

CUPUAÇU: BENEFICIAMENTO, PROCESSOS DE SECAGEM E EFEITO DA SECAGEM NOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA AMÊNDOA E GORDURA DE CUPUAÇU

CUPUAÇU: PROCESSING, DRYING METHODS, AND THE EFFECT OF DRYING ON THE PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF CUPUAÇU SEEDS AND FAT

1. Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Sudeste de Minas Gerais
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Rondônia - *Campus Ariquemes*
E-mail: anthonioni.sasso@ifro.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1954439092749181>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9946-649X>

2. Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - *Campus Rio Pomba*
E-mail: aurelia.dornelas@ifsudestemg.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8014717574860532>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0664-7492>

3. Doutor em Bioquímica Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa
Universidade Federal de São João Del Rei - *Campus Sete Lagoas*
E-mail: christianio@ufsj.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2222104515904250>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4182-0772>

4. Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus Jaru*
E-mail: janaina.sousa@ifro.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3110277061500603>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8602-5035>

5. Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - *Campus Rio Pomba*
E-mail: mauricio.louzada@ifsudestemg.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0154547176835048>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9006-5796>

6. Mestre em Agroecossistemas Amazônicos pela Universidade Federal de Rondônia
Universidade Federal de Rondônia - *Campus de Ariquemes*
E-mail: tiago.bratiliari@unir.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8475008920989036>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3315-0577>

7. Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - *Campus Rio Pomba*
E-mail: vanessa.riani@ifsudestemg.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6707960339138097>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8512-5093>

Anthonioni Peron Dal Sasso ¹
Aurélia Dornelas de Oliveira Martins ²
Christiano Vieira Pires ³
Janaina Maria Batista de Sousa ⁴
Maurício Henriques Louzada Silva ⁵
Tiago Bratiliari dos Santos ⁶
Vanessa Riani Olmi Silva ⁷

RESUMO: O estudo sobre o Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), fruto típico da Amazônia, abordou o impacto de diferentes métodos de secagem nas características físico-químicas das amêndoas e na qualidade da gordura extraída. Com elevada biodiversidade, Rondônia e outras áreas do bioma amazônico oferecem plantas oleaginosas como o cupuaçu, cuja polpa é amplamente utilizada na indústria alimentícia. No entanto, suas amêndoas, que correspondem a 15-20% do peso do fruto, são subutilizadas, apesar de seu alto valor nutricional, com 50% de lipídios e 20% de proteínas, além de ácidos graxos essenciais como oleico e esteárico. O estudo foi realizado em Ariquemes-RO durante a safra de 2021-2022, utilizando métodos de secagem natural (SN), em estufa (SE) e liofilização (LF). As análises evidenciaram que a liofilização foi mais eficiente na redução da umidade das amêndoas (0,10%), preservando sua coloração e características físico-químicas. Já o método em estufa resultou em maior teor de lipídeos (35,83%) e proteínas (7,59%). Os baixos índices de acidez, peróxidos e iodo indicaram boa conservação e estabilidade da gordura extraída, independentemente do método de secagem. A gordura de cupuaçu, rica em ácidos graxos como esteárico e oleico, demonstrou potencial para aplicação em diversos setores, como fabricação de margarina, chocolates e produtos de panificação. Apesar das diferenças nas análises das amêndoas, a qualidade final da gordura manteve-se consistente, reforçando seu valor econômico e funcional na indústria alimentícia e promovendo o aproveitamento integral do fruto.

Palavras-chave: ácidos graxos; amêndoa de cupuaçu; composição centesimal; liofilização; métodos de secagem.

ABSTRACT: The study on cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), a fruit native to the Amazon, addressed the impact of different drying methods on the physicochemical characteristics of the almonds and the quality of the extracted fat. With high biodiversity, Rondônia and other areas of the Amazon biome offer oilseed plants such as cupuaçu, whose pulp is widely used in the food industry. However, its almonds, which account for 15-20% of the fruit's weight, are underutilized, despite their high nutritional value, with 50% lipids and 20% protein, as well as essential fatty acids such as oleic and stearic. The study was conducted in Ariquemes, Rondônia, during the 2021-2022 harvest, using natural drying (SN), oven drying (SE), and freeze-drying (LF) methods. The analyses showed that freeze-drying was more efficient in reducing almond moisture (0.10%), preserving their color and physicochemical characteristics. The oven drying method resulted in a higher lipid (35.83%) and protein (7.59%) content. The low acidity, peroxide, and iodine levels indicated good

preservation and stability of the extracted fat, regardless of the drying method. Cupuaçu fat, rich in fatty acids such as stearic and oleic, demonstrated potential for use in various sectors, such as margarine, chocolate, and bakery products. Despite differences in the almond analyses, the final fat quality remained consistent, reinforcing its economic and functional value in the food industry and promoting the full use of the fruit.

Keywords: *fatty acids; cupuaçu seed; proximate composition; freeze-drying; drying methods.*

INTRODUÇÃO

O estado de Rondônia, assim como os demais estados que fazem parte do bioma amazônico, possui uma rica biodiversidade de plantas com potencial oleaginoso que podem ser exploradas. Entre as frutas com esse potencial, o Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) se destaca, principalmente devido às suas características de aroma, sabor de sua polpa e versatilidade para uso na indústria alimentícia (Tavares, 2022).

