



PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E POTENCIAL TECNOLÓGICO DA MANTEIGA DE CUPUAÇU NA VALORIZAÇÃO DA BIODIVERSIDADE AMAZÔNICA

Ana Alice Q. Dias^{1,2}, Flávia da S. Farias^{2,3}, Rafaela O. Pinheiro³, Cláudio Moisés. F. de Sá^{1,2}, Edcarlos V. Carvalho^{2,3}, Bárbara M. Borges^{2,4}, Juliana C. Valente^{1,2}, Ricardo C. Rodrigues⁵, Raiomar R. Fonseca⁵, Carla Carolina F. Meneses^{2,4}, Cláudio N. Alves^{1,2,3,4}

¹Faculdade de Química, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil.

²Laboratório de Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação Profissional em Ciências e Meio Ambiente; Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil.

⁴Programa de Pós-Graduação em Química Medicinal e Modelagem Molecular, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brasil.

⁵Centro de Estudos Superiores de Parintins, Universidade do Estado do Amazonas, Parintins-AM, Brasil.

ana.queiroz@icen.ufpa.br

Palavras-Chave: Amazônia, cupuaçu, aplicações alimentícias

Introdução

A Amazônia apresenta uma das maiores biodiversidades do planeta, constituindo uma importante fonte de recursos naturais com elevado potencial para aplicações alimentícias, farmacêuticas e industriais. Entre as espécies de destaque da região, o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) tem despertado crescente interesse devido ao aproveitamento integral de seus frutos, especialmente das sementes, que podem ser utilizadas na produção de manteiga com elevado valor nutricional e tecnológico (ATAPATTU *et al.*, 2025; BEZERRA, JAQUELINE DE ARAÚJO *et al.*, 2024).

O desenvolvimento de processos para obtenção de produtos derivados da biomassa amazônica deve priorizar métodos ambientalmente sustentáveis e tecnologias limpas, visando minimizar impactos ambientais e promover o uso racional dos recursos naturais. Nesse contexto, a produção de manteiga de cupuaçu por processos de extração ambientalmente amigáveis representa uma alternativa promissora para agregação de valor aos resíduos agroindustriais e fortalecimento da bioeconomia regional (ATAPATTU *et al.*, 2025).

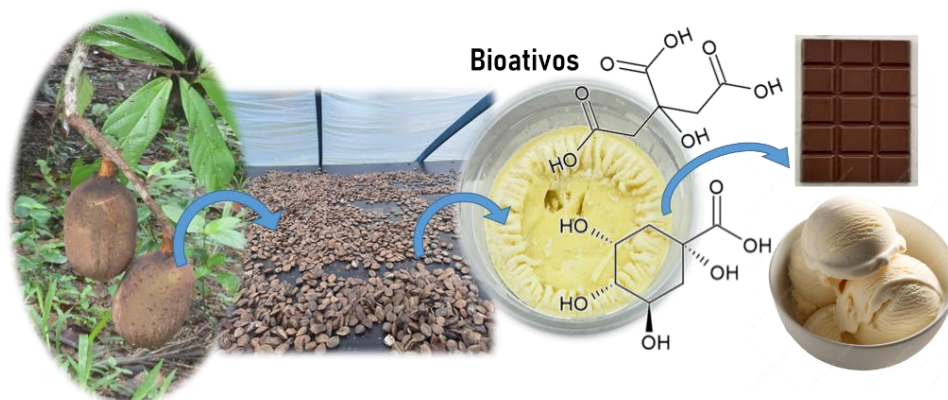
Em adição, métodos analíticos aplicados à caracterização e autenticação desses produtos desempenham papel fundamental na garantia da qualidade e segurança dos alimentos. Dessa forma, pesquisas voltadas ao aproveitamento das sementes de cupuaçu contribuem para o desenvolvimento de produtos com características nutricionais e funcionais relevantes, alinhados aos princípios de sustentabilidade e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS (ATAPATTU *et al.*, 2025; BEZERRA, JAQUELINE DE ARAÚJO *et al.*, 2024; DA SILVA *et al.*, 2023).

