XXXIII Congresso de Iniciação Científica da Unicamp

Caracterização físico-química e volátil de bebida obtida a partir de caroços de *Oenocarpus minor*

Palavras-Chave: *Oenocarpus minor*; bebida; compostos voláteis; análise físico-química; caroços de fruta.

Autores(as):

Kárica Samara Rosa, FEA – UNICAMP
Adriana de Souza Lima, FEA – UNICAMP
Stephanie Dias Soares, FEA-UNICAMP
Cynthia Tereza Corrêa da Silva Miranda, FEA-UNICAMP
Prof. Dr. Rafael Augustus de Oliveira, FEAGRI – UNICAMP
Profa. Dra. Glaucia Maria Pastore, FEA – UNICAMP

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se pela sua rica diversidade vegetal, abrigando cerca de 15% das espécies mundiais (Valli et al., 2018)). A família Arecaceae, composta por palmeiras, tem papel importante nas comunidades amazônicas, sendo explorada para alimentação, cosméticos, medicamentos e artesanato (Smith, 2015). No entanto, muitas espécies permanecem subutilizadas e pouco estudadas, carecendo de maior investimento em pesquisa e desenvolvimento e promoção de seu uso (Coradin et al., 2022).

O gênero Oenocarpus, amplamente distribuído na Amazônia, diferentemente do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), é pouco explorado cientificamente. Algumas espécies, assim como a Oenocarpus minor (bacabinha), produzem frutos com características físicas semelhantes às do açaí e são tradicionalmente utilizados na alimentação local, sobretudo na forma de polpas, o que representa um potencial econômico regional (Rodrigues et al., 2021).

A extração da polpa desses frutos depende da massa do caroço, que influencia diretamente o rendimento e a geração de resíduos. Esses resíduos, frequentemente descartados, representam não apenas um impacto ambiental, mas também uma oportunidade para o aproveitamento de compostos bioativos e desenvolvimento de novos produtos alimentícios e funcionais (Barros et al., 2017). Considerando o aproveitamento desses resíduos, este projeto tem como objetivo conduzir análises físico-químicas e caracterizar o perfil volátil de uma bebida produzida de caroços da bacabinha.

METODOLOGIA

A amostra do resíduo do processamento da fruta foi coletada em uma propriedade familiar no município de Abaetetuba (PA), Brasil. Um exemplar da espécie foi registrado no herbário "Professora Normélia Vasconcelos" da UFPA (nº 4235) e, conforme a Lei nº 13.123/2015, foi efetuado o cadastro no SISGEN (nº: AC396A9) para regularização do acesso ao patrimônio genético. As amostras foram armazenadas em embalagens escuras, transportadas em caixas térmicas e congeladas a -80 °C no Laboratório de Bioaromas e Compostos Bioativos da UNICAMP. Antes do preparo do produto, as fibras do endocarpo foram removidas **(Figura 1),** e os caroços lavados e secos em estufa a temperatura inferior a 50 °C.

Figura 1— Caroços de bacabinha com e sem fibras.

Fonte: Autoria própria (2024).

Parte do resíduo foi torrada, resfriada, moída e preparada em infusão aquosa a 90 °C, na concentração de 10%, utilizando-se filtro de papel disposto sobre suporte plástico para percolação.

A análise de pH na bebida foi realizada com adaptações. A amostra foi previamente homogeneizada e analisada à temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C). A medição foi efetuada utilizando pHmetro devidamente calibrado com soluções tampão padrão de pH 4,00 e pH 7,00, conforme as instruções do fabricante. O valor do pH foi registrado após a estabilização da leitura, sendo os resultados expressos com duas casas decimais (AOAC, 2023d).

A determinação dos sólidos solúveis totais (SST) foi realizada utilizando refratômetro digital ABBE, modelo RTA-100, previamente calibrado com água destilada. A bebida foi previamente homogeneizada e depositada diretamente sobre o prisma do equipamento. A leitura foi efetuada à temperatura de 20°C, sendo os resultados expressos em °Brix (AOAC, 2023c, 2023b).