O cupuaçuzeiro é uma árvore típica da região amazônica, sendo cultivado em vários estados, incluindo o Pará, Rondônia, Acre, Maranhão, Amazonas e outros. É considerada uma das frutíferas mais valiosas e promissoras da região. Na indústria, a parte mais utilizada do fruto é a polpa, que tem um sabor distintivo, e sendo usada na produção de uma variedade de produtos, como sucos, sorvetes, geleias e até mesmo cupulate, produto similar ao chocolate.

A partir do peso total do fruto, a polpa representa em média 37%, enquanto de 15% a 20% são ocupados pelas amêndoas e 45% pela casca. De acordo com Souza (2007) e Silva e Pierre (2021), após o processo de despulpamento, é comum que as amêndoas sejam descartadas ou utilizadas principalmente na produção de mudas, ração ou adubo. Isso resulta em uma subutilização do potencial dessas amêndoas, equivalendo a desperdiçar um material riquíssimo em valor nutricional, já que elas contêm quantidades significativas de gordura, comparável à manteiga encontrada no cacau (Silva; Durigan; Carvalho, 2018; Nascimento *et al.*, 2020).

As amêndoas de cupuaçu apresentam um notável valor nutricional, com uma composição em base seca que inclui 50% de lipídios, 20% de proteínas, 15,9% de carboidratos, 9,6% de fibras e 3,6% de cinzas (Nascimento *et al.*, 2020). Em seu estado fresco, as amêndoas contêm cerca de 84% de umidade, sendo que o teor de gordura representa aproximadamente 60% do peso seco. Azevedo, Kopcak e Mohamed (2003) destacam que a gordura presente nas sementes de cupuaçu é composta principalmente pelos ácidos palmítico (11,25%), linoleico (2,39%), araquídico (7,97%), esteárico (38,09%) e oleico (38,79%) e está na forma de triacilgliceróis. Para a obtenção da gordura de cupuaçu, as amêndoas geralmente passam por um processo que envolve fermentação, secagem, torrefação, moagem e prensagem (Salgado *et al.*, 2011).

A gordura de cupuaçu tem encontrado diversas aplicações na indústria farmacêutica, cosmética e, nos últimos anos, tem despertado interesse na indústria de alimentos, especialmente na indústria confeitaria (Medeiros *et al.*, 2006; Oliveira; Genovese, 2013).

Aproveitar efetivamente as amêndoas de cupuaçu poderia não somente reduzir o desperdício, mas também criar oportunidades econômicas significativas, ao criar fontes adicionais de renda para as comunidades locais. Considerando

seu valor nutricional e potencial para a produção de gordura de alta qualidade, fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas de processamento que aproveitem ao máximo as sementes de cupuaçu pode trazer benefícios tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

Neste contexto, o objetivo geral deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes métodos de secagem na qualidade da gordura extraída das amêndoas de cupuaçu. Para isso, obtiveram-se dados detalhados sobre o beneficiamento do fruto, incluindo a quantidade recebida e a proporção de polpa, sementes e casca, e coletaram-se informações relativas aos percentuais de película e amêndoas. Aplicaram-se três tipos distintos de secagem (natural, em estufa com circulação forçada de ar e liofilização) e comparou-se a composição centesimal das amêndoas secas com as *in natura*. Além disso, extraiu-se mecanicamente a gordura das amêndoas submetidas aos diferentes métodos de secagem e avaliaram-se suas características físico-químicas, bem como determinou-se o perfil de ácidos graxos da gordura obtida, promovendo uma análise comparativa que contribuiu para o entendimento dos impactos desses processos na qualidade final do produto.

MATERIAL E MÉTODOS

As amêndoas de cupuaçu foram obtidas no decorrer da safra do cupuaçu 2021 – 2022, de agroindústria familiar, unidade de beneficiamento de polpas de frutas, situada na linha C-70, travessão B-65, BR-364, (-9.83969, -62.86047), Zona Rural, município de Ariquemes, estado de Rondônia. Foram acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em freezers da marca Consul, modelo CVU20GBANA10, temperatura de -18 °C, no Laboratório de Engenharia de Alimentos do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Rondônia, no município de Ariquemes – RO.

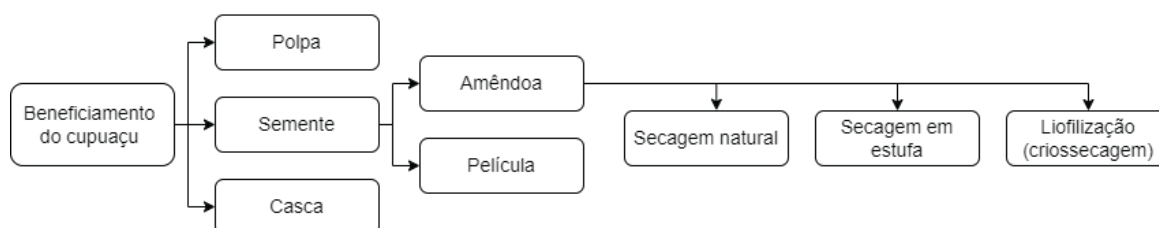
A secagem das amêndoas decorreu no laboratório do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus* Ariquemes, e no Laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Ariquemes, e a extração da gordura foi realizada na Cooperativa Agropecuária e Florestal do Projeto RECA, no Distrito de Nova Califórnia, Porto Velho – RO.

