

Processos de secagem e torrefação sobre teores de metilxantinas e qualidade de guaraná em pó

Drying and roasting processes on methylxanthines contents and guarana powder quality

Natasha Veruska dos Santos Nina^{1*}  ; Géssica Aline Nogueira dos Santos²  ;
Flávia Camila Schimpl³  ; Firmino José do Nascimento Filho⁴  ; André Luiz Atroch⁵ 

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Humaitá, AM, Brasil; ²Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.; ³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, AM, Brasil; ^{4,5}Embrapa Amazonia Ocidental. Manaus, AM, Brasil. *corresponding author: nina.natashavs@gmail.com

Recebido: 18/11/2023

Aceito: 30/08/2024

Publicado: 05/09/2024

Resumo:

O guaranazeiro é uma trepadeira nativa da Amazônia Brasileira, domesticada pela comunidade indígena Sateré-Mawé, e amplamente cultivado na região de Maués no Amazonas, onde tem ocorrência subespontânea. As sementes de guaraná têm propriedades antioxidantes, energéticas, medicinais, e grande potencial econômico e industrial. É destinado como matéria prima à indústria de energéticos, medicamentos e refrigerantes. A BRS Maués é a cultivar mais cultivada no estado do Amazonas. Devido à grande demanda de pó de guaraná, são utilizados diferentes processos de secagem. O objetivo do trabalho foi verificar a influência dos processos de secagem e torrefação sobre a qualidade e os teores de metilxantinas e na qualidade de guaraná em pó. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro (4) processos de secagem (solar, em estufa, em tacho de barro e em tacho de ferro), em sete (7) repetições. Foi realizada a análise de variância e teste de médias Tukey a 5% de significância. Foram quantificadas a umidade (%), o peso médio de sementes secas (g), cafeína (%), teobromina (%) e teofilina (%) por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Existe influência do processo de secagem e torrefação na qualidade do guaraná em pó. Somente o teor de cafeína não foi influenciado pelos processos de secagem e torrefação. Os teores de teobromina foram superiores na torrefação em tacho de barro e tacho de ferro. As torrefações em tacho de barro e tacho de ferro são os melhores processos para a produção do pó de guaraná por apresentaram valores semelhantes para todos os parâmetros avaliados e melhores que os demais tratamentos.

Palavras-chave: Cafeína, Secagem ao Sol, Tacho de barro, Tacho de ferro, Umidade.

Abstract:

The guarana is a creeper native to the Brazilian Amazon, domesticated by the indigenous community Sateré-Mawé, and widely cultivated in the region of Maués in the Amazon, where it has subspontaneous occurrence. Guarana seeds have antioxidant, energetic, medicinal properties, and great economic and industrial potential. It is intended as raw material for the energy, medicine and soft drinks industry. BRS Maués is the most cultivated in the Amazon state. Due to the high demand of guarana powder, different drying processes are used. The objective of this study was to verify the influence of drying and roasting processes on the quality and content of methylxanthines and quality of guarana powder. The experimental design was completely randomized, with four (4) drying processes (solar, greenhouse, clay pot and iron pot), in seven (7) replications. Analysis of variance and test of Tukey means at 5% significance were performed. Moisture (%), average weight of dry seeds (g), caffeine (%), theobromine (%) and theophylline (%) were quantified by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). There is influence of the drying and roasting process on the quality of guarana powder. Only the caffeine content was not influenced by the drying and roasting processes. Theobromine contents were higher in the roasting in clay pot and iron pot. The roasting in clay pot and iron pot are the best processes for the production of guarana powder by showed similar values for all parameters evaluated and better than the other treatments.

Keywords: Caffeine, Sun Drying, Clay pot, Iron pot, Moisture.

1. Introdução

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke - Sapindaceae) é uma trepadeira lenhosa, nativa da Amazônia Brasileira, adaptado à baixa altitude e ao clima quente e úmido típico da região Amazônica. É subspontâneo na região de Maués, no Amazonas, onde é amplamente cultivado. O guaranazeiro foi domesticado pelos Sateré-Mawé, que mantém sua cultura em torno do guaraná (Atroch & Nascimento Filho, 2018; Weil & Witkoski, 2023). O guaraná tem grande potencial econômico e industrial, e propriedades antioxidantes, energéticas e medicinais (Schimpl *et al.*, 2013; Marques *et al.*, 2018; Santana & Macedo, 2018; Torres *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2022). Estas propriedades são atribuídas aos compostos bioativos como as metilxantinas: cafeína, teobromina e teofilina (Nina *et al.*, 2021). Por isso, vem sendo utilizado por outras indústrias como cosméticos, nutracêuticos, energéticos, ergogênicos e medicamentos (Salomão-Oliveira *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2019; Cavalcanti *et al.*, 2020). Os produtos são destinados principalmente como matéria prima às indústrias de refrigerantes. Por outro lado, vem sendo muito comercializado na forma de “pó de guaraná”.