A acidez titulável total (ATT) expressa em gramas de ácido cítrico/100 mL, foi determinada na bebida, a partir da transferência de 10 mL da amostra previamente homogeneizada para um erlenmeyer, seguida da adição de 50 mL de água destilada. A titulação foi realizada com solução padrão de hidróxido de sódio (NaOH 0,1 mol/L), utilizando fenolftaleína como indicador. O ponto final foi considerado com o aparecimento de coloração rosa persistente por aproximadamente 30 segundos. O cálculo correspondente encontra-se descrito na equação 1 (AOAC, 2023a):

$$ATT = \frac{V_{NaOH}\ x\ N\ x\ F\ x\ 100}{m} \qquad \textbf{Equação (1)}$$

A análise colorimétrica da bebida foi realizada utilizando o colorímetro digital portátil FRU WR-10QC. A amostra foi depositada em uma célula de leitura opaca, assegurando cobertura uniforme da área analisada. Foram obtidos os parâmetros da escala desenvolvida pela *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE), sendo L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul), os quais foram utilizados para o cálculo de croma (C*) e do ângulo (H*) conforme equação 2 e 3 (Azetsu et al., 2022):

$$C^* = \sqrt{\{(a^*)^2 + (b^*)^2\}} \qquad \textbf{Equação (2)} \qquad H^* = arctan\frac{b^*}{a^*} \qquad \textbf{Equação (3)}$$

Para a caracterização geométrica dos caroços, foi considerada a aproximação a formas esféricas e elipsoidais. Para tanto, foram mensuradas as dimensões principais (eixo maior, eixo intermediário e eixo menor) de 100 unidades, antes e após a torra, utilizando paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Modelo: Mitutoyo 150 mm Digimatic Caliper, Japan). A partir dessas medidas (a, b, c), foram estimados parâmetros geométricos, de acordo com as equações 4, 5, 6, 7 e 8 (Araujo et al., 2014; El-Sayed et al., 2021):

$$V_b = \frac{\pi(abc)}{6} \qquad \textbf{Equação (4)}$$

$$A_{s,b} = \pi(D_g)^2 \qquad \textbf{Equação (5)} \qquad onde\ D_g = (abc)^{1/3} \qquad \textbf{Equação (6)}$$

$$\psi_b = \frac{(abc)^{1/3}}{a} x\ 100 \qquad \textbf{Equação (7)} \qquad d_b = \frac{abc}{3} \qquad \textbf{Equação (8)}$$

Em seguida, procedeu-se à pesagem individual dos caroços, também antes e após a torra, em balança analítica com precisão de 0,001 g, para determinação da densidade intrínseca (b), conforme equações 9 e 10 (Al-Shemmeri et al., 2024; Araujo et al., 2014):

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b} \qquad \textbf{Equação (9)} \qquad \varepsilon = \left[1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_b}\right] x\ 100 \qquad \textbf{Equação (10)}$$

A densidade aparente (g/mL) foi determinada a partir dos caroços previamente moídos e transferidos para uma proveta. A massa foi obtida por pesagem em balança analítica, e a densidade aparente foi calculada pela razão entre a massa e o volume ocupado, conforme descrito na equação 11 (Al-Shemmeri et al., 2024).

$$\rho_{ap} = \frac{m_b}{V} \qquad \textbf{Equação (11)}$$

A perda de massa dos caroços foi determinada a partir de pesagens sucessivas realizadas antes e após o processo de torra. Inicialmente, a amostra foi pesada em balança analítica com o auxílio de um béquer e, em seguida, submetida à torra em equipamento Carmomaq Serial a 207 °C por 8 minutos. Após o resfriamento à temperatura ambiente, foi realizada nova pesagem. A diferença entre a massa inicial e a final foi utilizada para o cálculo da perda de massa, expressa em porcentagem, conforme demonstrado pela equação 12 (Al-Shemmeri et al., 2024).

