

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE SECAGEM DE AMÊNDOAS DE CUPUAÇU (*Theobroma Grandiflorum*) EM DIFERENTES RECIPIENTES NA AMAZÔNIA ORIENTAL

ANALYSIS OF DRYING METHODS FOR CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*) KERNELS IN DIFFERENT CONTAINERS IN THE EASTERN AMAZON

Andressa Barros Leão Sasaki¹; Melissa Pulz Breda¹; Naeliton de Aquino Gonçalves²; Emilly Aya Mendes Endo¹; Arlindo Modesto³

¹ Discentes do curso de Engenharia Agrícola – Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: eng.andressasasaki@gmail.com

² Engenheiro Agrícola – Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: gnaelitonaquino@gmail.com

³ Professor Doutor em Engenharia Agrícola – Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: arlindo.antunes@ufra.edu.br.

Resumo: O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) é uma fruta tropical de grande relevância na Amazônia, especialmente por suas amêndoas, são conhecidas principalmente por suas propriedades nutritivas e cosméticas. No entanto, as amêndoas de cupuaçu passam por diversas etapas antes de serem armazenadas, sendo a secagem a etapa mais crucial. O processo de secagem das amêndoas é uma etapa fundamental para garantir a sua conservação e qualidade final. Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar os métodos de secagem de amêndoas de cupuaçu, bem como, avaliar suas eficiências em recipientes com formatos variados, (cúbico, retangular e cilíndrico), utilizando duas técnicas: Estufa e Air Fryer. Levando em consideração parâmetros como a curva de secagem e a perda de umidade, identificando o método mais eficiente em termos de redução de umidade e preservação da qualidade final. Os resultados demonstraram que o método de secagem na Air Fryer proporcionou uma secagem mais rápida, enquanto o formato do recipiente influenciou diretamente na eficiência do processo, sendo os recipientes com maior área superficial mais eficazes. Conclui-se que a escolha adequada do método de secagem e do recipiente é crucial para otimizar o processamento das amêndoas, promovendo a conservação e agregando valor ao produto final.

Palavras-chaves: Cupuaçu; Secagem; Amêndoas; Eficiência; Conservação.

Abstract: Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) is a tropical fruit of great importance in the Amazon, especially because its almonds are known mainly for their nutritional and cosmetic properties. However, cupuaçu kernels go through several stages before being stored, the most crucial of which is drying. The process of drying the kernels is a fundamental stage in guaranteeing their preservation and final quality. Therefore, the aim of this study is to analyze the methods used to dry cupuaçu kernels, as well as to evaluate their efficiency in containers with different shapes (cubic, rectangular and cylindrical), using three techniques: oven, Air Fryer and microwave. Taking into account parameters such as the drying curve and moisture loss, identifying the most efficient method in terms of moisture reduction and preservation of final quality. The results showed that the Air Fryer drying method provided faster drying, while the container's shape directly influenced the process efficiency, with containers with larger surface areas being more effective. It is concluded that the appropriate choice of drying method and container is crucial for optimizing kernel processing, promoting conservation, and adding value to the final product.

Keywords: Cupuaçu; Drying; Almonds; Efficiency; Conservation.

Recebido: 12/2024, Publicado: 06/2025 - ISSN: 2358-260X - DOI: 10.37951/2358-260X.2025v13i1.7726

INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) é uma das principais frutíferas da Amazônia, destacando-se por sua participação nos sistemas de produção, tanto cultivados quanto extrativistas, e pelo amplo consumo e facilidade de aproveitamento de sua polpa (Rocha Neto; Figuerêdo; Souza, 1997).

O cupuaçu se firmou como um produto agrícola de destaque para exportação, com grande potencial de mercado, devido à sua popularidade entre consumidores locais e de outras regiões. Além das qualidades próprias do fruto, o interesse crescente por produtos da Amazônia tem atraído a atenção de mercados internacionais para o cupuaçu (Bueno, 1997; Calzavara, 1987; Venturieri, 1993).