Devido à grande demanda de pó de guaraná, são utilizados diferentes processos de secagem por pequenos e grandes produtores. Os processos mais usuais são a secagem em secador solar, a torrefação em tachos que podem ser de barro ou de ferro e a nível de pesquisa, principalmente, em estufa. A secagem ao Sol é realizada em secadores solares de tecnologia da Embrapa (Embrapa, 1998). Os processos de torrefação em tacho de barro e tacho de ferro são muito utilizados pelos produtores rurais, por populações tradicionais e pelo povo Sateré-Mawé (Weil & Witkoski, 2023). Os processos de secagem e torrefação de sementes maduras de guaraná são realizados de diferentes formas, equipamentos, tempos e temperaturas. É provável a existência de diferenças na qualidade dos produtos de acordo com o procedimento realizado. Como o guaraná é um produto originalmente brasileiro com grande potencial econômico e industrial, existe a necessidade de estudos que avaliem a qualidade fitoquímica do pó de guaraná em relação aos processos usuais de secagem e torrefação. Assim, este estudo teve como objetivo verificar a influência dos processos de secagem e torrefação sobre a qualidade e os teores de metilxantinas em guaraná em pó.

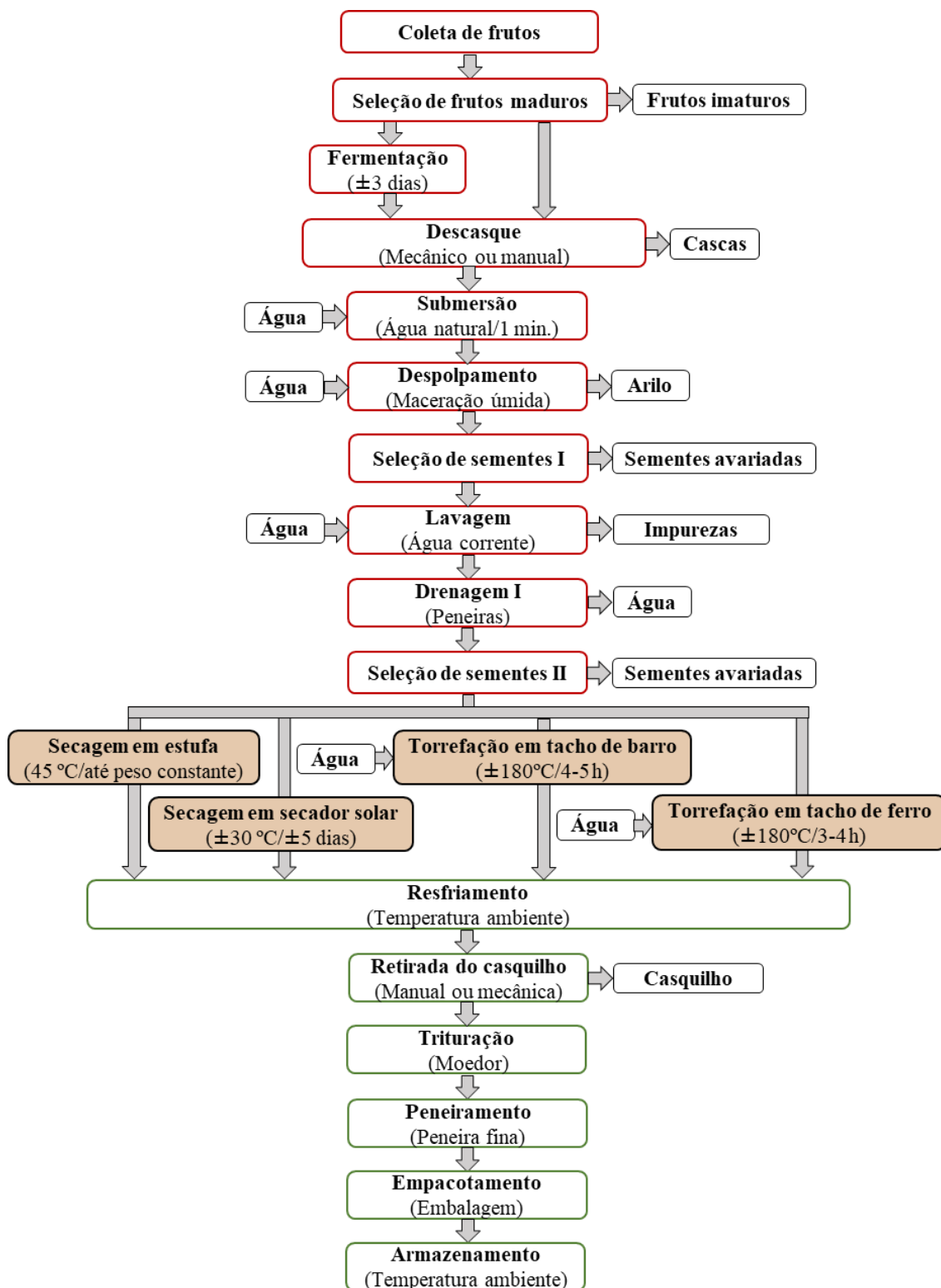
2. Material e Métodos

A cultivar de guaranazeiro utilizada neste estudo foi a BRS Maués por ser o genótipo mais produzido na região de Maués/AM entre as 18 cultivares de guaraná lançadas pela Embrapa Amazônia Ocidental (Ozorio *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2022). É a cultivar mais comercializada no Brasil, com altas adaptabilidade e estabilidade (Pinto *et al.*, 2018). Esta cultivar tem alta produtividade e é classificada no quimiotipo antioxidante devido aos altos teores de catequina, epicatequina e teores médios de cafeína (Nina *et al.*, 2021). As plantas de guaraná da cultivar BRS Maués fazem parte do campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, na Estrada dos Morais, 3060, município de Maués, Amazonas (03° 23' 56" S latitude e 53° 40' 24" W longitude), da safra 2017. O solo é classificado como latossolo amarelo, profundo, textura argilosa a muito argilosa, com teores elevados de alumínio trocável, ácidos, pH (3,5 a 4,7), baixos teores de cálcio, potássio e fósforo. Os plantios foram realizados em 2007, com espaçamento 5m x 5m, e realização de adubações e tratos culturais recomendados para a cultura (Pereira *et al.*, 2005). Os frutos de guaraná foram colhidos e processados sem a utilização da fermentação, de acordo com o fluxograma (Figura 1), que foi construído com base nos processos realizados em Maués no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental.