$$M_{perda} = 100\% \frac{(M_0 - M)}{M_0} \qquad \textbf{Equação (12)}$$

Nota: $\boldsymbol{M_0}$**:** massa inicial antes da torra; $\boldsymbol{M}$**:** massa final após a torra;$\boldsymbol{V_{NaOH}}$**:** Volume de NaOH gasto; $\boldsymbol{N}$**:** normalidade da solução de NaOH; $\boldsymbol{F}$**:** fator de correção da solução; $\boldsymbol{m}$**:** massa da amostra; $\boldsymbol{m_b}$**:** massa do caroço; $\boldsymbol{V}$**:** volume da amostra; $\boldsymbol{a}$**:** lado a; $\boldsymbol{b}$**:** lado b; $\boldsymbol{c}$**:** lado c; $\boldsymbol{V_b}$**:** Volume do caroço.

Na etapa seguinte, procedeu-se à análise dos compostos voláteis presentes na infusão. Para isso, utilizou-se um sistema de cromatografia gasosa modelo Agilent 7890A (Agilent Technologies), acoplado a uma coluna GC DB-WAX (30 m × 0,25 mm × 0,15 µm) e a um detector de massas com eixos triplos Agilent 5975C inerte MSD, cujo gás de arraste foi o Hélio. A identificação dos compostos foi realizada com base no banco de dados NIST 14.0 e na comparação dos Índices de Retenção Linear (LRI), calculados a partir de uma série homóloga de n-alcanos (C7–C40), conforme descrito por Van Den Dool & Kratz (1963), conforme a equação 13.

$$LRI = 100\left[n + \frac{logt'_R(composto) - logt'_R(n)}{logt'_R(n+1) - logt'_R(n)}\right] \qquad \textbf{Equação (13)}$$

Todos os resultados, expressos em média e desvio padrão, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) unidirecional, e as diferenças entre as médias foram determinadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) utilizando o software Minitab (19ª versão, LLC, State College, PA, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O pH da bebida de bacabinha está apresentado na **Tabela 1.** A polpa de bacaba (*Oenocarpus bacaba*) apresentou pH de 5,3 (Canuto et al., 2010), e o caroço da mesma fruta (*Oenocarpus distichus),* pH de 5,12 (Ribeiro et al., 2017), valores próximos ao observado no presente estudo. As infusões de grãos de café arábica de diferentes países foram analisadas por Muzykiewicz-Szymańska et al. (2021) que observaram, para grãos torrados, valores de pH variando entre 4,99 (Ruanda) e 5,71 (Índia). No estudo de Teixeira et al. (2016), o pH das infusões de café torrado e moído de 14 marcas brasileiras variou entre 4,81 e 6,02. Essas duas equipes de pesquisadores observaram que, à medida que o grau de torra aumenta, o pH das infusões se eleva, enquanto grãos levemente torrados resultam em infusões mais ácidas.

A análise de SST na bebida de bacabinha revelou valores comparáveis aos descritos na literatura, variando entre 1,10% e 1,84% em amostras de café arábica fermentado (Várady et al., 2022), valores de 1,6% e 1,8% em blends de café preparados por filtro de papel e cafeteira elétrica (Santos et al., 2020), além de 2,0 g ± 0,7 na polpa de bacaba (Canuto et al., 2010) e 1,98 ± 0,04 no caroço da mesma fruta (Ferreira et al., 2021). Os SST mostraram-se determinantes para a atividade antioxidante (Várady et al., 2022) e a percepção de corpo em café (Santos et al., 2020), enquanto em sucos influenciaram na taxa de sedimentação (Serrano et al., 2025) e a percepção de doçura (Nascimento et al., 2019).

Estudos relatam que torras mais escuras e temperaturas elevadas promovem maior extração de SST. A variação desses compostos pode estar associada a fatores como variedade da matéria-prima, tipo de moagem, método de fermentação, temperatura de percolação e grau de torrefação (Celestino et al., 2015; Clarke & Vitzthum, 2008).

