

CAPÍTULO 1

Parâmetros de secagem do coproduto da agroindústria de coquinho azedo (*Butia capitata*)

Claysse Aparecida Alves Machado¹; Maria Amanda do Carmo Souza²; Tatiane Pereira da Silva²;
Debora Maria Barbosa Souza²; Milton Nobel Cano Chauca³; Claudia Regina Vieira*³

Resumo

O Cerrado brasileiro é rico em frutos com características e sabores marcantes, que vêm sendo explorados para aplicação em produtos alimentares. O coquinho azedo é um fruto proveniente da palmeira *Butia capitata*, ocorrendo tipicamente nessa região e que apresenta alto teor de fenólicos totais, demonstrando grande potencial em compostos bioativos. No processamento, os resíduos decorrentes do despulpamento podem ser reaproveitados e também aplicados, uma vez que são ricos em minerais e vitaminas. A secagem como método de conservação proporciona aos alimentos menor deterioração microbiológica, influenciando na sua durabilidade e mostrando-se uma interessante técnica para a aplicação no resíduo de coquinho azedo. Foram utilizados os resíduos provenientes do processamento do fruto, fornecidos pela cooperativa Grande Sertão, localizada na cidade de Montes Claros. Inicialmente, foi determinado o teor de umidade na amostra *in natura* por secagem em estufa à 105 °C até peso constante, sendo obtido um valor de 67,65 %. Os resíduos foram submetidos à técnica de secagem em leito fixo nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C durante 150 minutos, a fim de se avaliar a curva de secagem desse material. A análise de umidade foi realizada com o resíduo *in natura*. O melhor tempo de secagem para as temperaturas de 45 °C e 55 °C foram de 121,30 e 111,59 minutos, respectivamente. A curva de 65 °C apresentou o melhor modelo exponencial para a secagem, com um coeficiente de determinação de 0,8311 e tempo de secagem de 48,17 minutos, sendo dentre as três, a mais otimizada para o processo. A análise permitiu chegar a melhor curva da amostra e binômio tempo/temperatura, e será posteriormente submetida a análises de composição nutricional para avaliação da influência do calor em suas propriedades nutritivas, bem como processada para produção de farinha e aplicação tecnológica em produtos de panificação.

Palavras-chave: Cerrado. Cinética. Conservação. Reaproveitamento. Resíduo.

¹ Discente do Curso de Mestrado em Alimentos e Saúde; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

² Discente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Docente do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos; Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

* E-mail: crvieira@ica.ufmg.br

Introdução

O coquinho azedo é um fruto proveniente da palmeira *Butia capitata*, que ocorre tipicamente no Cerrado brasileiro. Os frutos são formados em cachos, são arredondados e apresentam coloração amarelada quando maduros. De acordo com Nascimento *et al.* (2020) o coquinho apresenta alto teor de fenólicos totais, demonstrando grande potencial em compostos bioativos.

Os frutos do Cerrado possuem grande riqueza nutricional e vem, progressivamente, sendo estudados e caracterizados para aplicação na produção de gêneros alimentícios, colaborando com a produção de produtos saudáveis e a valorização da região produtora. Segundo a Embrapa (2010a), devido ao seu sabor e alto valor nutritivo, o coquinho azedo tem uma ampla aceitação no mercado e, durante a safra, sua comercialização é uma importante fonte de renda para os agroextrativistas no comércio, como o da região Norte de Minas Gerais.

Visando aprofundar ainda mais essa temática, a utilização também dos coprodutos provenientes do processamento desse fruto se faz importante, uma vez que colabora com a diminuição das perdas e reaproveitamento de partes que possuem minerais e nutrientes de considerável valor nutricional para a indústria alimentícia.

Pereira *et al.* (2021), em estudo que realizaram a composição de carotenoides em farinha de coquinho azedo, relatam que o teor de α -caroteno e β -caroteno da farinha de coquinho-azedo é altamente superior a todos os vegetais. Da soma das frações de carotenóides detectadas, o da farinha de coquinho-azedo tem um teor maior que a das hortaliças em comparação e, conseqüentemente, um maior teor de equivalente vitamina A. De acordo com Sousa *et al.* (2022), as tecnologias de secagem auxiliam na preservação de compostos bioativos e nutrientes por mais tempo, melhorando a segurança alimentar e reduzindo as perdas pós-colheita.