Foram realizados quatro (4) processos, sendo dois (2) de secagem e dois (2) de torrefação: Secagem em estufa: sementes acondicionadas em sacos de papel, dispostos em bandejas em estufa de circulação forçada de ar (45 °C/até peso constante) (Nina *et al.*, 2021). Secador solar: secador solar modelo 2 feito de tabuleiro de madeira com entrada de ar por cima e por baixo, com dimensões (3,0m x 1,5m x 0,4m) e cobertura em plástico transparente, com dimensões (3,4m x 1,9m x 0,2m), com temperatura média de 30 °C, por 5 dias (Araújo *et al.*, 1983), mexidos 3 a 4 vezes ao dia (Embrapa, 1998). Torrefação em tachó de barro: Formato circular (1,47 m de diâmetro), com temperatura de 180 °C, por 4 a 5 h, e com mexidas constantes. E Torrefação em tachó de ferro: Formato circular (1,47m de diâmetro), com temperatura de 180 °C, por 3 a 4 h, com mexidas constantes (Pereira *et al.*, 2005). As torrefações (em tachó de barro e em tachó de ferro) foram realizadas com temperatura de 180 °C. E para a melhor distribuição do calor e homogeneização do produto, as sementes foram mexidas constantemente com auxílio de um rodo de madeira. No início do processo em tachó de ferro, foi adicionado mais água para diminuir a chance de queima das sementes (Embrapa, 1998; Pereira *et al.*, 2005).

Figura 1. Fluxograma de processamento de guaraná em pó. Secagem em estufa, secagem em secador solar, torrefação em tachó de barro e torrefação em tachó de ferro. Campus experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, Maués, Amazonas, Brasil – Safra 2017

Figure 1. Processing flow chart of guarana powder. Drying in oven, drying in solar dryer, roasting in clay pot and roasting in iron pot. Experimental campus of Embrapa Western Amazon, Maués, Amazonas, Brazil - Crop 2017



Após os processos de secagem e torrefação, as amostras foram armazenadas e as análises realizadas no Laboratório Ciências e Plantas Daninhas – LCPD, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA-UFAM). Inicialmente, foi verificado o peso médio de sementes secas (P) expressos em grama (g), com o peso total de cada amostra (100 sementes), dividido pelo número de sementes (100), de acordo com a metodologia de (Escobar *et al.*, 1985). As sementes foram trituradas em moedor de café até pó fino para a determinação de umidade, que foi realizada em estufa a 105 °C por 24. Todas as análises foram realizadas com amostras de cem (100) sementes e com sete (7) repetições. Os resultados foram calculados por média aritmética e expressos em porcentagem (%).