As análises físico-químicas ocorreram no Laboratório do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG), *Campus* Rio Pomba, Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ), *Campus* Sete Lagoas e no Laboratório do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus* Ariquemes.

Obtenção, preparo e secagem das amêndoas

De cada beneficiamento do cupuaçu, as amêndoas coletadas (Figura 1) foram acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade, identificadas e armazenadas em freezer para congelamento. Por serem envoltas por uma espessa película, as sementes de cupuaçu passaram pela despélcula (retirada da casca ou película) manualmente, após seu descongelamento.

Figura 1 – Diagrama ilustrativo do preparo e separação das amostras das amêndoas de cupuaçu.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Anotaram-se os pesos da película e amêndoa, e realizaram-se suas proporções, dividindo-as igualmente entre os tratamentos de secagem (natural, secagem em estufa e liofilização). Posteriormente, realizou os tratamentos de secagem das amêndoas.

Secagem das amostras

A secagem natural foi realizada segundo metodologia proposta por Weather Spark (2022), em que foram expostas ao sol por 5 dias a temperaturas entre 23 °C e 32 °C.

A secagem em estufa (Solab, modelo SL – 102/480) ocorreu a temperatura de 55 °C ± 0,5 °C até atingir peso constante (33 horas).

Já no processo de criosecagem (liofilização), as amêndoas foram adicionadas nas bandejas do liofilizador de bancada (Liotop L101, Liobras) e congeladas em freezer vertical por 24 horas e, após, inseridas no equipamento, com temperatura de operação de - 50 °C e pressão entre 50 a 500 mmHg até atingir peso constante (18 horas).

Análises físico-químicas das amêndoas

As análises físico-químicas para determinação da composição centesimal foram realizadas conforme *Association of Official Analytical Chemistry* (Aoac, 2012) e a análise de lipídeos seguiu a metodologia proposta por Bligh e Dyer (1959).

Extração das gorduras de cupuaçu

As gorduras de cupuaçu foram extraídas em equipamento de sistema contínuo de prensagem, com eixo helicoidal de 100 mm e motor de 5 cv, da fabricante Ercitec.

Avaliação da qualidade das gorduras de cupuaçu e perfil de ácidos graxos

As determinações de índice de acidez, índice de iodo, índice de peróxidos e perfil de ácidos graxos foram realizadas segundo os procedimentos descritos por Zenebon, Pascuet e Tiglea (2008).

Para determinar o perfil de ácidos graxos das gorduras da semente de cupuaçu, utilizou-se a técnica de cromatografia gasosa com detector de ionização por chama (CG-DIC). Nessa técnica, a gordura foi convertida em componentes voláteis, ésteres metílicos derivados dos ácidos graxos, a partir da derivatização dos lipídeos (Aued-Pimentel; Zenebon, 2009). Este procedimento consistiu na hidrólise dos triglicerídeos e, posteriormente, em uma etapa de esterificação.

As análises foram realizadas em um cromatógrafo, modelo CG-2010, marca Shimadzu, com uma coluna SP2560 (100 m x 0,25 mm e espessura de filme de 0,20 µm). O gradiente de temperatura empregado foi o seguinte: 45 °C por 4 minutos; aquecimento a 13 °C min⁻¹ até 175 °C, com permanência neste patamar por 27 minutos; aquecimento a 4 °C min⁻¹ até 215 °C, com permanência neste patamar por 35 minutos. As temperaturas do injetor e detector foram de 220 °C, respectivamente. Como gás de arraste, empregou-se

hélio com velocidade linear de 50 cm s⁻¹. O volume de injeção foi de 1 µL e o split 1/50. A identificação das substâncias deu-se por comparação com uma mistura padrão de ácidos graxos esterificados SUPELCO 37, utilizando o software GC Solution.

Análise estatística

O experimento foi realizado em três repetições e os dados foram interpretados por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o Programa Sisvar versão 5.3 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obtenção das amêndoas de cupuaçu

Acompanharam-se todas as etapas do beneficiamento do cupuaçu antes da obtenção das sementes. Coletaram-se os dados dos percentuais dos produtos e coprodutos processados em relação ao fruto integral.

Com os dados obtidos nas etapas de beneficiamento do cupuaçu, alcançaram-se valores médios de 144 kg (100%) de frutos recebidos e encaminhados para beneficiamento, obtendo-se 49,81 kg (34,50%) de polpa, 31,61 kg (22%) de amêndoas e 62,58 kg (43,50%) de casca. Rocha *et al.* (2008), em seu estudo, obtiveram valores de polpa (37,2%) e de amêndoas (11,4%). Mares, Quaresma e Lima (2020) descreveram volumes de polpa (38%) e casca (43%) próximos aos encontrados no presente estudo; entretanto, os autores encontraram menor quantidade de sementes (17%). Souza *et al.* (2020) identificaram uma proporção de 37,3% correspondente ao epicarpo (casca), seguido de 36,4% de mesocarpo (polpa) e 22,6% de endocarpo (sementes).