No Brasil, o cupu é uma das frutas tropicais mais significativas da região amazônica. O Pará se destaca como o principal estado produtor na Região Norte, com uma área plantada de 8.900 hectares e uma produção

anual de 29 mil toneladas (Santos Filho et al., 2020; IBGE, 2020). O município de Tomé-Açu é um dos principais centros de produção desse fruto. Além de sua polpa, que é altamente saborosa e aromática, o uso das amêndoas na produção de chocolate tem se destacado na agroindústria local.

Conforme mencionado por Costa et al. (2022), o cupuaçu brasileiro pertence ao mesmo gênero que o cacau (*Theobroma cacao* L.). A partir de suas amêndoas, é possível produzir um subproduto que se assemelha ao chocolate, o qual é conhecido como “cupulate” devido a essa similaridade. Dessa maneira, assim como as amêndoas do cacau, as amêndoas do cupuaçu passam por várias etapas até serem armazenadas. Conforme citado por Lopes et al. (2008) e Costa et al. (2017), é necessário realizar processos de transformações bioquímicas para que sejam desenvolvidas as características únicas do chocolate. Entretanto, para chegar ao chocolate, as sementes devem passar por diversas transformações, que

ocorrem nos processos de fermentação, secagem e torrefação (Braga et al., 2018).

A secagem começa imediatamente após o processo de fermentação e pode ser realizada ao sol ou através de aquecimento, conforme as condições climáticas e a disponibilidade de recursos. Um dos objetivos da secagem é reduzir a umidade das amêndoas e promover a volatilização dos ácidos, o que resulta em um aumento do pH. No entanto, é fundamental tomar cuidados para prevenir a contaminação por microrganismos, como agentes de decomposição e fungos tóxicos, que podem proliferar nesse ambiente e alterar o sabor das amêndoas (Efraim et al., 2009; Guehi et al., 2010; Paramo et al., 2010).

A secagem representa um dos métodos de conservação mais antigos da história (Martins et al., 2020). Com a diminuição do teor de água, é possível estender a vida útil dos alimentos, uma vez que a água é um fator crucial para o desenvolvimento de reações de degradação (Celestino, 2010). Ao selecionar o método de secagem, é crucial adotar a secagem artificial, cuja operação está relacionada ao volume, à velocidade de secagem e à temperatura do ar (Garcia et al., 2004).

A análise dos processos de secagem oferece informações sobre como se dá a transferência de calor e massa entre o material biológico e o meio de secagem. Essa compreensão é essencial para o desenvolvimento de equipamentos de secagem, o cálculo da energia necessária para o processo e a avaliação da microestrutura e dos fenômenos físicos que ocorrem na superfície dos alimentos (Faria et al., 2012).

A secagem é uma das técnicas de conservação mais antigas, fundamentando-se na remoção de água de um produto por meio da evaporação ou sublimação, com a aplicação de calor em condições controladas (Ferreira et al., 2014; Balbay et al., 2012). Além de ser um método de conservação, a secagem também visa melhorar o alimento, resultando na oferta de novos produtos no mercado. Essa perspectiva tem impulsionado investimentos na produção e beneficiamento agrícola,

dada a vantagem econômica derivada da transformações desses produtos.

Nesse contexto, o estudo avalia a eficiência de dois métodos de secagem — Estufa e Air Fryer — aplicados às amêndoas de cupuaçu, utilizando recipientes de diferentes formatos geométricos. O objetivo é identificar a técnica mais eficaz para remoção da umidade, preservando a qualidade do produto e otimizando o processo de secagem.