A metodologia utilizada para extração e quantificação das metilxantinas Cafeína (CF), Teobromina (TB) e Teofilina (TF) foi realizada de acordo com Nina *et al.* (2021), adaptada de Schimpl *et al.* (2014) e Machado *et al.* (2018). As quantificações das metilxantinas foram realizadas no Laboratório de Purificação de Biomoléculas do Centro de Apoio Interdisciplinar (CAM-UFAM), em HPLC cromatógrafo com detector de diodo (Shimadzu Inc., Kyoto, Japão) operando em 272nm. Foram utilizadas soluções com padrões comerciais das metilxantinas (Sigma-Aldrich®) para as quantificações, e construídas curvas com quantidades conhecidas, e gerada cada equação linear para os cálculos das concentrações. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro (4) processos de secagem, em sete (7) repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de médias de Tukey a 5 % de significância, utilizando o programa SAS, versão 9.2 (SAS, 2008).

3. Resultados e Discussão

O A análise de variância, dos parâmetros avaliados, está disposta na Tabela 1. Os resíduos são normais pelo teste de Shapiro-Wilk. Foram encontradas diferenças significativas entre os processos de secagem para Peso médio de sementes secas (P), Umidade U (%), Teobromina (TB) e Teofilina (TF), exceto a cafeína (CF).

Tabela 1. Resumo da análise de variância do peso médio de sementes secas (P), umidade (U%), teobromina (TB%), teofilina (TF%), cafeína (CF%) em pó de sementes de guaraná secas de processos de secagem e torrefação. Maués, Amazonas, Brasil – Safra 2017

Table 1. Summary of analysis of variance for average weight of dry seeds (P), moisture (U%), theobromine (TB%), theophylline (TF%), caffeine (CF%) in powder of dried guarana seeds from drying and roasting processes. Maués, Amazonas, Brazil - Crop 2017

F.V.	GL	p-valor				
		P (g)	U (%)	CF (%)	TB (%)	TF (%)
Tratamento	3	0,0228*	0,000001***	0,3487 ^{ns}	0,02121*	0,000001***
Resíduo	24	-	-	-	-	-
Total	27	-	-	-	-	-
CV (%)		3,49	1,16	10,30	35,69	187,17
Média geral		0,47	11,83	5,38	0,016	0,001
Mínimo		0,44	11,10	3,99	0,000	0,000
Máximo		0,54	12,70	6,39	0,044	0,008

FV, Fonte de Variação; GL, Grau de Liberdade, CV, Coeficiente de Variação. *Significativo ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo teste F. **Significativo ($p < 0,01$) pelo teste F. ***Significativo ($p < 0,001$) pelo teste F. Ns-não significativo.

Em relação aos valores de CV (%), a Umidade U (%) e o Peso médio de sementes secas (P) apresentaram os menores valores (%) em relação aos demais parâmetros avaliados. O coeficiente de variação da cafeína foi próximo ao encontrado por Nina *et al.*, (2021), ao avaliar 8 genótipos, e Santos *et al.* (2024), de 12,76%, ao avaliar 18 cultivares. E inferior também aos encontrados por Escobar *et al.* (1985), quando quantificaram cafeína em nove (9) progênie de polinização aberta, de guaraná cujos CV variaram de 14 a 47%, em cada progênie. O CV da teobromina também foi semelhante aos encontrados por Nina *et al.* (2021) e próximo ao encontrado por Santos *et al.* (2024). Enquanto a teofilina foi encontrada somente em 42,86% das amostras secas em secador solar (70 °C por 5 dias), e no total de 14,29 % das amostras do experimento. O CV foi muito alto para esta variável devido a

muitos resultados com valor zero (0). O resultado é semelhante aos valores encontrados por Santos *et al.* (2022) e Santos *et al.* (2023), que atestaram teofilina em menos de 12 % das amostras de sementes de guaraná secas em estufa a 50°C. Os coeficientes de variação das metilxantinas em pó de sementes de guaraná são altos em comparação com outras espécies, mas se mostram inerentes a cada composto.