Secagem das amêndoas de cupuaçu

De aproximadamente 4,21 kg de amêndoas de cupuaçu para cada repetição, foram obtidos 3,48 kg de produto após a secagem natural e 3,59 kg após a secagem em estufa. Na liofilização, o peso inicial foi de 4,23 kg e, após o processo, 3,58 kg.

Observou-se que as amêndoas submetidas ao processo de criosecação (liofilização) mantiveram a coloração mais clara quando comparadas às amêndoas dos outros dois tratamentos de secagem, nos quais foi utilizado calor.

Análises físico-químicas das amêndoas de cupuaçu

Em virtude dos tratamentos de secagem aplicados às amêndoas de cupuaçu, em comparação com as amêndoas *in natura*, observou-se que os teores de cinzas, lipídeos, proteínas e

umidade apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Demonstrativo dos resultados das análises físico-químicas das amêndoas de cupuaçu

Tratamentos	Cinzas (%)	Lipídeos (%)	Proteína (%)	Umidade (%)
NA	0,29±0,15 ^b	16,29±0,40 ^d	4,50±0,27 ^d	32,43±0,4 ^a
SE	2,65±0,11 ^a	35,83±0,53 ^a	7,59±0,33 ^a	1,83±0,09 ^b
SN	2,62±0,09 ^a	31,43±0,34 ^c	7,12±0,43 ^b	1,91±0,46 ^b
LF	2,76±0,09 ^a	32,78±0,61 ^b	6,56±0,17 ^c	0,10±0,01 ^c

Legenda: NA: Amêndoas de cupuaçu *in natura*; SE: Amêndoas de cupuaçu secas em estufa; SN: Amêndoas de cupuaçu secas naturalmente (secagem ao sol); LF: Amêndoas de cupuaçu secas pela liofilização. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Foi observado menor teor de cinzas nas amêndoas frescas de cupuaçu (NA), uma vez que as amêndoas desse tratamento continham uma quantidade baixa relativamente de resíduos inorgânicos, explicada pela alta umidade presente nas amêndoas. Por outro lado, ao comparar o tratamento NA com os tratamentos SE, SN e LF, nota-se que estes últimos exibiram teores de cinzas significativamente mais elevados.

Os resultados referentes aos lipídeos apresentaram diferenças entre os tratamentos. O tratamento SE se destacou ao apresentar maior teor de lipídeos ($p < 0,05$), registrando uma concentração significativa de gorduras nas amêndoas, atingindo 35,83%. Os tratamentos SN e LF também exibiram teores substanciais de lipídeos, com valores de 31,43% e 32,78%, respectivamente. Essa diferença marcante em relação aos outros tratamentos demonstra uma variabilidade na composição lipídica das amêndoas de cupuaçu entre os diferentes tratamentos utilizados no estudo. Essas discrepâncias nos teores de lipídeos podem ser influenciadas por diversos fatores, como condições de cultivo das plantas, características genéticas das amêndoas e métodos de processamento. A compreensão dessas variações é fundamental, uma vez que os lipídeos são componentes importantes das amêndoas de cupuaçu e têm relevância em várias aplicações, incluindo a indústria de alimentos e a produção de cosméticos.

Com relação aos teores de proteína, os resultados demonstraram variações significativas entre os tratamentos. O tratamento SE se destacou ao apresentar o mais elevado teor de proteína, alcançando 7,59%. Da mesma forma, os tratamentos SN e LF também exibiram teores consideráveis de proteína, registrando valores de 7,12% e 6,56%, respectivamente. Esses resultados sugerem que as sementes submetidas a esses tratamentos continham quantidades significativas de proteína, embora ligeiramente menores em

comparação ao tratamento SE. Por outro lado, o tratamento NA revelou o menor teor de proteína, com somente 4,50%. Essa diferença em relação aos outros tratamentos indica que as técnicas de secagem influenciaram a composição das amêndoas de cupuaçu.

Para o parâmetro de umidade, o tratamento denominado NA apresentou o maior valor, atingindo 32,43%. Isso se deve ao fato de que esse tratamento envolve a análise de amêndoas *in natura*, ou seja, amêndoas não processadas ou submetidas a nenhum procedimento de secagem. Como resultado, as amêndoas *in natura* mantêm sua umidade original, resultando em um teor de umidade mais elevado em comparação com os outros tratamentos. Por outro lado, os tratamentos SE, SN e LF apresentaram teores de umidade significativamente menores ($p < 0,05$) em relação ao NA, registrando 1,83%, 1,91% e 0,10%, respectivamente. A diferença nos teores de umidade entre esses tratamentos pode ser explicada pela natureza dos processos envolvidos em cada um deles. No caso do tratamento LF, que registrou o teor mais baixo de umidade (0,10%), isso pode ser explicado pelo uso da liofilização. Enquanto o tratamento NA preserva a umidade natural das amêndoas, os tratamentos SE, SN e LF reduzem a umidade por meio de processamentos específicos.