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) é uma espécie amazônica amplamente valorizada pelo potencial alimentar e industrial de seus frutos, que apresentam polpa utilizada na produção de bebidas, sorvetes, geleias, cremes e derivados como o cupulate (Figura 1). O fruto contém entre 20 e 50 sementes, que também possuem elevado potencial para obtenção de manteiga rica em lipídios (BEZERRA, CAROLINA VIEIRA *et al.*, 2017; BEZERRA, JAQUELINE DE ARAÚJO *et al.*, 2024).

Durante o processamento das sementes, ocorrem alterações semelhantes às observadas no cacau, como redução da umidade e dos carboidratos, aumento do teor lipídico e diminuição dos compostos fenólicos. Além disso, devido ao seu conteúdo de fibras alimentares, polifenóis e compostos bioativos, o cupuaçu é considerado um alimento funcional com potencial benefício à saúde e elevado valor agregado para aplicações alimentícias e industriais.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi extrair manteiga de cupuaçu a partir de sementes provenientes de uma biorrefinaria sustentável e estabelecer um protocolo de controle de qualidade para sua caracterização. A manteiga obtida por prensagem mecânica a frio, sem utilização de solventes orgânicos, foi avaliada quanto às suas propriedades físico-químicas, nutricionais e estruturais por meio de técnicas espectroscópicas (FTIR e Raman), visando determinar sua qualidade e potencial de aplicação industrial.

Figura 1 – Ilustração do aproveitamento do fruto de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) para obtenção da manteiga e suas potenciais aplicações industriais, incluindo produtos alimentícios como chocolates e sorvetes.



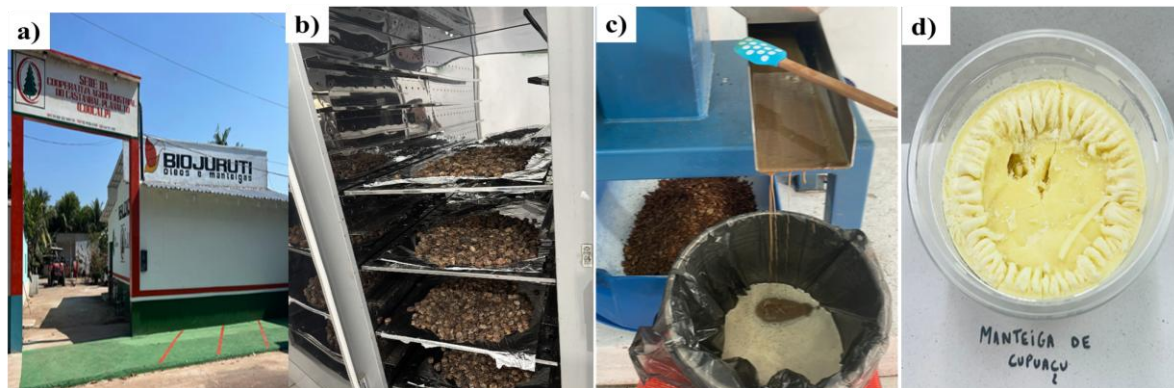
Fonte: adaptado de (BEZERRA, JAQUELINE DE ARAÚJO *et al.*, 2024).

Material e Métodos

Sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) provenientes da biorrefinaria BioJuruti do município de Juruti-PA (2°14'03" S, 55°51'40" W) foram utilizadas para a obtenção da manteiga (Figura 2a). Inicialmente, 30 sementes foram selecionadas para determinação dos diâmetros horizontal e vertical por meio de paquímetro digital (*Vonder*). Posteriormente, as sementes foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 48 °C por período previamente estabelecido (Figura 2b). A extração da manteiga foi realizada por prensagem mecânica a frio em prensa modelo ERT 60 (*Scott Tech*), utilizando sistema de rosca sem-fim para compressão da matéria-prima e obtenção da fração lipídica (Figura 2c). A manteiga bruta obtida foi submetida à filtração a vácuo em filtro-prensa modelo FP150-N2 (*Scott Tech*) para remoção de impurezas e homogeneização do produto (Figura 2d).



Figura 2 – Etapas da obtenção da manteiga de sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*): (a) sementes; (b) secagem; (c) extração por prensagem mecânica a frio; e (d) filtração a vácuo da manteiga obtida.



Fonte: LRNSA, 2025.