Tabela 1 — Parâmetros físico-químicos da bebida de bacabinha (n=3)

Parâmetro	Média ± DP
pH	5,07 ± 0,25
Sólidos solúveis totais[1]	1,77 ± 0,06
Acidez titulável total[2]	0,45 ± 0,06
L*	37,56 ± 0,30
a*	12,01 ± 0,17
b*	14,86 ± 0,40
Croma (C*)	19,10 ± 0,41
Ângulo (H*)	51,05º ± 0,46

Nota: [1]Resultados expressos em ºBrix; [2]Resultados expressos em % de ácido cítrico; L*: luminosidade (0 = preto, 100 = branco); a*: eixo verde (−) a vermelho (+); b*: eixo azul (−) a amarelo (+).

Figura 3 — Análise de ATT

Figura 2 — Bebida de bacabinha

Fonte: Autoria própria (2025).

A bebida de bacabinha (**Tabela 1** e **Figura 2)** apresentou uma relação SST/ATT de 3,93. Fernandes (2015) analisou a parte comestível da bacaba e obteve uma acidez titulável de 0,19 g de ácido cítrico/100 g, caracterizando o fruto como levemente ácido. Canuto et al. (2010), por sua vez, analisaram polpas de bacaba provenientes da região Centro-Sul de Roraima e relataram um valor de 0,1 g de ácido cítrico/100 g, dado inferior ao encontrado no presente estudo. Estudo realizado por Pereira et al. (2022) ressalta que frutos com maior acidez tendem a apresentar vida de prateleira mais longa, devido à menor propensão ao desenvolvimento de microrganismos. Complementarmente, Simkova et al. (2024) destaca que o teor de açúcares está diretamente relacionado à acidez do fruto, sendo que quanto maior a acidez, menor o teor de açúcar.

Com base em Alcantara et al. (2025) e Fernandes (2015), os parâmetros L*, a*, b*, C* e H* estão diretamente relacionados a cor da bebida, sendo L* a luminosidade, a*e b* as coordenadas cromáticas, C* a intensidade da cor e H* o índice de saturação. A bebida de bacabinha apresentou valor de L* (**Tabela 1** e **Figura 3**), próximo ao da polpa de bacaba reportado por Fernandes (2015) de 39,23 e superior ao descrito por Canuto et al. (2010) de 26,8, o que indica coloração intermediária entre a do açaí (16,6) e a do bacuri (65,5). Em comparação ao café, os valores de cor CIELAB da bebida de bacabinha foram próximos aos relatados por Alcantara et al. (2025) para grãos de diferentes origens submetidos à torra leve (L* = 31,6 ± 0,4; a* = 9,2 ± 0,1; b* = 14,4 ± 0,1) e à torra de 4 minutos (36 ± 1). A bebida também apresentou pouca tonalidade vermelha (a*) e pouca tonalidade amarela (b*). Esse resultado é semelhante a características de polpas de frutas de coloração escura como o açaí (Canuto et al., 2010). O valor de C* da bebida de bacabinha aproximou-se ao registrado para a polpa de bacaba (20,0), segundo Canuto et al. (2010), indicando a preservação da intensidade de cor do fruto original e uma coloração moderadamente intensa, ou seja, superior à da graviola (3,2) e inferior à do buriti (42,9). O processo de torra influencia diretamente nos parâmetros de cor da amostra, sendo que os valores de L* apresentam declínio, compatível com o escurecimento dos grãos, decorrente de reações químicas complexas, principalmente a reação de Maillard e a caramelização (Alcantara et al., 2025; X. Wang & Lim, 2015). Além disso, os valores de a* e b* diminuem, indicando uma redução nas intensidades de vermelho e amarelo, respectivamente (Alcantara et al., 2025). De acordo com Yeager et al. (2022), torras médias apresentam valores de L* em torno de 28, situando-se entre as torras claras (≈31) e escuras (≈23). Sendo assim, o valor de L* obtido de 37,56 ± 0,30 indica que a amostra foi submetida a uma torra clara. Com base no estudo de Hu et al. (2020), a torra clara foi associada a maior acidez e menor corpo, enquanto a torra média apresentou maior equilíbrio sensorial, caracterizado por corpo mais acentuado e acidez atenuada.