MATERIAL E MÉTODOS

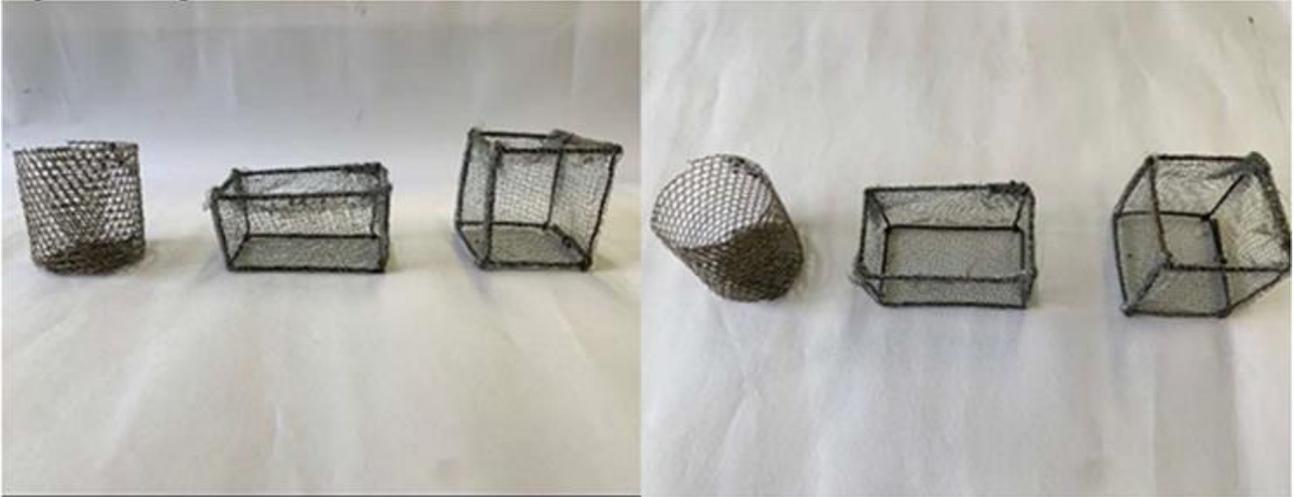
O experimento foi conduzido no Laboratório de Engenharia Rural da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizado no campus de Tomé-Açu, Pará, cujas coordenadas geográficas são 02° 24' 15" S e 48° 09' 51" W (Araújo et al., 2022). As amêndoas de cupuaçu utilizadas no estudo foram coletadas na vila Forquilha, situada no município de Tomé-Açu, durante o mês de abril de 2024. Esta região é caracterizada por um regime pluviométrico anual de aproximadamente 2.300 mm, uma temperatura média anual de 26,4 °C e uma umidade relativa do ar de 85%, conforme descrito por Pachêco et al. (2009).

Para determinar o teor de umidade das amêndoas, foi utilizado o método padrão de estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$, conforme estabelecido nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Dois diferentes métodos de secagem foram testados: air fryer, estufa de secagem com circulação de ar forçado. Cada método foi aplicado em três amostras de 100 g de amêndoas de cupuaçu. Para os testes com a estufa e a air fryer, as amostras foram colocadas em recipientes de volumes iguais, porém com diferentes formatos geométricos: um cubo com dimensões de 7 cm de comprimento, largura e altura; um retângulo medindo 10 cm de comprimento, 6 cm de largura e 5 cm de altura; e um cilindro com circunferência de 6 cm e altura de 6 cm (Figura 1).

Os recipientes foram construídos utilizando arame de aço galvanizado trançado, que proporciona alta

durabilidade e resistência a deformações mecânicas. Esta escolha de material visou garantir estabilidade estrutural e

Figura 1: Recipientes utilizados



Fonte: Braga (2024)

As amêndoas foram pesadas periodicamente durante o processo de secagem na Air Fryer, o objetivo era atingir o ponto de equilíbrio, definido como o momento em que não houvesse mais variação significativa no peso das amostras. Para isso, utilizou-se uma balança analítica de alta precisão, com resolução de 0,01g, capaz de mensurar com exatidão a perda de água das amostras ao longo do tempo. Essa precisão foi fundamental para garantir a confiabilidade dos dados coletados. Após cada etapa de secagem, as amostras secas eram imediatamente pesadas, e os dados obtidos foram registrados e organizados no software de planilhas eletrônicas Excel.

uniformidade durante todo o processo de secagem, assegurando uma secagem homogênea das amêndoas.

Figura 2: Secagem das amêndoas de cupuaçu na Air Fryer



Fonte: Autores, 2024

Figura 3: Processo de secagem das amêndoas de cupuaçu em estufa



Fonte: Autores, 2024

Com base nesses dados, foram geradas curvas de secagem, as quais representavam graficamente a variação da massa das amêndoas ao longo do tempo. Foram realizadas 5 repetições em Air Fryer pré-aquecida a 140°C, com tempos de 5 e 10 minutos. Na estufa, a temperatura padrão $105 \pm 3^\circ\text{C}$, ambos utilizando os três recipientes de formatos diferentes.