As análises físico-químicas foram realizadas conforme metodologias padronizadas da AOCS (AOCS, 2009). A densidade foi determinada utilizando picnômetro a 20 °C, seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (ADOLFO LUTZ, 2008). O índice de refração foi obtido em refratômetro ABBE (modelo 2WAJ, ATTO), conforme o método Cc 7-25 da AOCS. O índice de acidez foi determinado por titulação com solução de NaOH 0,1 N, utilizando etanol 95% e fenolftaleína como indicador, enquanto os ácidos graxos livres (AGL) foram expressos em percentual de ácido oleico, conforme o método Cd 3d-63 da AOCS. O índice de saponificação foi determinado por titulação após reação com solução de KOH, segundo o método Cd 3c-91, e o índice de peróxido foi obtido por titulação com tiosulfato de sódio, conforme o método Cd 8b-90 da AOCS (2009).

As análises espectroscópicas foram realizadas por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) em equipamento *Bruker Vertex 70v* equipado com acessório ATR, na faixa de 4000-400 cm^{-1} , resolução de 4 cm^{-1} e 32 varreduras. Complementarmente, análises Raman foram conduzidas em espectrômetro portátil utilizando laser de 785 nm, faixa espectral de 200-3200 cm^{-1} , resolução aproximada de 5 cm^{-1} , tempo de integração de 30.000 ms e potência de laser de 30%, empregando alíquotas de 3 mL por amostra. Todas as análises foram realizadas em triplicata ($n = 3$), sendo os resultados expressos como média $\pm$ desvio padrão. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$), utilizando o software *MINITAB* versão 11.

Resultados e Discussão

A manteiga de cupuaçu extraída apresentou características físico-químicas compatíveis com aquelas descritas na literatura para manteigas vegetais amazônicas (BEZERRA, JAQUELINE DE ARAÚJO *et al.*, 2024). Em relação aos aspectos sensoriais, a amostra apresentou coloração amarela, odor característico e aparência sólida tanto após 72 h quanto após 12 meses de armazenamento, indicando boa estabilidade física do material. Essas características são semelhantes às observadas para outras manteigas vegetais, como a manteiga de bacuri, descrita por Feitosa *et al.*, que também apresenta odor característico e consistência cremosa, reforçando a similaridade entre lipídios extraídos de frutos amazônicos (FEITOSA *et al.*, 2021).

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos e características da manteiga de cupuaçu.

Parâmetros	Literaturas			
	Até 72h	Jorge et al. 2021 (Cupuaçu)	Jorge et al. 2021 ^a (Cacau)	Feitosa ¹ et al. 2021 ^b (Bacuri)
Cor (25 °C)	Amarelo	-	-	Marrom
Odor (25 °C)	Característico	-	-	Característico
Aparência	Sólido	-	-	Creme macio
Índice de Acidez (mg KOH/g)	1,48 ± 0,19	15,04 ± 0,02	5,95 ± 0,04	15,86 ± 1,66
AGL (% oleico)	0,74 ± 0,09	7,56 ± 0,02	2,99 ± 0,04	-
Índice de peróxido (meq/kg)	3,87 ± 0,06	11,63 ± 0,11	0,21 ± 0,01	9,30 ± 1,15
Índice de saponificação (mg KOH/g)	193,72 ± 0,00	191,68 ± 0,01	195,86 ± 0,05	297,12 ± 0,28
Índice de refração (40°C)	1,463	1,457 ± 0,00	1,458 ± 0,00	-
Densidade (g/cm ³)	0,90 ± 0,00	-	-	-

^a(JORGE; DE OLIVEIRA VIEIRA; LUZIA, 2021); ^b(FEITOSA et al., 2021).

O índice de acidez observado ($1,48 \pm 0,19$ mg KOH/g após 72 h da extração da manteiga) foi significativamente inferior aos valores reportados por *Jorge et al.* para manteiga de cupuaçu (15,04 mg KOH/g) e também inferior aos valores relatados para manteiga de cacau e bacuri (JORGE; DE OLIVEIRA VIEIRA; LUZIA, 2021). Valores reduzidos de acidez indicam baixa hidrólise de triacilgliceróis, sugerindo boa qualidade da matéria-prima e condições adequadas de processamento e armazenamento (SAKAINO *et al.*, 2022). Esse resultado também é corroborado pelo baixo teor de ácidos graxos livres (AGL), que variou de 0,74% (em ácido oleico), indicando reduzido grau de degradação lipídica (SAKAINO *et al.*, 2022).