Segundo a Embrapa (2010b), o conteúdo de água de um alimento é o principal fator causador da deterioração por microrganismos e alterações por reações químicas e enzimáticas. Assim, a diminuição desse conteúdo é um modo de conservação do alimento. A fim de se utilizar os resíduos do processamento do coquinho azedo, a secagem se mostra uma técnica de preservação interessante, pois permite que este material possa ser utilizado e armazenado por maiores períodos de tempo, inclusive na entressafra do fruto.

A secagem consiste na aplicação de calor por determinado período de tempo, visando reduzir a quantidade de água presente no material, diminuindo reações que degradam o alimento, em especial as microbiológicas. Portanto, segundo Galaz *et al.* (2017), a secagem prolonga a vida útil da matéria-prima e minimiza o custo de manuseio e distribuição. De acordo com a Embrapa (2010b), o alimento

desidratado se mostra nutritivo, pois o valor alimentício do produto concentra-se por causa da perda de água.

Dentre os diversos métodos de secagem, conforme Silva *et al.* (2021), nos secadores de leito fixo, o produto fica estático durante a secagem e o ar aquecido é forçado a passar pela massa do produto. Pode ser utilizada em camada fina, possui baixo custo de implantação, configuração simples, e não requer um maior gasto de energia para movimentar todas as partes do leito, além de minimizar os danos mecânicos ao material, se mostrando um bom método para secagem de alimentos.

Justi (2012) cita que a aplicação de modelos matemáticos auxilia na representação da perda de umidade do produto, que ocorre durante o processo de secagem. Desse modo, o ajuste das curvas de secagem auxilia na determinação do binômio tempo/temperatura de secagem de uma amostra fornecendo dados e auxiliando na visualização da dinâmica do processo.

Uma alternativa para incentivar e facilitar o consumo e aplicação de frutas regionais é o preparo da farinha, conforme Pereira *et al.* (2021). A farinha se mostra como um produto versátil, sendo possível ser aplicada em substituição parcial à farinha de trigo em diversos produtos de panificação, como bolos, pães, massas, biscoitos, dentre outros, que são de fácil comercialização e apresentam alta disponibilidade no mercado.

Deste modo, o trabalho realizado teve por objetivo avaliar a cinética de secagem em leito fixo dos frutos da *Butia capitata* utilizando diferentes temperaturas, aliando-se à análise da curva de secagem pelo comportamento da amostra durante o binômio tempo-temperatura, de modo a determinar as melhores condições de secagem para a realização do processo e posterior produção de farinha para aplicação em produtos de panificação.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Tecnologia de Produtos Vegetais e Análise Sensorial do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, *Campus* Montes Claros, no período de maio e junho de 2023.

Material Experimental

Como matéria prima, foi utilizado o resíduo advindo da produção de polpa do coquinho azedo, fornecido pela Cooperativa Grande Sertão, localizada no mesmo Município. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos sob congelamento (- 6 °C) até o início do experimento, a fim de preservar suas características nutricionais e microbiológicas.

As amostras foram retiradas do congelamento com antecedência de 24 horas para a realização das análises, conservadas sob refrigeração (2 a 4 °C). No dia das análises, as amostras foram mantidas a temperatura ambiente por duas horas, antes das pesagens.

Determinação de umidade

O teor de água inicial do resíduo foi determinado pela perda de massa da amostra *in natura*, por aquecimento em estufa com circulação de ar à 105 °C até peso constante (IAL, 2008).

Parâmetros de secagem do resíduo de coquinho azedo

A secagem foi baseada na metodologia descrita por Cano-Chauca *et al.* (2004), com modificações, em um desidratador de alimentos (Marca Pardal Tec.) (Figura 1). Inicialmente, 50g do resíduo foram espalhados de forma uniforme sobre as cinco bandejas do desidratador, forradas com tecido de algodão (Figuras 2 e 3). O desidratador foi previamente aquecido por 60 minutos e as bandejas com a amostra foram dispostas verticalmente em seu interior (Figura 4). A secagem ocorreu por 150 minutos e, durante o experimento, foram realizadas pesagens periódicas em balança semi-analítica (Marca Marte – Modelo BL3200H), de 15 em 15 minutos, até o tempo final (Figura 5).