No total, foram utilizados aproximadamente 900g de amêndoas de cupuaçu, que foram distribuídas igualmente entre os dois métodos de secagem. Cada método recebeu cerca de 300 g de amêndoas, divididas em três amostras de 100 g. Essas amostras foram alocadas de forma equitativa nos recipientes de cada equipamento, garantindo que o volume de amêndoas fosse consistente em todas as repetições.

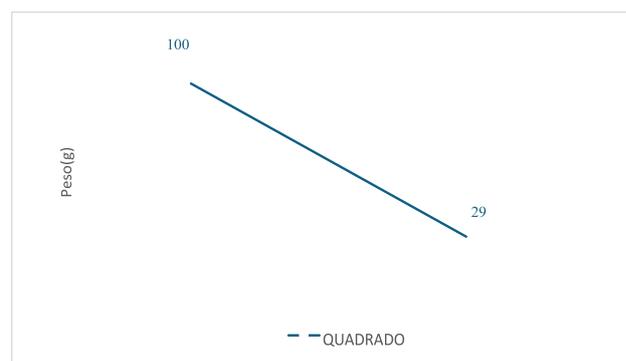
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no processo de secagem das sementes de cupuaçu utilizando a estufa, com diferentes tipos de recipientes, revelaram variações importantes tanto na eficiência de remoção de umidade

quanto na distribuição de calor, após um período de 24 horas de secagem. O processo em estufa, por ser mais lento, garantiu uma remoção gradual da umidade, atingindo estabilização após o tempo determinado de exposição ao calor. Esses achados corroboram com estudos anteriores como o de Celestino (2010) e Faria et al. (2012), que apontam a secagem em estufa como um método tradicional que promove secagem uniforme e gradual, especialmente útil para produtos agrícolas sensíveis.

As sementes colocadas no recipiente quadrado possuem uma redução expressiva de 71% da umidade inicial conforme mostra a (Figura 4).

Figura 4: Gráfico da secagem em estufa com recipiente quadrado

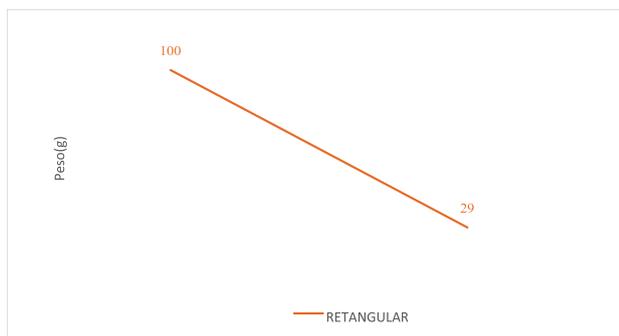


Fonte: Autores, 2024

Segundo a (Figura 4) O peso das sementes passou de 100 g no início do processo para 29 g após as 24 horas de secagem, resultando em uma perda média de 2,9% por hora. A exposição mais ampla ao fluxo de ar na estufa permitiu uma remoção de umidade uniforme, contribuindo para a eficiência do processo nesse tipo de recipiente, o que é alinhado com Garcia et al. (2004), que destacam recipientes com grande área de exposição ao ar como essenciais para uma secagem mais eficiente e uniforme.

De forma semelhante, as sementes secas em recipiente retangular também exibiram uma redução de 71% da umidade inicial conforme mostra a (Figura 5).

