementes de melão como subproduto agroindustrial com potencial tecnológico e funcional, contribuindo para a redução de resíduos e agregação de valor na cadeia produtiva da fruticultura. Parte superior do formulário Parte inferior do formulário

REFERÊNCIAS

- ABF – ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Anuário brasileiro da fruticultura 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 88 p.
- GEROMEL, L. B.; FREITAS, I. R. Aplicação da energia de micro-ondas para secagem da banana nanica (*Musa acuminata* ‘Dwarf Cavendish’) submetida ao processo de osmose. *Colloquium Exactarum*, v. 12, n. 1, p. 1–10, 2020.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 5. ed. São Paulo: IMESP, 2008. v. 1.
- KUMAR, A. et al. Effect of microwave drying on seed quality of selected vegetables. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 9, n. 4, p. 1643–1652, 2020.
- MABASSO, G. A. et al. Ajustes de modelos na secagem de sementes de maracujá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 53., 2024, Natal. Anais [...]. Natal: SBEA, 2024.
- MEDEIROS, R. A. de et al. Comportamento da secagem de sementes de melão (*Cucumis melo* L.) em camada fina usando modelos empíricos. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, v. 6, n. 8, p. 64001–64009, 2020.
- PEREIRA, D. R. M. Desempenho agrônomo da melancia por semeadura direta e transplantio de mudas. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.
- REIS, N. N. et al. Microwave and convective air on drying of *Araucaria angustifolia* seeds.

Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 42, n. 3, supl. 1, p. 1487–1498, 2021.

SILVA, A. P. et al. Influence of drying methods on mineral composition of agricultural residues. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 104, 2022.

SWAIN, T.; HILLS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. Quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 10, n. 1, p. 63–68, 1959.

VADIVAMBAL, R.; JAYAS, D. S. Changes in quality of microwave-treated agricultural products: a review. *Biosystems Engineering*, v. 98, n. 1, p. 1–16, 2007.