Os valores médios de peso médio de sementes secas (P), umidade (%), Teobromina (TB %), Teofilina (TF %) e Cafeína (CF %) para os quatro tratamentos são apresentados na tabela 2. Em relação à umidade (U %), foi possível observar uma uniformidade nos valores das amostras secas em estufa, pois todas as amostras tiveram umidade de 11,1 %. O teor de cafeína foi superior ao encontrado em Nina *et al.* (2021) para BRS Maués (4,65 %). E muito próximo a média entre os genótipos estudados (5,41 %) em Nina *et al.* (2021), e em Schimpl *et al.* (2014) para a BRS Maués (3,3 % a 5,8 %). Estes estudos mais recentes utilizaram HPLC para quantificação de metilxantinas.

Tabela 2. Peso médio de sementes secas (P), umidade (U%), teobromina (TB%), teofilina (TF%), cafeína (CF%) em pó de sementes de guaraná secas de processos de secagem e torrefação. Maués, Amazonas, Brasil – Safra 2017

Table 2. Characters average weight of dried seeds (P), moisture (U%), theobromine (TB%), theophylline (TF%), caffeine (CF%) powder of dried guarana seeds from drying and roasting processes. Maués, Amazonas, Brazil - Crop 2017

Processos	P (g)	U (%)	CF (%)	TB (%)	TF (%)
Secagem em estufa	0,44 c	11,10 c	5,815 a	0,0066 b	0,0000 b
Secagem em secador solar	0,50 a	12,61 a	5,017 a	0,0090 b	0,0042 a
Torrefação em tachó de barro	0,47 b	11,84 b	5,574 a	0,0267 a	0,0000 b
Torrefação em tachó de ferro	0,47 b	11,76 b	5,128 a	0,0199 a	0,0000 b

*As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de cafeína não foi influenciado pelos processos de secagem e torrefação em sementes de guaraná. Assim, a cafeína presente em sementes de guaraná, possui estabilidade térmica. Estes resultados são confirmados por Moreira *et al.* (2000) que verificaram que a cafeína, no café, possui certa estabilidade ao processo térmico. No entanto, Ramadhani *et al.* (2023) verificaram que o quanto maior o tempo e a temperatura no processo de torrefação do café, maior foi o teor de cafeína em grãos de café. E Moreira *et al.* (2000), observou pequenas perdas de cafeína, durante a torrefação do café, à 178 °C devido à sublimação. Por outro lado, estudos da torrefação do café são utilizadas temperaturas de 210 °C a 250 °C, enquanto no guaraná as temperaturas não passam de 180 °C. Isso explica a estabilidade nos teores de cafeína nos processos de secagem e torrefação em sementes de guaraná, assim como outros fatores, como: Tempo de torrefação, granulometria, ponto de sublimação da cafeína, taxa de difusão do vapor através das camadas externas da semente, diferenças anatômicas e bioquímicas entre sementes de guaraná e de sementes de café. Outros estudos podem ser realizados para confirmar quais fatores influenciam na estabilidade térmica, da cafeína, em sementes de guaraná.

Outra metilxantina, a teobromina foi encontrada em 89,29 % das amostras de todos os tratamentos, e em 57,14 % das amostras secas em estufa. Este valor é muito próximo ao encontrado por Nina *et al.* (2021) de 60,12 %, no mesmo processo de secagem. Schimpl *et al.* (2014) também encontraram valores muito baixos de teobromina em sementes de guaraná. Os teores de teobromina foram superiores nas amostras em tachó de barro e tachó de ferro de duas a seis vezes em relação as amostras secas em estufa e secagem em secador solar. Estes teores foram próximos aos encontrados por Santos *et al.* (2022).

Por outro lado, não foi detectada a teofilina em amostras secas em estufa (45 °C por 7 a 10 dias). E da mesma forma não foi detectada a teofilina em amostras que passaram por torrefação em tachos de barro (180 °C por 4 a 5 h) e de ferro (180 °C por 3 a 4 h). Jeszka-Skowron *et al.* (2020) observaram que o conteúdo de metilxantinas no café depende alguns fatores, entre eles o grau e o tipo de processo de torrefação, e verificaram a degradação de cafeína em teofilina na torrefação de café. No guaraná, é possível observar que pesquisas utilizando metodologias de quantificação de maior