Figura 5: Gráfico da secagem em estufa com recipiente retangular

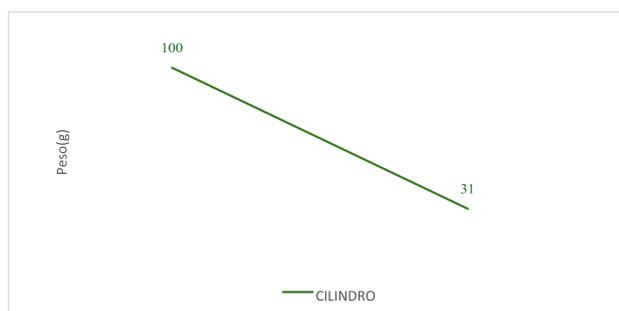


Fonte: Autores, 2024

O peso das amostras passou de 100 g para 29 g ao final do processo, com uma perda média de 2,9% por hora. A forma retangular do recipiente, que oferece uma área de superfície significativa, facilita uma secagem eficiente, semelhante à que foi observada no recipiente quadrado.

Por outro lado, as sementes secas no recipiente cilíndrico apresentaram uma perda de 69% da umidade inicial (Figura 6), ligeiramente inferior à observada nos outros dois recipientes.

Figura 6 - Gráfico da secagem em estufa com recipiente cilíndrico



Fonte: Autores, 2024

O peso das sementes caiu de 100 g para 31 g, com uma perda média de 2,8% por hora. A forma cilíndrica, embora eficiente, pareceu limitar a circulação de ar em algumas áreas, o que pode ter resultado em uma secagem menos uniforme em comparação com recipientes com maior área de superfície, (Figura 6).

Esses resultados indicam que a forma e o tamanho dos recipientes influenciam diretamente a eficiência da secagem em condições de secagem prolongada, como no caso de estufa. Recipientes com maior área de exposição ao ar, como os quadrados e retangulares, favoreceram uma secagem mais uniforme e eficiente, garantindo uma remoção de umidade equilibrada em todas as amêndoas.

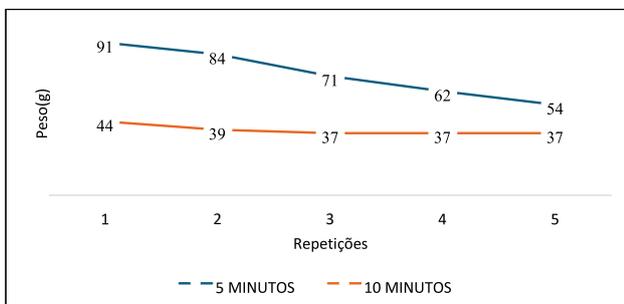
Os resultados obtidos no processo de secagem utilizando a Air Fryer em diferentes tipos de recipientes (Figura 6), demonstraram uma perda significativa de água nas sementes de cupuaçu. Logo após o primeiro ciclo de 5 minutos, foi observada uma redução média de 14% na umidade das sementes. À medida que o tempo de secagem aumentava para 10 minutos, as amostras apresentaram reduções ainda mais expressivas, confirmando que o aumento do tempo de exposição ao calor intensificou a perda de umidade.

Após várias repetições do experimento, observou-se a estabilização do peso das amostras, o que indica que a maioria da água livre foi removida e as sementes atingiram um ponto de equilíbrio no processo de secagem. As amostras secas em recipiente quadrado apresentaram um peso final de 37 g, o que corresponde a uma redução de 65% da umidade original conforme ilustrado na (Figura 7). Já as amostras secas no segundo recipiente retangular registraram um peso final de 46 g, o que representa uma redução de 55% na umidade (Figura 8). Por outro lado, as amostras secas em recipientes cilíndricos atingiram um peso final de 39 g, correspondendo a uma redução de 67% da umidade inicial (Figura 9).

Ao analisar o desempenho dos recipientes cilíndricos, observou-se uma perda de umidade ligeiramente inferior em comparação aos formatos quadrado e retangular. As sementes secas em recipientes cilíndricos apresentaram uma redução de 69,6% da umidade, enquanto as sementes nos recipientes quadrado e retangular exibiram uma remoção de 71,6% da umidade original. Essa diferença pode ser atribuída às variações na