As alterações físicas sofridas pelo caroço de bacabinha em decorrência da torrefação foram avaliadas com base em parâmetros geométricos e físicos (**Tabela 2** e **Figura 4**). A comparação entre os estados antes e após o tratamento térmico evidencia mudanças estruturais que podem impactar propriedades tecnológicas, como compactação, moagem e densidade.

O aumento do tempo e da temperatura de torra reduziu a densidade aparente (ρ_{ap}) do café, como demonstrado por Bustos-Vanegas et al. (2018) e confirmado por Al-Shemmeri et al. (2024), que também observaram maior porosidade e menor homogeneidade em grãos submetidos a temperaturas mais elevadas. Tendência semelhante foi observada na bebida de bacabinha, conforme **Tabela 2**.

A torra do caroço de bacabinha resultou em uma perda de massa de aproximadamente 26%, que pode ser atribuída à evaporação de água, à liberação de compostos voláteis e a alterações estruturais decorrentes do aquecimento. Em grãos de café a perda de massa durante a torrefação está associada a processos de desidratação e pirólise, situando-se, em geral, entre 10 e 19% para Arábica e entre 10 e 16% para Robusta. Os autores destacam ainda que torras mais escuras apresentam perdas mais acentuadas (Bicho et al., 2012).

Tabela 2 — Parâmetros geométricos e físicos do caroço de bacabinha antes e após a torra (n=100):

Parâmetro	Antes da torra	Após a torra
Perda de massa (g)	1,65 ± 0,02[a]	1,22 ± 0,02[b]
Volume (V_b) (cm³)	1,47 ± 0,23[a]	1,29 ± 0,23[b]
Área da superfície ($A_{s,b}$) (cm²)	2,80 ± 0,84[a]	2,17 ± 0,75[b]
Diâmetro equivalente (d_e) (cm)	0,93 ± 0,14[a]	0,82 ± 0,15[b]
Esfericidade (ψ_b) (%)	98,46 ± 2,91[a]	98,90 ± 2,93[a]
Densidade intrínseca (ρ_b) (g/cm³)	1,15 ± 0,19[a]	0,98 ± 0,19[b]
Densidade aparente (g/mL)	0,19 ± 0,002[a]	0,17 ± 0,003[b]
Porosidade (ε) (%)	83,13 ± 2,61[a]	82,14 ± 3,17[b]

Letras diferentes representam diferenças significativas ao nível de probabilidade de 5% pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Figura 4 — Geometria do caroço de bacabinha

Fonte: Autoria própria (2025).

A caracterização dos compostos voláteis, feita em triplicata, presentes na bebida de bacabinha permitiu a identificação de diversas substâncias associadas ao perfil sensorial e às transformações químicas decorrentes da torrefação. Os principais compostos identificados estão organizados na **Tabela 3**.

Tabele 3 — Compostos voláteis identificados na bebida de bacabinha

Composto identificado	LRI	Composto identificado	LRI	Composto identificado	LRI
Furan,2,5-dimethyl-	788	Furfuryl formate	902	2,2'-Bifuran	1016
2-Vinylfuran	622	Ethanone,1-(2furanyl)-	902	Ethanone,1-(1H-pyrrol-2-yl)-	1046

Pyrazine	932	Pyrazine, ethyl-	914	Pyrazine,3-ethyl-2,5 dimethyl-	1071
2-Butenal,2-methyl-	651	2-Furancarboxaldehyde,5methyl-	936	Furan, 2,2'-methylenebis-	1078
Furfural	826	2(5H)-Furanone, 5-methyl-	938	Maltol	1110
Pyrazine,methyl-	832	Benzaldehyde	959	5H-5-Methyl-6,7dihydrocyclopentapyrazine	1139
Oxazole,trimethyl-	881	Pyrazine, 2-ethyl-6-methyl-	997	1H-Pyrrole,1-(2furanylmethyl)-	1184
2-Furanmethanol	817	2-Furanmethanol, acetate	998	Decanal	1206
2-Propanone,1 (acetyloxy)-	820	Pyrazine, 2-ethyl-3-methyl-	1012	2-Isoamyl-6-methylpyrazine	1251
Phenol	846	1-Propanone, 1-(2-furanyl)-	1031	Furan,2,2'[oxybis(methylene)]bis-	1324
Cyclopent-4-ene-1,3-dione	871	2-Acetyl-5-methylfuran	1013	Dodecanoic acid, ethyl ester	1584