O índice de peróxido, que indica o estágio inicial de oxidação lipídica, apresentou valor de 3,87 meq/kg após 72 h, inferior aos valores descritos na literatura para manteiga de cupuaçu e bacuri. Esse resultado sugere boa estabilidade oxidativa, possivelmente associada à presença de compostos antioxidantes naturais, como fenólicos e tocoferóis, frequentemente encontrados em manteigas vegetais amazônicas (CHINPRAHAST; SUWANNADATH; HOMJABOK, 2012; DA SILVA *et al.*, 2023).

O índice de saponificação obtido (193,72 mg KOH/g) foi semelhante aos valores reportados por *Jorge et al.* para manteiga de cupuaçu e manteiga de cacau, indicando composição lipídica dominada por triacilgliceróis com cadeias de tamanho comparável. Esse parâmetro está diretamente relacionado ao peso molecular médio dos ácidos graxos presentes na gordura (GUNSTONE; HARWOOD, 2007; LANNES; MEDEIROS; GIOIELLI, 2003).

Em adição, a refração e a densidade 1,463 densidade 0,90 g/cm³ estão de acordo com o relatado por Vasconcelos *et al.* 1975, para manteiga extraída das sementes de cupuaçu sem nenhum tratamento químico ou adição de conservantes (VASCONCELOS; SILVA; MAIA, 1975).

A composição centesimal evidenciou diferenças entre a manteiga de cupuaçu, seu resíduo e a manteiga de cacau. A manteiga apresentou baixo teor de umidade (1,93 g/100 g), inferior aos valores observados para a manteiga de cacau e o resíduo de cupuaçu, característica



associada à extração lipídica por prensagem. Além disso, o baixo teor de cinzas (0,85 g/100 g) indica menor concentração de minerais na fração lipídica purificada.

Tabela 2 – Composição centesimal da manteiga e do resíduo de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em comparação com a manteiga de cacau (*Theobroma cacao*).

Componente	Composição centesimal (g/100g)		
	Cupuaçu manteiga estudada	Cupuaçu resíduo	Cacau manteiga ^a
Umidade	1,93 ± 0,72	7,25 ± 0,20	5,68 ± 0,05
Cinzas	0,85 ± 0,05	4,29 ± 0,03	3,37 ± 0,10
Proteínas	0,40 ± 0,19	12,04 ± 0,05	16,00 ± 0,02
Lipídeos	39,33 ± 0,22	32,43 ± 0,11	52,49 ± 0,26
Carboidratos	57,5 ± 1,08	44,35 ± 0,35	20,29
Valor calórico Total	585,57 ± 1,58	518,79 ± 1,27	-

^a(PADILLA; LIENDO; QUINTANA, 2000).

FTIR e RAMAN espectroscopia

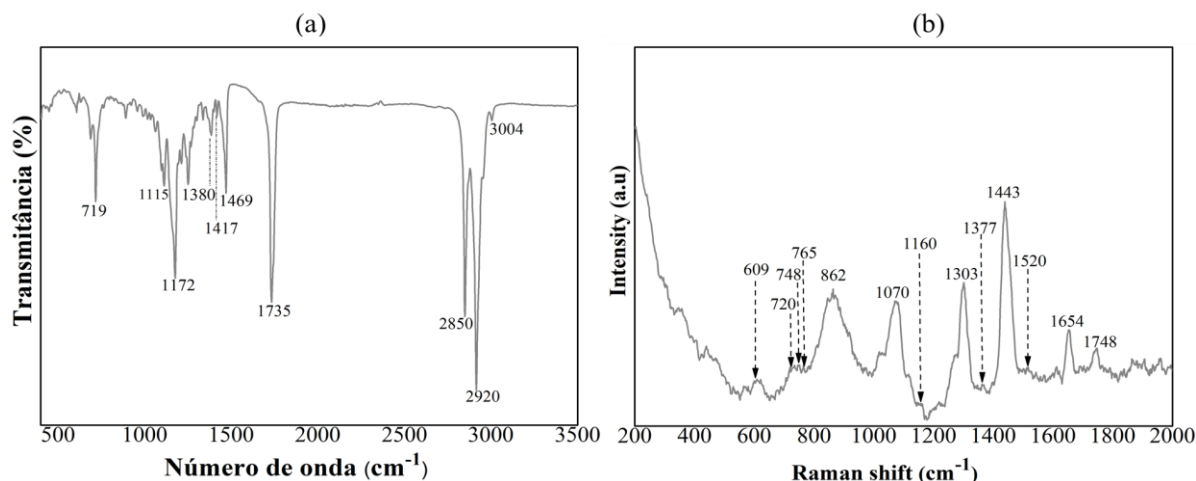
Na região de 2500-3500 cm⁻¹, foram observadas bandas características de vibrações C-H associadas à estrutura lipídica da manteiga, figura 3 (LIU *et al.*, 2023). A banda em 3004 cm⁻¹ indica a presença de ácidos graxos insaturados, enquanto as bandas em 2850 e 2920 cm⁻¹ são atribuídas aos grupos metileno (-CH₂-) presentes em cadeias alifáticas longas típicas de triacilgliceróis (CIUMAC *et al.*, 2017). Além disso, a banda intensa em 1735 cm⁻¹, relacionada ao estiramento da carbonila (νC=O) de ésteres, confirma a predominância de triacilgliceróis na amostra (STUART, 2007).

