



Bioprodutos para indústria alimentícia: Caracterização físico-química, nutricional, perfil aromático e rotulagem nutricional das farinhas dos subprodutos de acerola (*Malpighia emarginata*) e umbu-cajá (*Spondias* sp.)

Bioproducts for the food industry: Physicochemical nutritional characterization, aromatic profile and nutritional labeling of flours of acerola (*Malpighia emarginata*) and umbu-cajá (*Spondias* sp.) by-products

E. S. Silveira^{1*}; L. P. S. O. Cunha¹; J. S. Siqueira¹; J. M. S. Andrade²;
J. J. S. Moreira^{1,2}

¹Departamento de Química, Universidade Federal de Sergipe, 49506-036, Itabaiana-Sergipe, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição -PPGCNUT, Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão- Sergipe, Brasil

*itsellensilveira@outlook.com

(Recebido em 16 de janeiro de 2025; aceito em 28 de julho de 2025)

Em 2022, a produção brasileira de frutas alcançou 58 milhões de toneladas, posicionando o país como o terceiro maior produtor mundial. A região Nordeste se destaca pela biodiversidade, ofertando frutas nativas, como o umbu-cajá, e cultivadas, como a acerola. No entanto, observa-se um desperdício considerável em toda a cadeia produtiva, resultando em impactos econômicos e ambientais. Diante disso, torna-se essencial o aproveitamento dos subprodutos gerados. Isto posto, o presente estudo objetiva analisar os parâmetros físico-químicos, o teor de compostos fenólicos e o perfil dos compostos voláteis dos bioprodutos obtidos a partir dos subprodutos da acerola (*Malpighia emarginata*) e umbu-cajá (*Spondias* sp.). Os subprodutos foram submetidos à secagem em estufa de circulação de ar forçado para produção do bioproduto e, posteriormente, caracterizados em relação aos parâmetros físico-químicos, teor de compostos fenólicos, perfil dos compostos voláteis obtidos por CGEM e qualidade microbiológica. Em relação à umidade e ao teor de sódio, os bioprodutos atenderam à legislação, além de apresentar compostos voláteis que caracterizam o aroma das frutas *in natura*. Apresentaram teor proteico elevado e potencial funcional, com $170 \pm 0,05$ mg EAG.100 g⁻¹ (acerola) e $32,45 \pm 0,05$ mg EAG.100 g⁻¹ (umbu-cajá) de compostos fenólicos. O bioproduto de acerola atendeu aos critérios microbiológicos, enquanto o de umbu-cajá ultrapassou o limite para coliformes fecais. Embora sejam necessários ajustes, os bioprodutos apresentam potencial para o desenvolvimento de alimentos sustentáveis e a redução de passivos ambientais. Palavras-chave: subprodutos alimentares, compostos bioativos, perfil volátil.

In 2022, Brazil's fruit production reached 58 million tons, positioning the country as the third-largest fruit producer worldwide. The Northeast region stands out for its biodiversity, offering native fruits, such as umbu-cajá, and cultivated varieties, such as acerolas. However, considerable waste is observed throughout the entire production chain, resulting in economic and environmental impacts. Therefore, the utilization of generated by-products becomes essential. This study aims to analyze the physicochemical parameters, total phenolic content, and volatile compound profile of bioproducts obtained from acerola (*Malpighia emarginata*) and umbu-cajá (*Spondias* spp.) by-products. The by-products were subjected to drying in a forced-air circulation oven to produce the bioproducts, which were subsequently characterized regarding physicochemical parameters, phenolic compound content, volatile compound profile by GC-MS, and microbiological quality. The bioproducts met legal requirements for moisture and sodium content and presented volatile compounds that contribute to the characteristic aroma of the fresh fruits. They also stood out for their protein content and functional potential, with 170 ± 0.05 mg GAE 100 g⁻¹ (acerola) and 32.45 ± 0.05 mg GAE 100 g⁻¹ (umbu-cajá) of phenolic compounds. The acerola bioproduct complied with microbiological standards, while the umbu-cajá bioproduct exceeded the limit for fecal coliforms. Although further adjustments are necessary, the bioproducts show promise as sustainable food alternatives and potential solutions for reducing environmental liabilities.