No tratamento NA, o teor de umidade encontrado neste estudo ficou abaixo dos resultados obtidos por Costa *et al.* (2022), que registraram um teor de umidade de 54%. Além disso, o teor de cinzas apresentado neste estudo foi de 0,29%, inferior ao valor de 1,30% relatado por Costa *et al.* (2022). No entanto, os valores de lipídeos e proteínas encontrados no presente estudo foram notavelmente superiores aos valores apresentados por Costa *et al.* (2022). O teor de lipídeos foi de 16,29%, enquanto o teor de proteínas foi de 4,50%. Esses resultados indicam uma diferença significativa em relação aos dados anteriores, sugerindo que o tratamento NA pode ter impactado positivamente na concentração desses componentes na semente de cupuaçu em comparação com o estudo anterior de Costa *et al.* (2022).

O trabalho obteve resultados para os teores de proteínas próximos aos de Pugliese *et al.* (2013), que registraram 4,30%. O valor do teor de cinzas ficou abaixo do que o autor obteve (1,46%). O presente trabalho encontrou valores inferiores nos teores de lipídeos e umidade (16,29% e 32,43%, respectivamente) em comparação com Pugliese *et al.* (2013), que encontraram 22% e 53%, respectivamente.

Para os tratamentos SE, SN e LF, as sementes foram analisadas após procedimentos de secagem. Pereira *et al.* (2018) encontraram para os teores de cinzas, lipídeos, proteínas e umidade 3,65%, 28,78%, 10,38% e 3,98%, respectivamente. Comparando os resultados de Pereira *et al.* (2018) com os resultados deste estudo, notam-se valores maiores para lipídeos, valores aproximados para teor de cinzas e teores menores para proteínas e umidade. Santos Filho e Toro (2020), ao utilizar amêndoas sem películas (casca), encontraram maiores valores de cinzas, valores

aproximados para lipídeos e inferiores para proteínas e umidade. Já Silva e Farias (2018) encontraram resultados de 3,66% para cinzas e 2,65% para umidade, valores próximos aos encontrados neste estudo para os teores de cinzas, enquanto para o teor de umidade aproximaram-se dos tratamentos SE e SN. Para valores de proteínas, os resultados encontrados por Silva e Farias (2018) ficaram acima, e para lipídeos, os valores encontrados por estes ficaram abaixo. Franklin e Nascimento (2020) encontraram os seguintes valores para a semente de cupuaçu: 6,57% de proteínas, 22,00% de lipídeos e 1,46% de cinzas.

Avaliação das gorduras de cupuaçu

A acidez na gordura de cupuaçu é um parâmetro importante que indica a quantidade de ácidos graxos livres presentes no produto. A formação desses compostos decorre da hidrólise parcial dos triacilgliceróis. A acidez é medida em porcentagem de ácido oleico e influencia diretamente na qualidade da gordura. Quanto maior for a acidez, maior a deterioração do óleo e menor sua vida útil. Uma baixa acidez na gordura de cupuaçu é desejável, pois indica que o produto está em boas condições, com menor presença de ácidos graxos livres resultantes da oxidação.

É evidente que os procedimentos de secagem tiveram um impacto significativo nos níveis de acidez das gorduras (Tabela 2). As gorduras extraídas de amêndoas submetidas à secagem em estufas e liofilização exibiram valores de acidez inferiores em comparação com a gordura obtida a partir de amêndoas secas de maneira natural.

Tabela 2 – Demonstrativo dos resultados das análises físico-químicas das gorduras de cupuaçu.

Tratamentos	Determinação de Acidez (%)	Índice de Iodo (I2/100 g)	Determinação do Índice de Peróxido (mEq/Kg)
MSE	0,60±0,03 ^b	43,68±4,23 ^a	1,51±0,50 ^a
MSN	1,05±0,04 ^a	41,73±9,08 ^a	1,44±0,57 ^a
MLF	0,29±0,01 ^c	49,70±8,82 ^a	1,60±0,34 ^a

Legenda: MSE: Gordura de amêndoa de cupuaçu secas em estufa; MSN: Gordura de amêndoa de cupuaçu secas naturalmente (secas ao sol); MLF: Gordura de amêndoa de cupuaçu secas pela liofilização. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

O valor de acidez de 1,6%, conforme descrito por Tavares (2022), é superior aos níveis de acidez encontrados nos tratamentos MSN, MSE e MLF, os quais totalizaram 1,05%, 0,60% e 0,29%, respectivamente. É importante destacar que esses valores estão abaixo do observado no estudo conduzido pelo próprio Tavares (2022).

O limite estabelecido para o índice de acidez, regulamentado pelo *Codex Alimentarium Commission* (2021) e pela IN n.º 87 (Brasil, 2021) para óleos e gorduras prensados a frio e não refinados, é de no máximo 4,0 mg de KOH/g, equivalendo a 2,0% de ácido oleico. Portanto, os valores encontrados no presente estudo estão em conformidade com a legislação. Por outro lado, valores superiores foram reportados por Jorge, Oliveira e Luzia (2021), que encontraram 15,04 mg de KOH/g.