Na região intermediária, o pico em 1469 cm⁻¹ é associado à deformação angular (δ) dos grupos CH₂. A banda observada entre 1417-1413 cm⁻¹ pode estar relacionada a vibrações de deformação associadas ao esqueleto carbônico e, em sistemas lipídicos, é frequentemente atribuída a contribuições combinadas de grupos CH₂ e interações estruturais, mais do que especificamente a C-O-H livre, considerando que manteigas vegetais purificadas apresentam baixo teor de ácidos graxos livres (LEONARDI; DE ARAUZ; BARUQUE-RAMOS, 2019; STUART, 2007).

A banda em 1378-1380 cm⁻¹ corresponde à deformação simétrica (δs) de grupos CH₃ terminais das cadeias graxas (LEONARDI; DE ARAUZ; BARUQUE-RAMOS, 2019). Na região de baixa frequência, a banda em 720 cm⁻¹ é atribuída ao modo de balanço (*rocking*) dos grupos CH₂ e é característica de cadeias alifáticas longas com quatro ou mais unidades metilênicas consecutivas, confirmando a presença de ácidos graxos de cadeia longa típicos de manteigas vegetais (SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2019).



Figura 3 – Espectros de FTIR (2500-3500 e 1800-700 cm^{-1}) e Raman (200-2000 cm^{-1}) da manteiga de *Theobroma grandiflorum* (Juruti-PA).



Fonte: LRNSA, 2025.

O espectro Raman da manteiga de *Theobroma grandiflorum* na região de 200-2000 cm^{-1} (“*fingerprint*”) apresentou predominância de bandas associadas a cadeias alifáticas longas. A banda entre 1734-1744 cm^{-1} , atribuída ao estiramento da carbonila de éster $\nu(\text{C}=\text{O})$, confirma a predominância de triacilgliceróis na amostra (GÓMEZ-MASCARAQUE *et al.*, 2020). Variações na intensidade dessa banda podem estar relacionadas ao aumento de ácidos graxos livres e a processos de degradação ou oxidação lipídica (EL-ABASSY; DONFACK; MATERNY, 2009).

As bandas observadas em 1303 cm^{-1} e 1443 cm^{-1} são características de cadeias alifáticas longas presentes em triacilgliceróis. A banda em 1303 cm^{-1} é atribuída ao modo de torção (*twisting*) dos grupos metilênicos (CH_2), enquanto a banda em 1443 cm^{-1} corresponde à deformação angular $\delta(\text{CH}_2)$ (*scissoring*) das cadeias graxas (GALLIER *et al.*, 2011; SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2019). A banda em 1654 cm^{-1} corresponde ao estiramento $\nu(\text{C}=\text{C})$ de ácidos graxos *cis*-insaturados, sendo diretamente relacionada ao grau de insaturação da matriz lipídica (GALLIER *et al.*, 2011; M. EDWARDS *et al.*, 2005).