Os compostos voláteis exercem grande influência na análise sensorial, uma vez que são responsáveis por diferentes sabores e aromas característicos nos alimentos. As pirazinas, como a pirazina, a metilpirazina, a etilpirazina e a 2-etil-6-metilpirazina, são associadas a notas sensoriais de nozes, torrado e chocolate. Já o composto fenol confere sabor picante e defumado. Além disso, produtos derivados da reação de Maillard, como o furfural, 2-furanometanol, entre outros, proporcionam um aroma doce e balsâmico semelhantes ao do café (Spada et al., 2021; Y. Wang et al., 2024).

CONCLUSÃO

A bebida de bacabinha apresentou pH levemente ácido e relação SST/ATT sugestiva de equilíbrio entre doçura percebida e acidez, além de atributos físico-químicos e cromáticos compatíveis com o perfil obtido em grãos submetidos à torra clara de café. Ainda assim, a torra clara induziu alterações estruturais marcantes no caroço, evidenciadas por significativa perda de massa e redução da densidade aparente, alterações plausivelmente decorrentes de desidratação, degradação térmica, volatilização de compostos e possivelmente ao aumento de porosidade por ruptura de matriz celular.

A análise do perfil volátil da bebida de bacabinha evidenciou a presença marcante furanos, seguidos por pirazinas, aldeídos, ésteres, cetonas e fenólicos, além de álcoois, oxazóis e pirróis, os quais conferem ao produto notas tostadas, carameladas, amendoadas e de chocolate, semelhantes às do café.

Esses resultados indicam que o aproveitamento do caroço de bacabinha pode representar uma alternativa viável e sustentável, com potencial de desenvolvimento tecnológico comparável ao de bebidas similares, como o café, especialmente em contextos regionais. Estudos complementares, especialmente físico-químicos, sensoriais e de aceitação, são necessários para validar sua aplicabilidade comercial. Os resultados reforçam o potencial da bacabinha como base para bebidas oriundas de subprodutos amazônicos.

BIBLIOGRAFIA

Al-Shemmeri, M., Fryer, P., Farr, R., & Lopez-Quiroga, E. (2024). Development of coffee bean porosity and thermophysical properties during roasting. *Journal of Food Engineering*, *378*(April), 112096. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2024.112096

Alcantara, G. M. R. N., Martins, L. C., Gomes, W. P. C., Dresch, D., Rocha, F. R. P., & Melchert, W. R. (2025). Effect of roasting on chemical composition of coffee. *Food Chemistry*, *477*(January). https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143169

AOAC. (2023a). AOAC Ofcial Method 942.15 Acidity (Titratable) of Fruit Products. In J. (ed. . Dr. George W Latimer (Ed.), *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL* (22nd ed., Issue 22nd, pp. C37-11). Publications, AOAC. https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3391

AOAC. (2023b). AOAC Official Method 932.12 Solids (Soluble) in Fruits and Fruit Products: Refractometer Method. In J. (ed. . Dr. George W Latimer (Ed.), *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 22nd Edition* (Vol. 384, Issue 22nd, pp. C37-7). AOAC Publications. https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3368

AOAC. (2023c). AOAC Official Method 932.14 Solids in Syrups. In J. (ed. . Dr. George W Latimer (Ed.), *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 22nd Edition* (22nd ed., Issue 22nd, pp. C44-2). AOAC Publications. https://doi.org/https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3636

AOAC. (2023d). AOAC Official Method 981.12 pH of Acidified Foods. In J. (ed. . Dr. George W Latimer (Ed.), *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL* (22nd ed., Issue 22nd, pp. C42-3). Publications, AOAC. https://doi.org/https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3563

Araujo, W. D., Goneli, A. L. D., Souza, C. M. A. de, Gonçalves, A. A., & Vilhasanti, H. C. B. (2014). Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, *18*(3), 279–286. https://doi.org/10.1590/s1415-43662014000300006