O índice de iodo mede o grau de insaturação de um óleo ou gordura, sendo que maiores valores indicam maior quantidade de ácidos graxos insaturados. Os resultados encontrados para as gorduras de cupuaçu neste estudo não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), com valores de 41,73% (MSN), 43,68% (MSE) e 49,70% (MLF). Esses índices elevados indicam uma quantidade significativa de insaturações, o que também aponta para uma maior predisposição à oxidação lipídica.

Jorge, Oliveira e Luzia (2021) identificaram um índice de iodo de 61,02% na manteiga de cupuaçu, enquanto Silva (2018) relatou um valor próximo, alcançando 67,53%. Ambos os valores são superiores aos encontrados nos tratamentos analisados no presente estudo.

O índice de peróxidos é utilizado como parâmetro de qualidade para avaliar a formação de produtos primários da oxidação em óleos e gorduras. O *Codex Alimentarium Commission* (2021) estabelece como limite máximo para óleos virgens ou prensados a frio o valor de 15 meq/kg. No presente estudo, os valores encontrados para o índice de peróxidos não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos, sendo 1,44 meq/kg (MSN), 1,51 meq/kg (MSE) e 1,60 meq/kg (MLF). Esses valores estão abaixo do limite estabelecido pelo *Codex Alimentarium Commission* (2021).

Tavares (2022) encontrou um valor de 1,55 meq/kg para o índice de peróxidos, próximo ao encontrado neste estudo. Já Jorge, Oliveira e Luzia (2021) reportaram um valor elevado de 11,63 meq/kg, contrastando com os resultados obtidos. Silva (2018), por sua vez, registrou 3,87 meq/kg, enquanto Singh (2015), ao estudar óleos de frutos amazônicos, encontrou índices elevados, como 59,31 meq/kg para o óleo da polpa de bacabá, devido à maior exposição da polpa à luz, temperatura e oxigênio, fatores que aceleram a oxidação.

Altos índices de peróxidos indicam exposição à oxidação durante o processamento, extração ou armazenamento. Entretanto, baixos níveis de peróxidos não garantem estabilidade oxidativa, já que esses compostos podem se degradar ao longo do tempo (Jorge; Oliveira; Luzia, 2021).

Comparando os resultados obtidos para os tratamentos MSE, MSN e MLF com os parâmetros recomendados pelo *Codex Alimentarium Commission* (2021) e pela IN n.º 87 (Brasil, 2021), os dados indicam que as gorduras extraídas das sementes de cupuaçu estão em bom estado de conservação. Isso demonstra

que os processos de secagem e extração do óleo foram eficazes, causando poucos danos relacionados à oxidação.

Avaliação dos perfis dos ácidos graxos

As gorduras de cupuaçu foram analisadas após passarem por diferentes processos de secagem das amêndoas, nomeadamente MSE, MSN e MLF, visando identificar seus perfis de ácidos graxos (Tabela 3).

Tabela 3 – Composição em ácidos graxos das gorduras de cupuaçu submetidas aos diversos tratamentos de secagem das amêndoas.

Tratamentos	Palmítico (%) (C16:0)	Estearico (%) (C18:0)	Oleico (%) (C18:1)	Araquídico (%) (C20:0)
MSE	19,04±0,45 ^a	40,32±0,09 ^b	37,33±0,49 ^b	3,32±0,13 ^a
MSN	18,59±0,13 ^a	45,75±0,38 ^a	32,92±0,14 ^c	2,75±0,08 ^b
MLF	18,80±0,18 ^a	33,42±0,58 ^c	44,26±0,37 ^a	3,56±0,08 ^a

Legenda: MSE: Gordura de amêndoa de cupuaçu secas em estufa; MSN: Gordura de amêndoa de cupuaçu secas naturalmente (secas ao sol); MLF: Gordura de amêndoa de cupuaçu secas pela liofilização. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

A gordura de cupuaçu obtida a partir das amêndoas sujeitas a diferentes tratamentos de secagem, MSE, MSN e MLF, apresentou os seguintes teores de ácido palmítico (C16:0): 19,04%, 18,59% e 18,80%, respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas entre esses valores conforme teste de Tukey ($p > 0,05$). No que diz respeito ao ácido esteárico (C18:0), observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos, com valores de 40,32% para MSE, 45,75% para MSN e 33,42% para MLF. Quanto ao ácido oleico (C18:1), os resultados foram os seguintes: MSE (37,33%), MSN (32,92%) e MLF (44,26%). O teor elevado de ácido oleico no tratamento MLF, que atingiu 44,26%, pode ser explicado pelo fato de que, entre os três tratamentos, esse foi o único que não envolveu o uso de calor na secagem. Isso se deve ao fato de que ácidos insaturados tendem a oxidar quando expostos a altas temperaturas por longos períodos, o que não ocorreu neste tratamento. Em relação ao ácido araquídico, os tratamentos MSE, MSN e MLF apresentaram teores de 3,32%, 2,75% e 3,56%, respectivamente. Houve diferenças significativas entre o tratamento MSN em comparação com MSE e MLF.