O experimento foi realizado em três repetições em dias diferentes para cada uma das três temperaturas de secagem, sendo elas 45°C, 55°C e 65°C.

As curvas de cinética de secagem foram ajustadas seguindo o modelo exponencial que relaciona a umidade adimensional (teor de umidade/teor de umidade inicial) e o tempo de secagem (CANO-CHAUCA *et al.*, 2004).

O modelo exponencial (Equação 1) foi ajustado para os dados experimentais mediante análise de regressão não-linear.

$$\frac{U}{U_0} = \exp(-kt) \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

U= teor de umidade no tempo t (% base úmida).

U₀= teor de umidade inicial (% base úmida).

k= constante de secagem

t= tempo de secagem (minutos)

Figura 1 - Desidratador de alimentos - Marca Pardal Tec



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 2- Bandeja preparada com tecido de algodão para receber a amostra da secagem



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 3 - Amostras dispostas de forma uniforme nas bandejas, sobre o tecido de algodão



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 4 - Bandejas dispostas na secadora de alimentos



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 5 - Amostra de resíduo de coquinho azedo após 150 minutos de secagem



Fonte: Dos autores, 2023.

Análise de dados

Os dados das pesagens foram tabulados para análise das curvas de secagem do resíduo, por meio da geração de gráficos no Microsoft Office Excel[®] (2023).

Resultados e Discussão

Nas Figuras 5, 6 e 7 é possível observar os gráficos da variação do teor de umidade adimensional (U/U_0) do resíduo de coquinho azedo em função do tempo de secagem, em minutos.

O resíduo de coquinho azedo apresentou umidade inicial de 67,65 %. Conforme a RDC N° 711, de 1° de Julho de 2022 (BRASIL, 2022), os amidos, os farelos e as farinhas devem cumprir o limite máximo de umidade de 15 %, no caso de amidos de cereais, farelos e farinhas, estando as amostras analisadas abaixo dessa porcentagem ao final do processo.

As curvas de secagem mostram que o processo de perda de água é mais acentuado no intervalo inicial de 0 a cerca de 60 minutos, devido à presença de parte significativa de umidade livre na superfície da amostra. Segundo a Embrapa (2010b), a amostra inicialmente se adapta às condições de secagem e sua temperatura atinge um valor constante, sendo igual à temperatura de bulbo úmido do ar, enquanto a água livre estiver sendo evaporada.

No intervalo acima citado, a superfície exposta do alimento está saturada, existindo um filme contínuo de água sobre o sólido, facilitando a secagem. A partir desse período, ainda de acordo com a Embrapa (2010b), na fase decrescente há cada vez menos líquido na superfície do sólido para evaporar e a umidade do alimento diminui até alcançar a umidade de equilíbrio para as condições de temperatura e umidade relativa do ar. Quando a umidade de equilíbrio é atingida, cessa-se o processo de secagem. Isso foi observado neste experimento em 150 minutos.

Observa-se que para atingir menores valores de umidade, para as três temperaturas, foi necessário um tempo máximo total de processo de 150 minutos, com estabilização em torno de 90 minutos para a secagem mais branda (45°C), 60 minutos para a temperatura intermediária (55°C) e 75 minutos para a temperatura mais elevada (65 °C), sendo esta última, a que levou a amostra à menores teores de umidade.

Aplicando o modelo exponencial (Equação 1) para os dados experimentais mediante análise de regressão não-linear, foram obtidos os resultados apresentados nas Equações 2, 3 e 4.

Para secagem 45 °C:

$$\frac{U}{U_0} = 1,0745e^{-0,013t} \quad R^2 = 0,9752 \quad (\text{Eq. 2})$$

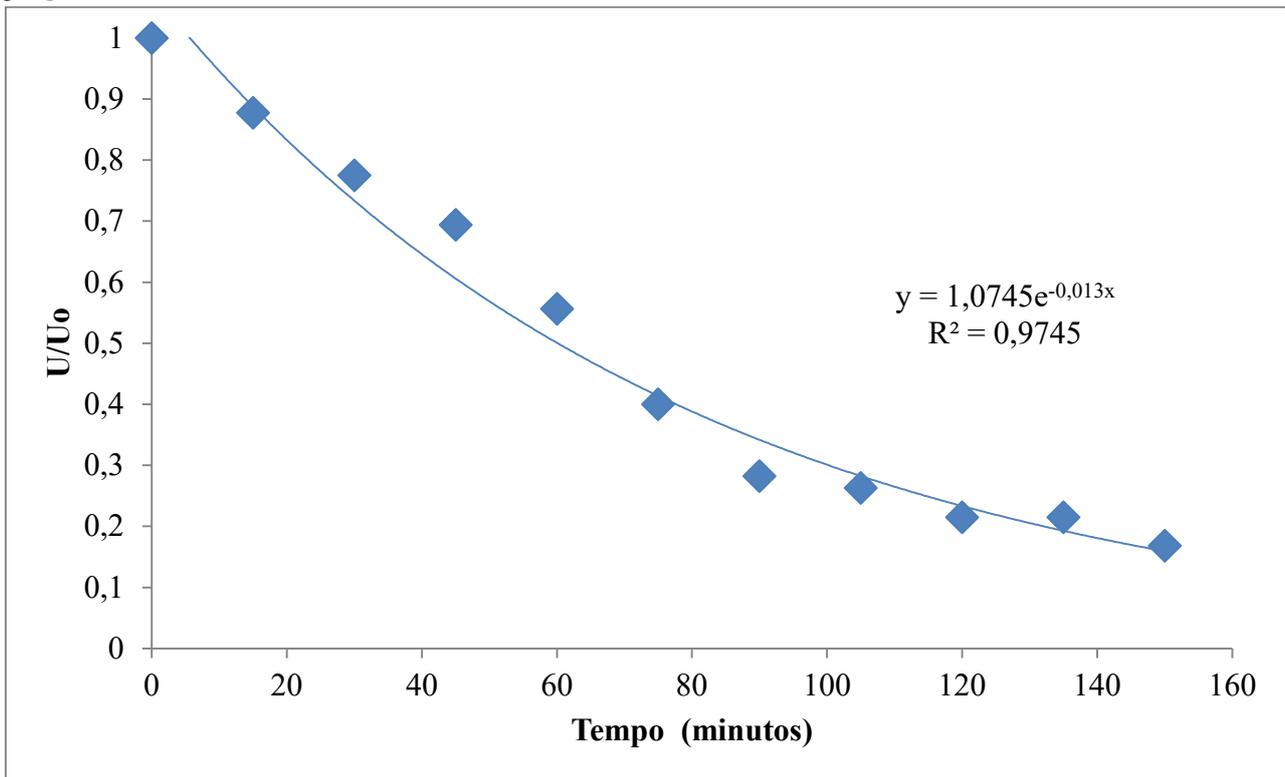
Para secagem 55 °C:

$$\frac{U}{U_0} = 0,8476e^{-0,012t} \quad R^2 = 0,8353 \quad (\text{Eq. 3})$$

Para secagem 65 °C:

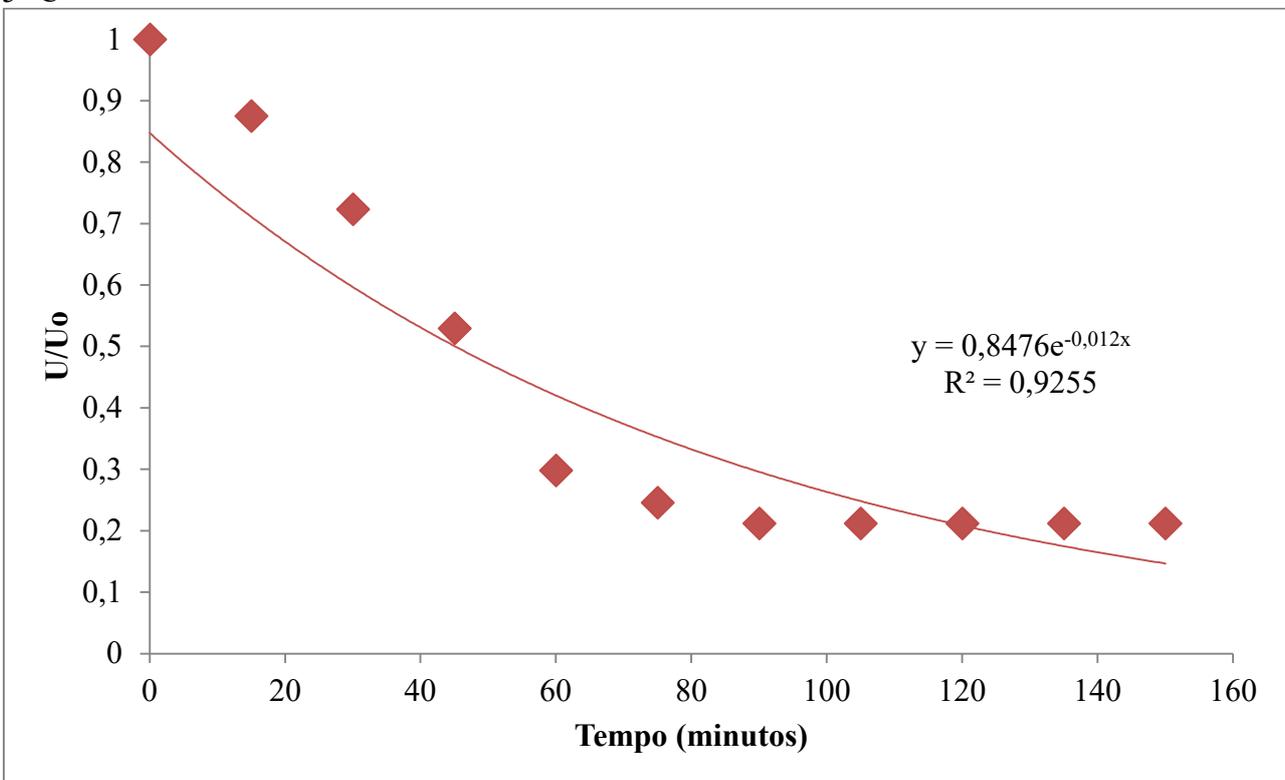
$$\frac{U}{U_0} = 0,9419e^{-0,03t} \quad R^2 = 0,8311 \quad (\text{Eq. 4})$$

Figura 5 - Variação do teor de umidade adimensional durante secagem do resíduo de coquinho azedo a 45 °C



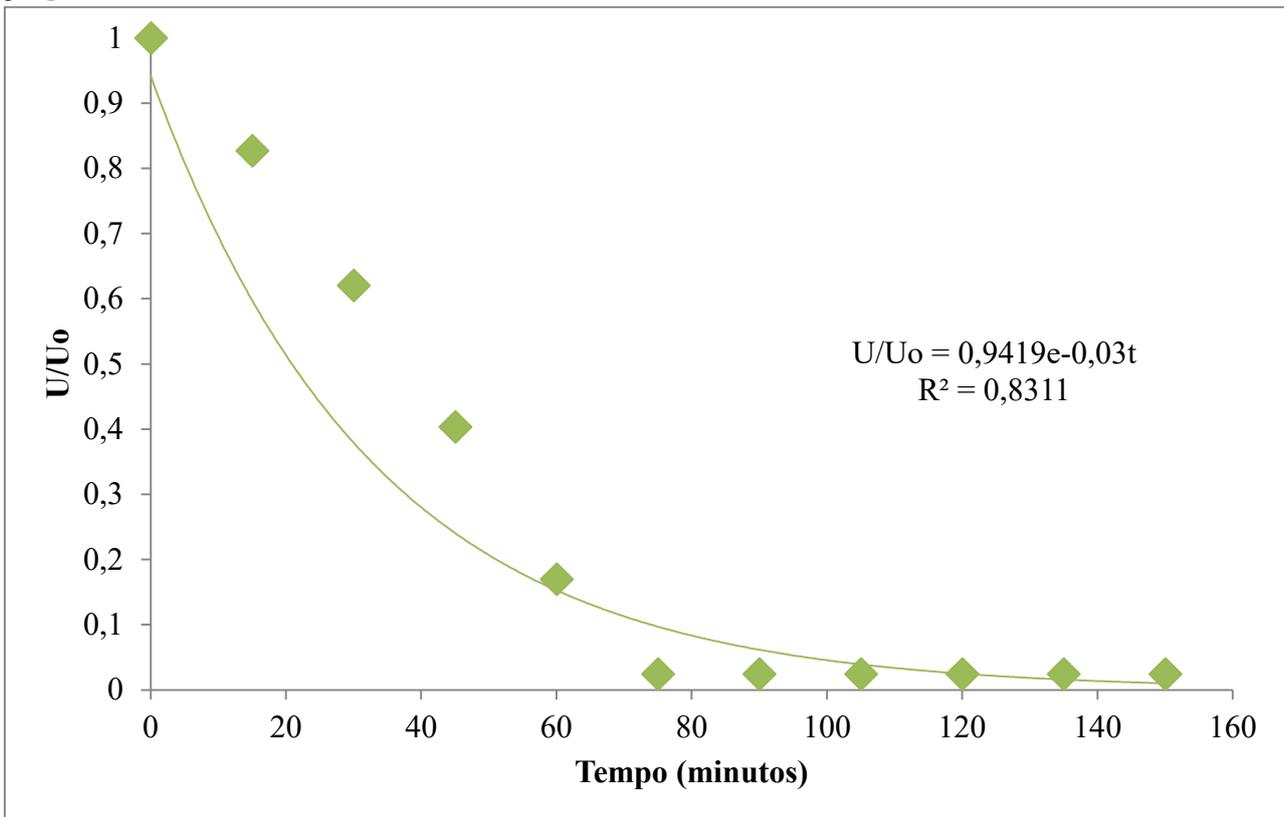
Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 6 - Variação do teor de umidade adimensional durante secagem do resíduo de coquinho azedo a 55 °C