Azetsu, T., Suetake, N., Kohashi, K., & Handa, C. (2022). Color Image Enhancement Focused on Limited Hues. *Journal of Imaging*, *8*(12), 1–11. https://doi.org/10.3390/jimaging8120315

Barros, R. G. C., Andrade, J. K. S., Denadai, M., Nunes, M. L., & Narain, N. (2017). Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. *Food Research International*, *102*(September), 84–92. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.082

Bicho, N. C., Leitão, A. E., Ramalho, J. C., & Lidon, F. C. (2012). Use of colour parameters for roasted coffee assessment. *Food Science and Technology*, *32*(3), 436–442. https://doi.org/10.1590/s0101-20612012005000068

Bustos-Vanegas, J. D., Corrêa, P. C., Martins, M. A., Baptestini, F. M., Campos, R. C., de Oliveira, G. H. H., & Nunes, E. H. M. (2018). Developing predictive models for determining physical properties of coffee beans during the roasting process. *Industrial Crops and Products*, *112*(December 2017), 839–845. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.015

Canuto, G. A. B., Xavier, A. A. O., Neves, L. C., & Benassi, M. de T. (2010). Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *32*(4), 1196–1205. https://doi.org/10.1590/s0100-29452010005000122

Celestino, S. M. C., Malaquias, J. V., & Xavier, M. F. F. (2015). Agrupamento de acessos de café irrigado com melhores atributos para bebida. *Coffee Science*, *10*(1), 131–137.

Clarke, R. J., & Vitzthum, O. G. (2008). Coffee: Recent Developments. In *Coffee: Recent Developments*. https://doi.org/10.1002/9780470690499

Coradin, L., Camillo, J., & Vieira, I. C. G. (2022). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o

futuro: região Norte. In J. C. e I. C. G. V. Lidio Coradin (Ed.), *Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial:*

El-Sayed, A., Abd El-Wahab, M., El-Shal, H., & Abd Allah, W. (2021). Effect of Moisture Content on Physical and Engineering Properties of Some Seeds. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, *48*(2), 387–399. https://doi.org/10.21608/zjar.2021.175264

Fernandes, E. R. (2015). *Conservação da Polpa de Bacaba (Oenocarpus bacaba) por Tecnologia de Obstáculos* [Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universade Federal do Tocantins, Palmas, TO]. http://hdl.handle.net/11612/287

Ferreira, L. M. de M. C., Pereira, R. R., de Carvalho, F. B., Santos, A. S., Ribeiro-Costa, R. M., & Carréra Silva Júnior, J. O. (2021). Green extraction by ultrasound, microencapsulation by spray drying and antioxidant activity of the tucuma coproduct (Astrocaryum vulgare mart.) almonds. *Biomolecules*, *11*(4). https://doi.org/10.3390/biom11040545

Hu, G., Peng, X., Gao, Y., Huang, Y., Li, X., Su, H., & Qiu, M. (2020). Effect of roasting degree of coffee beans on sensory evaluation: Research from the perspective of major chemical ingredients. *Food Chemistry*, *331*(May). https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127329

Muzykiewicz-Szymańska, A., Nowak, A., Wira, D., & Klimowicz, A. (2021). The effect of brewing process parameters on antioxidant activity and caffeine content in infusions of roasted and unroasted arabica coffee beans originated from different countries. *Molecules*, *26*(12). https://doi.org/10.3390/molecules26123681

Nascimento, R. A. do, Andrade, E. L., Santana, E. B., Costa, C. M. L., & Faria, L. J. G. de. (2019). Caracterização físico-química da polpa de bacaba e avaliação do comportamento reológico das suas suspensões. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, *13*(1), 2767–2784. https://doi.org/10.3895/rbta.v13n1.7168

Pereira, S. S. S., Belfort, M. G. S., Sallet, L. A. P., De Sousa, M. J. A., Da Silva, S. A., De Azevedo, S. A., & Cardoso, C. M. (2022). Potencial biotecnológico da oeneocarpus bacaba mart. Na prevenção e redução neurodegenerativas de Alzheimer. *Brazilian Journal of Development*, *8*(11), 75698–75713. https://doi.org/10.34117/bjdv8n11-331