precisão como em HPLC encontraram teores muito baixos de teofilina nos tecidos de sementes secas de guaraná. Este fato é confirmado por Jeszka-Skowron *et al.* (2020) que afirmam que a teofilina é determinada em quantidades muito baixas em alimentos. Nina *et al.* (2021) também não detectaram em *Paullinia cupana* em nenhuma amostra. Enquanto Schimpl *et al.* (2014), ao avaliar sementes secas de guaraná, detectou teofilina em poucas amostras e em valores muito baixos. Assim, a teofilina é a metilxantina encontrada em menor quantidade nas sementes de guaraná. Em relação à qualidade do guaraná, é interessante que as amostras não apresentem teofilina ou que sejam baixíssimas concentrações. Isso porque a cafeína é o principal composto do guaraná e a teofilina é o produto da degradação da cafeína e do resultado de diferentes metabolismos de cafeína nas plantas (Ashihara *et al.*, 2017; Meoni *et al.*, 2021).

A secagem em estufa apresentou menores valores de umidade e peso médio de sementes secas no pó de guaraná. Este processo é muito utilizado em pesquisas pela baixa degradação de substâncias voláteis em comparação com amostras submetidas à altas temperaturas. No entanto, as amostras secas em secador solar tratamento com maior umidade, superior ao recomendado em legislação, com variação entre os valores máximo e mínimo de 1,6 %. De acordo com Pereira *et al.* (2005), quando as sementes atingem o “ponto de estalo” a umidade das sementes está entre 5 % e 7 %, teor exigido pelas indústrias de refrigerantes. No caso do guaraná em pó ou em bastão a umidade pode estar em torno de 8 % a 13 % (Embrapa, 1998; Pereira *et al.*, 2005). Para que se tenha uma boa conservação é recomendado que a umidade para sementes seja o mínimo possível, sendo aceitável teores até 12 %.

A alta umidade influencia na conservação de produtos durante o armazenamento, impactando na qualidade. É importante que sejam realizados estudos de vida de prateleira de produtos secos em secador solar. A secagem ao Sol depende das condições climáticas e por isso não tem uniformidade de temperatura e incidência de luz. Isso pode favorecer o apodrecimento das sementes, com rendimento menor do produto. Desta forma, recomendamos que sejam estudadas formas de otimização dos secadores solares utilizados para sementes de guaraná para aumentar a circulação do ar e controlar umidade e temperatura. Esta otimização é interessante para os produtores que utilizam esta tecnologia possam manter as qualidades fitoquímica das sementes de guaraná durante a secagem em secador solar.

Os processos de torrefação em tacho de barro e tacho de ferro apresentaram valores próximos para os parâmetros peso médio de sementes secas e umidade, demonstrando que ambos têm processo de secagem semelhante, diferindo apenas no tipo de tacho utilizado em cada região. As torrefações em tacho de barro e tacho de ferro são os melhores processos para a produção do pó de guaraná por apresentaram valores semelhantes para todos os parâmetros avaliados e melhores que os demais tratamentos, cabendo ao produtor a escolha entre estes dois processos de acordo com a disponibilidade de material para a construção do tacho e a facilidade do manuseio de acordo com o manuseio cultural.

4. Conclusão

Existe influência do processo de secagem e torrefação na qualidade do guaraná em pó. O teor de cafeína não foi influenciado pelos processos de secagem e torrefação em sementes de guaraná por ter estabilidade térmica. As torrefações em tacho de barro e tacho de ferro são os melhores processos para a produção do pó de guaraná, com resultados semelhantes, cabendo a escolha ao produtor. É necessário que os secadores solares sejam otimizados em relação à circulação do ar, controle de umidade e de temperatura para que esta tecnologia possa manter as qualidades fitoquímica das sementes de guaraná durante a secagem.