Bandas de baixa intensidade, observadas como ombros em 1520 cm^{-1} e 1160 cm^{-1} , são consistentes com os modos de estiramento $\nu(\text{C}=\text{C})$ e $\nu(\text{C}-\text{C})$ de cadeias poliênicas conjugadas, respectivamente (GALLIER *et al.*, 2011). Essas bandas podem indicar a presença de carotenoides residuais na amostra, compostos frequentemente encontrados em manteigas vegetais não refinadas (GALLIER *et al.*, 2011). Contudo, a banda em 1160 cm^{-1} também pode apresentar contribuição do estiramento $\nu(\text{C}-\text{O})$ de grupos éster presentes nos triacilgliceróis, devendo sua interpretação ser realizada com cautela (GALLIER *et al.*, 2011; SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2019).

Bandas de baixa intensidade em forma de ombro em 1160 cm^{-1} e 1520 cm^{-1} são compatíveis com modos $\nu(\text{C}-\text{C})$ e $\nu(\text{C}=\text{C})$ de sistemas polienos conjugados, sugerindo a presença de carotenoides residuais na amostra, compostos frequentemente encontrados em manteigas vegetais não refinadas (GALLIER *et al.*, 2011). Uma banda sutil em 1609 cm^{-1} pode estar associada a vibrações de sistemas conjugados ou a contribuições de compostos aromáticos minoritários da fração insaponificável (GALLIER *et al.*, 2011; M. EDWARDS *et al.*, 2005).



Na região de baixa frequência, as bandas em 862 cm^{-1} , bem como sinais em 765, 748 (ombro), 720 (ombro) e 609 cm^{-1} (larga), são atribuídas a modos de deformação fora do plano ($=\text{C-H}$), além de possíveis contribuições conformacionais dos triacilgliceróis (GALLIER *et al.*, 2011).

O espectro Raman da manteiga de *Theobroma grandiflorum* (Juruti-PA) apresenta perfil típico de matrizes lipídicas ricas em triacilgliceróis, semelhante ao observado para a manteiga de *Theobroma cacao* (EDWARDS *et al.*, 2005). De forma complementar, a análise por FTIR confirma essa similaridade, evidenciando bandas características de ésteres de triacilgliceróis mostradas por Suparman *et al.* (2015), como o estiramento $\nu(\text{C=O})$ em $1743\text{--}1745\text{ cm}^{-1}$, as vibrações alifáticas intensas em 2922 e 2852 cm^{-1} (νCH_2) e a banda em $\sim 3006\text{ cm}^{-1}$ atribuída ao estiramento $=\text{C-H}$ *cis* (SUPARMAN; RAHAYU; SUNDHANI, 2015). Também coincidem as deformações em 1458 e 1377 cm^{-1} e as bandas de estiramento C-O entre $1230\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$ (SUPARMAN; RAHAYU; SUNDHANI, 2015).

Conclusões

A manteiga de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) proveniente da BioJuruti em Juruti-PA apresentou elevada qualidade físico-química e estrutural, com potencial para aplicações alimentícias, cosméticas e farmacêuticas. Destacaram-se os baixos índices de acidez ($1,48 \pm 0,19\text{ mg KOH/g}$) e de ácidos graxos livres (0,74%), inferiores aos relatados para manteigas de cupuaçu, cacau e bacuri, indicando menor degradação lipídica e maior estabilidade. Além disso, o baixo teor de umidade ($1,93\text{ g/100 g}$) favorece a conservação do produto. As análises por FTIR e Raman confirmaram a predominância de triacilgliceróis, presença de ácidos graxos insaturados e compostos bioativos, demonstrando similaridade estrutural com a manteiga de cacau e reforçando seu potencial como matéria-prima de elevado valor agregado.

Agradecimentos

Agradecimentos à PROPESP/PIBIC/UFPA, PROEX/UFPA, CNPQ, Pró-Amazônia nº 444009/2024-8, Linha 2, FAPESPA nº 0025/2023 e 009/2022, SECTET, SEMAS-PA, LABNANO-AMAZON e LRNSA/UFPA pelo apoio e financiamento.

Referências

ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

AOCS. **Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists' Society: including additions and revisions**. AOCS Press, 2009. .

ATAPATTU, S. N. *et al.* Editorial on “The chemistry behind the new products derived from the biodiverse Amazon region” special issue. **Food Chemistry Advances**, 9 (10), 101186, 2025.