Ribeiro, C. L., Lacerda, G. E., Pires, C. R. F., Nascimento, G. N. L. do;, & Pereira, R. J. (2017). Composição Centesimal E Aspectos Físico-Químicos Dos Frutos Da Bacaba (Oenocarpus Distichus Mart.). *Revista Cereus*, *9*(3), 153–170. https://doi.org/10.18605/2175-7275/cereus.v9n3p153-170

Rodrigues, S. T., Gonçalves, E., Joaquim, M., & Gomes, I. (2021). Características Morfométricas de Oenocarpus Mart., do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental. *Boletim De Pesquisa E Desenvolvimento 153* . www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Santos, W. W. V., Elias, A. M. T., Donato, M. V. L. C., Medeiros, A. L. T., Barros, D. N., Silva, M. E. dos S., & Silva, S. P. (2020). Influência das condições de torra e do processo extrativo em blends de café. *Brazilian Journal of Development*, *6*(5), 25079–25092. https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-093

Serrano, J., Orozco, J. L., Pérez, O., García, A., & González, L. (2025). Influence of Dissolved Solids Composition on the Impurities Sedimentation of Alkalinized Sugarcane Juice. *Sugar Tech*, *27*(5), 1628–1635. https://doi.org/10.1007/s12355-025-01609-y

Simkova, K., Veberic, R., Hudina, M., Grohar, M. C., Pelacci, M., Smrke, T., Ivancic, T., Cvelbar Weber, N., & Jakopic, J. (2024). Non-destructive and destructive physical measurements as indicators of sugar and organic acid contents in strawberry fruit during ripening. *Scientia Horticulturae*, *327*(October 2023), 112843. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112843

Smith, N. (2015). Palms and People in the Amazon. In S. C. H. N. Y. D. London (Ed.), *Geobotany Studies*. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05509-1_52

Spada, F. P., Balagiannis, D. P., Purgatto, E., do Alencar, S. M., Canniatti-Brazaca, S. G., & Parker, J. K. (2021). Characterisation of the chocolate aroma in roast jackfruit seeds. *Food Chemistry*, *354*(July 2020), 129537. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129537

Teixeira, O. R., Passos, F. R., & Mendes, F. Q. (2016). *Qualidade físico-química e microscópica de 14 marcas comerciais de café torrado e moído*. *3*(1), 396–403.

Valli, M., Russo, H. M., & Bolzani, V. da S. (2018). The potential contribution of the natural products from Brazilian biodiversity to bioeconomy. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, *90*(1), 763–778. https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170653

Van Den Dool, H., & Kratz, P. D. (1963). A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas–liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography A*, *11*(3), 463–471. https://doi.org/10.1016/s0021-9673(01)80947-x

Várady, M., Tauchen, J., Klouček, P., & Popelka, P. (2022). Effects of Total Dissolved Solids, Extraction Yield, Grinding, and Method of Preparation on Antioxidant Activity in Fermented Specialty Coffee. *Fermentation*, *8*(8). https://doi.org/10.3390/fermentation8080375

Wang, X., & Lim, L. T. (2015). Physicochemical Characteristics of Roasted Coffee. In V. R. Preedy (Ed.), *Coffee in Health and Disease Prevention* (Issue 27, pp. 247–254). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00027-9

Wang, Y., Wang, W., Zhou, Q., Cheng, C., Xing, Z., Zhou, Y., Liu, X., Hua, S., Wei, W., Tan, J., & Yu, Y. (2024). Characterization of key aroma compounds in cold brew coffee prepared by negative-pressure extraction technology and its changes during storage. *Lwt*, *197*(February). https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115919

Yeager, S. E., Batali, M. E., Lim, L. X., Liang, J., Han, J., Thompson, A. N., Guinard, J. X., & Ristenpart, W. D. (2022). Roast level and brew temperature significantly affect the color of brewed coffee. *Journal of Food Science*, *87*(4), 1837–1850. https://doi.org/10.1111/1750-3841.16089