Os principais ácidos graxos encontrados na gordura de cupuaçu, segundo Silva (2018), foram o ácido oleico (47,66%), esteárico (24,21%) e palmítico (10,02%). Houve algumas diferenças na composição dos ácidos graxos da gordura de cupuaçu em comparação com os resultados obtidos por Alviárez *et al.* (2016), que encontraram como principais ácidos graxos o

ácido oleico (42,20%), esteárico (32,90%), araquídico (9,80%) e palmítico (7,80%). Também há diferenças em relação aos resultados apresentados por Gilbert-Escrivá (2002), que obteve como principais ácidos graxos o ácido oleico (42,0%), esteárico (34,6%), araquídico (9,9%) e palmítico (8,5%).

O ácido oleico oferece diversos benefícios à saúde, como a redução dos níveis de colesterol, diminuição do risco de aterosclerose, redução da resposta imunológica contra enxertos, controle da pressão arterial, diminuição do uso de medicamentos diários para hipertensão e efeitos anti-inflamatórios em doenças autoimunes. O ácido oleico, apesar de sua importância, não é considerado um ácido graxo essencial, pois o organismo possui enzimas que podem converter o ácido esteárico em ácido oleico, ao contrário do ácido linoleico e alfa-linolênico (Ayres, 2019).

CONCLUSÃO

Os diversos métodos de secagem das amêndoas não tiveram impacto na qualidade da gordura de cupuaçu. As gorduras obtidas por meio das metodologias de secagem SE, SN e LF não apresentaram diferenças significativas em termos de qualidade.

A diferença encontrada nos resultados das análises físico-químicas das amêndoas de cupuaçu entre os diferentes tratamentos de secagem (SE, SN, LF) pode ser atribuída a uma variedade de fatores. Desconsiderando as condições agronômicas que podem influenciar essas variações, como o solo, a adubação, a poda, entre outros, é importante destacar que os fatores relacionados ao processo de pós-colheita dos frutos e às condições de armazenamento das amêndoas desempenharam um papel determinante na variação dos teores de lipídeos e proteínas. As diferenças nos teores de umidade das amêndoas se deram basicamente pelo tratamento de secagem ao qual foram expostas, sendo a liofilização a mais eficiente dentre os tratamentos.

Os elevados teores de ácidos graxos esteárico e oleico fazem da gordura de cupuaçu um ingrediente altamente versátil na indústria alimentícia. Essa gordura encontra aplicações em diversos setores, incluindo a produção de blends de margarina, na fabricação de chocolates, na panificação e em outras áreas da indústria alimentícia.

REFERÊNCIAS

ALVIÁREZ, G.; MURILLO, A.; MURILLO, P.; ROJANO, B. A.; MÉNDEZ, A. *Caracterización y extracción lipídica de las semillas del cacao amazónico (Theobroma grandiflorum)*. *Ciencia en desarrollo*, v. 7, n. 1, p. 103-109, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). *Official methods of analysis*. 19 ed. 2012. 3000p.

AUED-PIMENTEL, S.; ZENEBON, O. Lipídios totais e ácidos graxos na informação nutricional do rótulo dos alimentos embalados: aspectos sobre legislação e quantificação. *Revista Instituto Adolfo Lutz*. [S. l.], v. 68, n. 2, p. 167-181, 2009.

AYRES, W. B. **Modificações estruturais e reológicas em chocolate amargo devido à alteração do tipo de gordura utilizada**. 2019. 106 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

AZEVEDO, A. B. A. de.; KOPCAK, U.; MOHAMED, R. S. *Extraction of fat from fermented Cupuaçu seeds with supercritical solvents*. *Journal of Supercritical Fluids*. [S. l.], v. 27, n. 2, p. 223-237, out. 2003.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. *A rapid method of total lipid extraction and purification*. *Can. J. Biochem. Physiol.*, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa n.º 87 de 15 de março de 2021. Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 de março de 2021.

CODEX ALIMENTARIUS STANDARD FOR OLIVE OILS AND OLIVE POMACE OILS CXS 33-1981, 2021, disponível em: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B33-1981%252FCXS_033e.pdf, acesso em: 15 de junho de 2023.

COSTA, C. M. da; SILVA, K. A. da; SANTOS, I. L.; YAMAGUCHI, K. K. de L. Aproveitamento integral do cupuaçu na área de panificação. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 5, e34711528176, abr. 2022.

FERREIRA, D.F. SISVAR: *A computer statistical analysis system*. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, Minas Gerais, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FRANKLIN, B.; NASCIMENTO, F. das C. A. do Plantas para o futuro: compilação de dados de composição nutricional do araçá-boi, buriti, cupuaçu, murici e pupunha. *Braz. J. of Development*, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 10174-10189, mar. 2020.