Fonte: Dos autores, 2023.

Figura 7 – Variação do teor de umidade adimensional durante secagem do resíduo de coquinho azedo a 65 °C



Fonte: Dos autores, 2023.

Através dos modelos exponenciais obtidos, os resultados obtidos mostraram que foram necessários tempos de 121,30; 111,59 e 48,17 minutos para reduzir o teor de umidade da amostra até 15 % para as temperaturas de 45, 55 e 65 °C, respectivamente. O comportamento da curva de secagem a 65 °C mostrou-se o mais satisfatório do ponto de vista industrial, uma vez que os índices de umidade requeridos são obtidos em menos da metade do tempo necessário para as demais temperaturas. Em comparação à secagem à 55 °C, a diferença foi de 63,42 minutos e, à secagem de 65 °C, 73,13 minutos. Infere-se que o incremento de 10 °C na temperatura de secagem possibilitou uma redução do tempo de secagem em 131,65 % e que o incremento de 20 °C possibilitou uma redução do tempo de secagem em 151,82 %.

Os resultados obtidos corroboram com o estudo feito com a secagem de cevadilha vacariana por Oliveira *et al.*, (2016) em que os autores citam que o aumento no valor da temperatura do ar promove uma diminuição na umidade relativa do ar de secagem e ocasiona um aumento na diferença de concentração de umidade existente entre o ar de secagem e o material sólido, aumentando assim a força motriz do processo de transferência de massa e uma diminuição no tempo de secagem. Fato semelhante foi observado por Honório (2022) em seu estudo de secagem da Gueroba do cerrado nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C em que o menor tempo de secagem foi obtido com a maior temperatura aplicada.

Rabêlo *et al.* (2008), realizaram a determinação da curva de secagem mediante determinação de umidade inicial e final da amêndoa, em estufa de secagem com circulação forçada de ar quente, sob condições de temperatura controlada a 60 e 70 °C. Resultados semelhantes foram observados pelos autores, uma vez que nos primeiros 20 minutos de secagem, ocorreu decréscimo acentuado na umidade do produto. Após 40 minutos, a umidade das amêndoas foi reduzida para 10,2 e 8,2%, quando submetidas às temperaturas de 60 e 70 °C, respectivamente. A partir deste tempo, para ambas as temperaturas, observou-se a tendência de estabilização da umidade. Os autores sugeriram o binômio tempo/temperatura de secagem das amêndoas de 70 °C por 60 minutos, pois conferiu ao produto atividade de água em torno de 0,60 em menor tempo secagem.