Referências

- ARAÚJO, J. A. de; SÁ DINIZ, T. D. de A.; BASTOS, T. X. **Viabilidade de secadores solares para grãos no Trópico Úmido Brasileiro**. Circular Técnica, 45. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. p. 1-20, 1983. ISSN 01007556
- ATROCH, A. L.; NASCIMENTO FILHO, F. J. Guarana - *Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke. In: RODRIGUES, Sueli; DE OLIVEIRA SILVA, Ebenezer; DE BRITO, Edy Sousa (Ed.). **Exotic Fruits Reference Guide**. Chennai: Academic Press, 2018. p. 225-236. ISBN: 978-0-12-803138-4
- CAVALCANTI, V.; MARQUES, M.; NASCIMENTO, W. M.; ROCHA, A. W de O.; FERREIRA, I. de J.; LEÃO, D. P.; FÉLIX, P. H. C.; OLIVEIRA, C. M. C. Bioproducts based on guarana (*Paullinia cupana*) for practitioners of physical activity. **European Academic Research**, v. 8, n.3, p. 1746-1759, 2020.
- EMBRAPA. **Guaraná: como cultivar**. Documentos, 14, Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. p. 1-15, 1998. ISSN: 0103-6238
- ESCOBAR, J. R.; COSTA, P. R. C.; CORRÊA, M. P. F. **Variação do teor de cafeína na semente de guaraná, em progênies de polinização aberta**. Boletim de pesquisa, nº 5, Manaus, p.17, 1985. ISSN 0101-5591
- JESZKA-SKOWRON, M.; FRANKOWSKI, R.; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, A. Comparison of methylxanthines, trigonelline, nicotinic acid and nicotinamide contents in brews of green and processed Arabica and Robusta coffee beans – Influence of steaming, decaffeination and roasting processes on coffee beans. **Food Science and Technology**, v. 125, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109344>
- MACHADO, K. N.; FREITAS, A. A. D.; CUNHA, L. H.; FARACO, A. A. G.; PÁDUA, R. M. D.; BRAGA, F. C.; VIANNA-SOARES, C. D.; CASTILHO, R. O. A rapid simultaneous determination of methylxanthines and proanthocyanidins in Brazilian guarana (*Paullinia cupana* Kunth.). **Food Chemistry**, v. 239, p. 180-188, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.089>
- MARQUES, L. L. M.; FERREIRA, E. D. F.; DE PAULA, M. N.; KLEIN, T.; MELLO, J. C. P. *Paullinia cupana*: a multipurpose plant – a review. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 29, n. 1, p. 77-110, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.08.007>
- MEONI, G.; LUCHINAT, C.; GOTTI, E.; CADENA, A.; TENORI, L. Phenotyping green and roasted beans of Nicaraguan *Coffea arabica* varieties processed with different post-harvest practices. **Applied Sciences**, v. 11, n. 24, p.1-17. 2021. <https://doi.org/10.3390/app112411779>
- MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; DE MARIA, C. A. B. Componentes voláteis do café torrado. Parte II. Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 195-203, 2000.
- NINA, N. V. D. S.; SCHIMPL, F. C.; NASCIMENTO FILHO, F. J. D.; ATROCH, A. L. Phytochemistry divergence among guarana genotypes as a function of agro-industrial characters. **Crop Science**, v. 61, n. 1, p. 443-455, 2021. <https://doi.org/10.1002/csc2.20331>
- OLIVEIRA, K. A.; CABRAL, M. M.; MONTIER BARROS, R. P.; FREITAS, P. A.; LIMA, V. V. M.; MACÊDO, L. M. G.; DANTAS, A. C. P.; OLIVEIRA, A. C. O uso do guaraná (*Paulinia*

cupana) como suplemento dietético antienvhecimento: uma revisão sistemática. **J. Health Biol Sci**, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2022. <https://doi.org/10.12662/2317-3206>

OZORIO, P. R. S.; ATROCH, A. L.; NASCIMENTO FILHO, J. F. Agro-morphological characterization and genetic diversity of *Paullinia cupana* var. *sorbilis*. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 94, n. 3, p. 166-178, 2019.

PINTO, C.E.D.L.; ATROCH, A.L.; FAJARDO, J.D.V.; NASCIMENTO FILHO, F.J. Seleção de clones de guaranazeiro para adaptabilidade e estabilidade no estado do Amazonas. **Revista de Ciências Agrárias**, v.61, p.1-7, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2558>

PEREIRA, J. C. R. *et al.* **Cultura do guaranazeiro no Amazonas**. Sistema de produção 2. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. p. 1-40, 2005. ISSN 1679-8880.

RAMADHANI, A. F.; NISA, F. C.; YUNIANITA. Differences in chemical characteristics due to different roasting of robusta coffee beans. **Coffee Science**, v. 18, e182116, 2023. <https://doi.org/10.25186/v18i.2116>

SALOMÃO-OLIVEIRA, A.; LIMA, E. S., MARINHO, H. A.; CARVALHO, R. P. Benefits and Effectiveness of Using *Paullinia cupana*: A Review Article. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 6, n. 8, p. 497-503, 2018. <https://doi.org/10.12691/jfnr-6-8-2>

SANTANA, Á. L.; MACEDO, G. A. Health and technological aspects of methylxanthines and polyphenols from guarana: A review. **Journal of Functional Foods**, v. 47, p. 457-468, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.048>