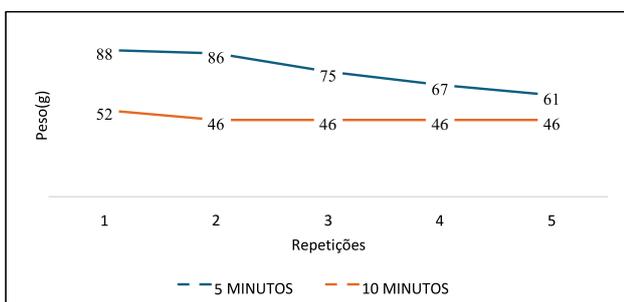
circulação de ar dentro dos diferentes formatos de recipientes. Recipientes com maior área de superfície, como os quadrados e retangulares, provavelmente permitiram uma exposição mais uniforme das sementes ao fluxo de ar quente, resultando em uma remoção mais eficiente da umidade. Já os recipientes cilíndricos, devido à sua forma, podem ter limitado a circulação de ar em alguns pontos, o que levou a uma ligeira redução na eficiência da secagem.

Figura 7- Redução da umidade das amêndoas de cupuaçu submetidas à secagem em Air Fryer utilizando recipientes quadrados



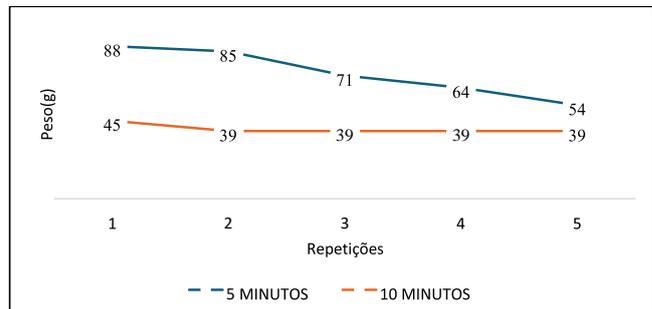
Fonte: Autores, 2024.

Figura 8- Redução da umidade das amêndoas de cupuaçu submetidas à secagem em Air Fryer utilizando recipientes retangular



Fonte: Autores, 2024.

Figura 9- Redução da umidade das amêndoas de cupuaçu submetidas à secagem em Air Fryer utilizando recipientes cilíndrico



Fonte: Autores, 2024.

Esses resultados indicam que o formato do recipiente desempenha um papel importante na eficiência do processo de secagem, conforme discutido por Costa et al. (2022), que destacam a eficiência energética e a uniformidade promovida por recipientes que facilitam a circulação de ar em secagens de produtos agrícolas. Recipientes com superfícies mais amplas e maior exposição ao ar parecem proporcionar uma secagem mais eficaz, o que é crucial para otimizar o processo de secagem em equipamentos como a Air Fryer. A variação nos pesos finais das amostras reflete essa influência, e o estudo destaca a necessidade de escolher recipientes adequados para maximizar a perda de umidade, especialmente em métodos de secagem onde o tempo e a eficiência são fatores críticos. Além disso, recipientes que promovem uma secagem mais uniforme, como a maior área de superfície, também favorecem a qualidade final das amêndoas, garantindo uma melhor preservação da textura, aroma e sabor. Em contrapartida, recipientes que limitam a circulação de ar podem resultar em uma secagem desigual, comprometendo a qualidade sensorial e a uniformidade do produto.

CONCLUSÕES

A presente pesquisa demonstrou que o método de secagem na Air Fryer se destacou como o mais eficiente em termos de tempo, proporcionando uma rápida redução da umidade das amêndoas. No entanto, é

importante destacar que o controle cuidadoso da temperatura é essencial para evitar o superaquecimento e a degradação de compostos bioativos, o que pode afetar a qualidade final do produto.

Além disso, a análise mostrou que o formato dos recipientes influenciou diretamente a eficiência do processo. Recipientes com maior área superficial, como os de formato cúbico e retangular, permitiram uma melhor circulação de ar, promovendo uma secagem mais uniforme em comparação aos recipientes cilíndricos, que apresentaram resultados menos homogêneos.