Couto (2015), através do uso de secador convectivo de bandejas, determinou a curva de secagem do pequi e do araticum em três temperaturas diferentes, de 50, 60 e 70 °C, dispostas paralelamente a um fluxo de ar constante. A temperatura mais aceita foi de 70 °C para ambos os frutos. Foi verificado que a viabilidade econômica do processo de desidratação a 70 °C, determinando-se o consumo de energia elétrica do desidratador, e propôs uma estratégia de produção desses frutos desidratados aplicado ao caso do pequeno produtor. Sendo assim, propõe-se um estudo posterior para verificar a viabilidade econômica da secagem do coquinho azedo para confirmar o binômio tempo-temperatura de 65°C por 48,17 minutos, como sendo o adequado a esse processo.

Em relação aos coeficientes de determinação (R^2), o modelo na secagem à 45 °C foi o que melhor se ajustou a à amostra, com 97,52 % da variância. Ainda assim, os demais modelos se adequaram bem à amostra, com variância acima de 80 % em ambos os casos.

Conclusão

A análise da curva de secagem do resíduo do coquinho azedo permitiu avaliar o melhor binômio temperatura/tempo para a secagem do resíduo de coquinho azedo, de modo a se produzir uma farinha a ser aplicada em produtos de panificação com menor custo e maior rapidez de produção. Estudos posteriores avaliarão a influência da secagem na composição de vitaminas e minerais presentes no resíduo, de modo a avaliar também se a curva escolhida é viável em relação à preservação das características nutricionais do mesmo. Além disso, um estudo sobre a viabilidade econômica do processo de secagem, bem como o rendimento da produção do coproduto em farinha se faz necessário a fim de agregar renda para os pequenos produtores e beneficiadores desse fruto.

Agradecimentos

À Cooperativa Grande Sertão pela disponibilização da matéria-prima utilizada nessa pesquisa e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

Referências

BRASIL. RDC Nº 711, de 01 de julho de 2022. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_711_2022_.pdf/f9212b72-7d2d-451f-b21b-7a7fb9b94a81. Acesso em: 15 jun. 2023.

CANO-CHAUCA, M. N. *et al.* Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim Ceppa**, v. 22, n. 1, p. 121-132, 2004.

COUTO, M. L. B. G. **Estudo do processo de secagem de frutos do cerrado em secador de bandejas com circulação forçada de ar**. 2015. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Tecnológica) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.

EMBRAPA. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do coquinho azedo**. 1 ed. Digital. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010a. 60 p.

EMBRAPA. **Princípios da secagem de alimentos**. 1 ed. Digital. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010b. 49 p.

GALAZ, P. *et al.* Effect of drum drying temperature on drying kinetic and polyphenol contents in pomegranate peel. **Jornal of Food Engineering**. v. 208, p. 19-27, 2017.

HONÓRIO, J. S. **Qualidade da farinha produzida da gueroba do cerrado em diferentes condições de secagem**. 2022. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2022.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.

JUSTI, P. N. **Valorização de frutos do cerrado: Desenvolvimento de tempero em pó de pequi**. 2012. 45 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012.

MICROSOFT®. **Microsoft Office Excel®**. Microsoft Corporation, 2023. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/excel>. Acesso em: 03 jun. 2023.

NASCIMENTO, A. L. A. A. *et al.* Chemical characterization and antioxidant potential of native fruits of the Cerrado of northern Minas Gerais. **Brazilian Journal Of Food Technology**, v. 23, p. e2019296, 2020.

OLIVEIRA, L. C. *et al.* Análise da secagem de cevadilha vacariana (*bromus auleticus* t.) em leito fixo com escoamento de ar paralelo. In **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS**

PARTICULADOS - ENEMP, XXXVII., 2015, São Paulo. **Anais[...]**. São Paulo: Blucher, 2015. p. 1554-1563.

PEREIRA, G. S. L. *et al.* Proximate, mineral and carotenoid composition of coquinho-azedo flour. **International Journal Of Development Research**, p. 49967-49971, 2021.

RABÊLO, A. M. S. *et al.* Extração, secagem e torrefação da amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 868-871, 2008.

SILVA, A. B. S. *et al.* Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 10, p. 85-105, 2021.

SOUSA, A. P. M. *et al.* Parâmetros de qualidade física e química do eixo central, mesocarpo e semente de jaca submetidos a diferentes processos de secagem. **Research, Society And Development**, v. 11, n. 4, p. e34311427328, 2022.