SANTOS, G. A. N.; SILVA, D. C.; TORRES, L. S. G.; SCHIMPL, F. C.; SILVA, J. F. Dinâmica de metabólitos e produção de frutos durante a safra de guaraná. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e10911326371-e10911326371, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26371>

SANTOS, G. A. N.; SCHERER FILHO, C.; SCHIMPL, F. C.; SOUZA, S. C. R.; NINA JUNIOR, A. R.; GARCIA, R. P. O.; SILVA, J. F. Metabolism of guarana (*Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis*) plants and fruit production subjected to glyphosate doses. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 58, n. 1, p. 69-79, 2023. <https://doi.org/10.1080/03601234.2023.2172275>

SANTOS, G. A. N.; SCHIMPL, F. C.; RIBEIRO, M. D.; SCHERER FILHO, C.; VALENTE, M. S. F.; SILVA, J. F. Methylxanthine and polyphenol distribution in guarana cultivars. **Scientia Plena**, v. 20, n. 6, 2024. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2024.061503>

SAS. **Statistical Analysis System Institute user's guide: introduction to statistical modeling with SAS/Stat software SAS/Stat® 9.2** (book excerpt). Cary, 2008.

SCHIMPL, F. C.; SILVA, J. F.; GONÇALVES, J. F. C.; MAZZAFERA, P. Guarana: Revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 150, n. 1, p. 14-31, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2013.08.023>

SCHIMPL, F. C.; KIYOTA, E.; MAYER, J. L. S.; GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, J. F.; MAZZAFERA, P. Molecular and biochemical characterization of caffeine synthase and purine alkaloid concentration in guarana fruit. **Phytochemistry**, v. 105, p. 25-36, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.04.018>

SILVA, C. P.; SOARES-FREITAS, R. A. M.; SAMPAIO, G. R.; CAMARGO, A. C.; TORRES, E. A. F. S. Guarana as a source of bioactive compounds. **Journal of Food Bioactives**, v. 6, p. 1-5, 2019. <https://doi.org/10.31665/JFB.2019.6182>

SILVA, L. J. S.; MENEGHETTI, G. A.; PINHEIRO, J. O. C. Cultivar de guaraná BRS Maués: contribuição da tecnologia agropecuária para o desenvolvimento e a sustentabilidade. **Conjecturas**, v. 22, n. 13, p. 983-1003, 2022. <https://doi.org/10.53660/CONJ-1742-2H20A>

TORRES, E. A.; PINAFFI-LANGLEY, A. C. D. C.; FIGUEIRA, M. D. S.; CORDEIRO, K. S.; NEGRÃO, L. D.; SOARES, M. J., SILVA, c.p.s.; Alfino, M. C. Z.; Sampaio, G.R.; CAMARGO, A. C. Effects of the consumption of guarana on human health: A narrative review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food**, v. 21, n. 1, p. 272-295, 2022. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12862>

WEIL, A. G.; WITKOSKI, A. C. A organização ancestral do trabalho na produção do guaraná em Maués/Amazonas. **Acta Scientiarum**, v. 45, n. 1, p. e69245, 20 set. 2023. <https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v45i1.69245>

Author contribution:

Natasha Veruska dos Santos Nina: Análise formal, Investigação, Validação, Escrita – Primeira Redação; Géssica Aline Nogueira dos Santos: Análise formal e Investigação, Escrita – Primeira Redação; Flávia Camila Schimpl: Curadoria de dados, Metodologia, Recursos, Software, Validação, Escrita – Revisão e Edição; Firmino José do Nascimento Filho: Obtenção de Financiamento, Metodologia, Recursos, Supervisão, Escrita – Revisão e Edição; André Luiz Atroch: Curadoria de dados, Obtenção de Financiamento, Metodologia, Administração do Projeto, Software, Supervisão, Escrita – Revisão e Edição.

Acknowledgment

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela infraestrutura, logística e por disponibilizar sua equipe de pesquisadores para orientação da aluna. Ao Laboratório de Ciência de Plantas Daninhas-LCPD/UFAM, ao Dr. José Ferreira da Silva. E ao Laboratório de Purificação de Biomoléculas do Centro de Apoio Interdisciplinar-CAM, e ao Mestre Júlio Nino de Souza Neto.

Financing Sources

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo fornecimento de bolsa de doutorado para Natasha Veruska dos Santos Nina. À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pelo financiamento do custeio e investimento do projeto de pesquisa “Melhoramento genético do guaranazeiro”.

Conflict of Interest

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Associate Editor

Luciana da Silva Borges

ORIGINAL ARTICLE