A escolha adequada tanto do método de secagem quanto do recipiente utilizado mostrou-se essencial para otimizar o processo, garantindo a conservação das amêndoas e agregando valor ao produto final. Este estudo contribui significativamente para o avanço do conhecimento sobre processos de secagem, especialmente para produtos agrícolas da Amazônia, como o cupuaçu, oferecendo subsídios para a adoção de práticas mais eficientes no setor agroindustrial.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. K. C.; SILVA, R. R. C. Amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) submetidas a diferentes temperaturas e tempos de secagem no norte brasileiro. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, ed. 8, ano 2022, n. 12, p. 77409-77421, 6 dez. 2022.
- BALBAY, A. et al. Modeling of drying process of bittim nuts (*Pistacia terebinthus*) in a fixed bed dryer system by using extreme learning machine. *International Journal of Food Engineering*, v. 8, n. 4, 2012.
- BRAGA, S. C. G. N. et al. Study of volatile profile in cocoa nibs, cocoa liquor and chocolate on production process using GC X GX-QMS. *Microchem Journal*, v. 141, p. 353–361, 2018.
- BUENO, N. Alguns aspectos recentes da nutrição do cupuaçuzeiro. In: *Seminário Internacional Sobre Pimenta-do-Reino e Cupuaçu*, 1997, Belém. Anais... Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1997. 440 p.
- CELESTINO, S. M. C. Princípios de secagem de alimentos. Embrapa Cerrados, p. 51, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/883845>. Acesso em: 19 set. 2024.
- COSTA, M. P. et al. Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) goat milk yogurts. *J Dairy Sci*, v. 100, p. 1-12, 2017.
- EFRAIM, P. Contribuição à melhoria de qualidade de produtos de cacau no Brasil, por meio da caracterização de derivados de cultivares resistentes a vassoura-de-bruxa e de sementes danificadas pelo fungo. Tese (Doutorado), Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2009.
- FARIA, R. Q. et al. Cinética de secagem de sementes de crambe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 5, p. 573–583, 2012.
- FERREIRA, A. S.; JANNETTE, M. U. Estudo bioquímico da fermentação do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). *Científic@ - Multidisciplinary Journal*, v. 7, n. 2, p. 1– 24, 2020. <https://doi.org/10.37951/2358-260X.2020v7i2.4561>.
- GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. *Ciência Rural*, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004.
- GUEHI, T. G. et al. Performance of different drying methods and their effects on the chemical quality attributes of raw cocoa material. *Int J Food Sci Technol*, v. 45, n. 8, p. 1564–1571, 2010.
- LOPES, A.; PEZOA-GARCÍA, N.; AMAYA-FARFÁN, J. Qualidade nutricional das proteínas de cupuaçu e de cacau. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 28, n. 2, p. 263–268, 2008.
- MACHADO DA COSTA, Caroline; SILVA, Keila Arruda da; SANTOS, Ivone Lima; YAMAGUCHI, Klenicy Kazumi de Lima. Aproveitamento integral do cupuaçu na área de panificação. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 5, p. e34711528176, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/28176/24634>. Acesso em: 7 nov. 2024.

- MARTINS, F. P. et al. The Journal of Engineering and Exact Sciences, Viçosa/MG, BR, v. 6, n. 4, p. 0600–0607i, 2020. DOI: 10.18540/jcecvl6iss4pp0600-0607i. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/11743>. Acesso em: 19 set. 2024.
- PARAMO, D. et al. Mass transfer of water and volatile fatty acids in cocoa beans during drying. J. Food Eng., v. 99, n. 3, p. 276–283, 2010.
- ROCHA NETO, O. G.; FIGUERÊDO, F. J. C.; SOUZA, N. G. Comportamento estomático e fotossintético de plantas jovens de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum). In: SANTOS FILHO, A. F.; TORO, M. J. U. Estudo bioquímico da fermentação do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). Científic@ Multidisciplinary Journal, Belém-Pará, v. 8, 12 dez, p. 1-24, 2020.
- Seminário Internacional Sobre Pimenta-do-Reino e Cupuaçu, 1997, Belém. Anais... Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1997. 440 p.
- VENTURIERI, G. A.; MARTEL, J. H. I.; MACHADO, G. M. E. Enxertia do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild ex Spreng) Schum) com uso de gemas e garfos com e sem toaleta. Acta Amazônica, Manaus, v. 16/17, n. único, p. 27-40, 1986/1987.