GILBERT-ESCRIVÁ, M. V. **Caracterização e seleção de gorduras de sementes do gênero Theobroma para aplicação tecnológica**. 2002. 218 f. Tese (Doutorado em Tecnologia

de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

JORGE, N.; OLIVEIRA, M. V. de; LUZIA, D. M. M. Caracterização físico-química de manteigas de frutos amazônicos. **ForScience**, Formiga, v. 9, n. 2, e00979, jul./dez. 2021.

MARES, F. M.; QUARESMA, D. P. F.; LIMA, R. B. Reaproveitamento de Sementes de Cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*): Um Estudo de Caso em uma Cooperativa Agrícola na Amazônia paraense. **Revista Gestão em Conhecimento**, v. 5, n. 5, 16 p., 2020.

MEDEIROS, M. L.; AYROSA, A. M. I. B.; PITOMBO, R. N. de M.; LANNES, S. C. da S. *Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products*. **Journal of Food Engineering**. [S. l.], v. 73, p. 402-406, 2006.

NASCIMENTO, F. C. da C.; SOUZA, J. M. L. de; YOMURA, R. B. T.; VASCONCELOS, M. A. M. de; NASCIMENTO, M. M. do. Estabilidade da torta parcialmente desengordurada de amêndoas despêculadas de cupuaçu. In: SEMINÁRIO DA EMBRAPA ACRE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO, 2., 2019, Rio Branco, AC. **A Contribuição da ciência para a agropecuária no Acre: Anais**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2020. p. 59-63.

OLIVEIRA, T. B. de; GENOVESE, M. I.; *Chemical composition of cupuassu (Theobroma grandiflorum) and cocoa (Theobroma cacao) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats*. **Food Research International**. [S. l.], v. 51, n. 2, p. 929-935, mai. 2013.

PEREIRA, A. L. F.; ABREU, V. K. G.; RODRIGUES, S. Cupuassu – *Theobroma grandiflorum*, In: RODRIGUES, S.; SILVA, E. de O.; BRITO, E. S. de (ed.). **Exotic Fruits: Reference Guide**, [S. l.], 1 ed., Academic Press, 2018, p. 159-162.

PUGLIESE, A. G.; TOMAS-BARBERAN, F. A.; TRUCHADO, P.; GENOVESE, M. I. *Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of Theobroma grandiflorum (Cupuassu) Pulp and Seeds*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 61, n. 11, p. 2720-2728, 2013.

QUAST, L. B.; LUCCAS, V.; KIECKBUSCH, T. G. *Physical properties of pre-crystallized mixtures of cocoa butter and cupuassu fat*. **Grasas y Aceites**. [S. l.], v. 62, n. 1, p. 62-67, jan./mar. 2011.

SALGADO, J. M.; RODRIGUES, B. S.; DONADO-PESTANA, C. M.; DIAS, C. T. dos S.; MORZELLE, M. C. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) peel as potential source of dietary fiber and phytochemicals in whole-bread preparations. **Plant Foods for Human Nutrition**, [S. l.], v. 66, p. 384-390, set. 2011.

SANTOS FILHO, A. F.; TORO, M. J. U. Estudo bioquímico da fermentação do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). **Cientific@ - Multidisciplinary Journal**, [S. l.], v. 7, n. 2, dez. 2020.

SILVA, A. do S. S. da; FARIAS, L. F. Elaboração da farinha à base da amêndoa do cupuaçu *Theobroma grandiflorum* Schum. **Rev. Arq. Científicos (IMMES)**, Macapá, v. 1, n. 1, p. 36-42, 2018.

SILVA, D. A. **Interesterificação enzimática de óleo de praxi, gordura de cupuaçu e estearina de palma: obtenção de gorduras especiais para aplicação na indústria alimentícia**. 2018. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

SILVA, J. de L. da; DURIGAN, M. F. B.; CARVALHO, G. F. Métodos para extração de óleo das sementes da *Theobroma grandiflorum* como oportunidade a agroindústria familiar. **Revista Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 266-277, dez. 2018.

SILVA, L. S. da; PIERRE, F. C. Aplicabilidade do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (willd. Ex spreng.) Schum.) Em produtos e subprodutos processados. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 19-33, abr. 2021.

SINGH, T. C. **Avaliação dos parâmetros físico-químicos e estabilidade de compostos bioativos em óleos de polpa e amêndoa de frutos amazônicos**. 2015. 158 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 158 p., 2015.

SOUZA, A. das G. C. Boas Práticas Agrícolas da Cultura do Cupuaçuzeiro, Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental**, 2007. 60 p.

SOUZA, J. M.; ROCHA, J. M.; CARTAXO, C. B.; Vasconcelos, M. A.; Álvares, V. S.; Nascimento, M. M.; YOMURA, R. T. B.; KAEFER, S. *Monitoring and optimization of cupuaçu seed fermentation, drying and storage processes*. **Microorganisms**, v. 8, n. 9, p. 1314, 2020.

TAVARES, T. R. **Efeito da pré-gelatinização da proteína de ervilha nas propriedades físico-químicas de encapsulados de óleo de cupuaçu (Theobroma grandiflorum)**. 2022, 71 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Trópico Úmido) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2022.

ZENEBO, O. PASCUET, N. S., TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1000 p., 2008.