BEZERRA, C. V. *et al.* Technological properties of amazonian oils and fats and their applications in the food industry. **Food Chemistry**, 221, 1466–1473, 2017.

BEZERRA, J. de A. *et al.* “Cupuaçu” (*Theobroma grandiflorum*): A brief review on chemical and technological potential of this Amazonian fruit. **Food Chemistry Advances**, 5, 100747, 2024.

CHINPRAHAST, N.; SUWANNADATH, A.; HOMJABOK, T. Use of rosemary (*Rosmarinus*



officinalis L.) leaf for improving oxidative stability of microwave-precooked traditional Thai pork patty and its frozen storage trial. **International Journal of Food Science & Technology**, 47(10), 2165–2174, 2012.

CIUMAC, D. *et al.* Influence of acyl chain saturation on the membrane-binding activity of a short antimicrobial peptide. **ACS Omega**, 2(11), 7482–7492, 2017.

DA SILVA, D. C. S. *et al.* Fatty acid profile and rheological behavior of annatto seed oil (*Bixa orellana*), cupuassu seed fat (*Theobroma grandiflorum*), and their blends. **Grasas y aceites**, 74(1), 489, 2023.

DE OLIVEIRA, P. D. *et al.* Enzymatic interesterification effect on the physicochemical and technological properties of cupuassu seed fat and inaja pulp oil blends. **Food Research International (Ottawa, Ont.)**, 145, 110384, 2021.

EL-ABASSY, R. M.; DONFACK, P.; MATERNY, A. Visible Raman spectroscopy for the discrimination of olive oils from different vegetable oils and the detection of adulteration. **Journal of Raman Spectroscopy**, 40(9), 1284–1289, 2009.

FEITOSA, J. M. *et al.* Evaluation of the quality of Amazonian butters as sustainable raw materials for applications in bioproducts, 42, 1-11, 2021.

GALLIER, S. *et al.* Composition of bovine milk fat globules by confocal Raman microscopy. **International Dairy Journal**, 21(6), 402–412, 2011.

GÓMEZ-MASCARAQUE, L. G. *et al.* Raman spectroscopy: A rapid method to assess the effects of pasture feeding on the nutritional quality of butter. **Journal of Dairy Science**, 103(10), 8721–8731, 2020.

GUNSTONE, F. D.; HARWOOD, J. L. **The Lipid Handbook with CD-ROM**. CRC Press, 270, 2007.

JORGE, Neuza; DE OLIVEIRA VIEIRA, Marcelo; LUZIA, Débora Maria Moreno. Caracterização físico-química de manteigas de frutos amazônicos. **ForScience**, 9(2) e00979, 2021.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L.; GIOIELLI, L. A. Physical interactions between cupuassu and cocoa fats. **Grasas y aceites**, 54(3), 2003.

LEONARDI, B.; DE ARAUZ, L. J.; BARUQUE-RAMOS, J. Chemical characterization of amazonian non-polar vegetal extracts (buriti, tucumã, Brazil nut, cupuaçu, and cocoa) by infrared spectroscopy (ftir) and gas chromatography (gc-fid). **Infarma - Ciências Farmacêuticas**, 31(3), 163, 2019.

LIU, H. *et al.* Synthesis of polyglycerol fatty acid esters catalyzed by lipase and evaluation of its emulsification properties. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie [Food Science and Technology]**, 182, 114919, 2023.

M. EDWARDS, H. G. *et al.* Analytical Raman spectroscopic study of cacao seeds and their



chemical extracts. **Analytica chimica acta**, 538(2),175–180, 2005.

SAKAINO, M. *et al.* Carboxylic acids derived from triacylglycerols that contribute to the increase in acid value during the thermal oxidation of oils. **Scientific Reports**, 12(1), 12460, 2022.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos (Spectrometric Identification of Organic Compounds)**. LTC: Rio de Janeiro, 2019.

STUART, B. H. **Infrared spectroscopy**. Nashville, TN: John Wiley & Sons, 2007.

SUPARMAN, W. S.; RAHAYU, E.; SUNDHANI, S. D. S. The use of Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GCMS) for Halal Authentication in Imported Chocolate with Various Variants. **J.Food Pharm.Sci**, 2, 6–11, 2015.