Keywords: food by-products, bioactive compounds, volatile profile.

1. INTRODUÇÃO

Em 2022, o Brasil produziu 58 milhões de toneladas de frutas, posicionando-o como o terceiro maior produtor de frutas [1]. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS), o Brasil exportou em 2023 cerca de 1.085 milhão de toneladas de frutas para mercados exigentes, com destaque para a região Nordeste que, durante 11 meses, exportou 170 mil toneladas [2]. Contudo, ao longo de toda a cadeia produtiva das frutas, observa-se um elevado índice de perdas pós-colheita, o que resulta em significativos impactos ambientais negativos [3, 4].

Diante desses impactos, torna-se imprescindível promover o aproveitamento dos subprodutos gerados pela indústria alimentícia, visando minimizar o desperdício. Esses subprodutos podem ser incorporados nas práticas alimentares como uma alternativa viável para a obtenção de nutrientes, pois possuem em sua composição vitaminas, fibras e compostos antioxidantes, destacando-se como fontes potenciais para uso na elaboração de produtos alimentícios, melhorando a qualidade nutricional das dietas [3-6].

A propósito, o Nordeste do Brasil possui uma abundância de subprodutos de frutas, gerados pela indústria, que podem ser incorporados nas práticas alimentares. Esta é uma região rica em biodiversidade, englobando em sua área os biomas da Floresta Amazônica, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, sendo um celeiro de espécies nativas alimentícias que incluem a pitanga, mangaba, pequi, umbu-cajá, umbu, cajá, entre outras [7].

Nativo do Nordeste brasileiro, o Umbu-Cajá (*Spondias* sp.) (Figura 1) é uma fruta de elevado valor nutritivo, apresentando em sua composição alto teor de vitamina C e fibras. A fruta é consumida em sua forma *in natura* ou na forma de polpa, suco, compotas, geleias, sorvetes, etc. [5, 8].



Figura 1: Umbu-cajá *in natura*. Fonte: Laboratório de Análises Químicas Ambientais e de Alimentos (LAQA - DQCI/UFS, 2023).

Soma-se às frutas nativas a produção de acerola (*Malpighia emarginata*) (Figura 2) nativa da América Central e do norte da América do Sul, apresentando alto teor de ácido ascórbico, antioxidantes e antocianinas [4, 9]. A fruta é consumida em sua forma *in natura*, em compotas, geleias, licores, sorvetes, polpas, entre outras [10].



Figura 2: Acerola in natura. Fonte: (LAQA - DQCI/UFS, 2023).

A utilização das partes das frutas não aproveitadas no processamento industrial - seus subprodutos - contribui para incrementar a ingestão de nutrientes pela população [11]. Sendo assim, os subprodutos das frutas, como a acerola e o umbu-cajá, podem ser empregados na produção de bioprodutos - produtos derivados de fontes vegetais - agregando valor nutricional à elaboração de produtos alimentícios, como bolos, *cookies*, barras de frutas, etc. Essa abordagem, além de favorecer o aumento da ingestão de nutrientes nas dietas populacionais, promove a redução das perdas pós-colheita gerados na cadeia produtiva das frutas [4, 8, 9, 12].

Neste cenário Lima et al. (2014) [13] utilizaram o bioproduto da acerola na produção de biscoitos do tipo língua-de-gato, os quais apresentaram boa aceitação entre os consumidores. Em estudo similar, Silva et al. (2018) [14] desenvolveram *cupcakes* incorporando bioprodutos de umbu-cajá em suas formulações, obtendo maior aceitação sensorial na versão do *cupcake* contendo 20% desse ingrediente.

Nesse contexto, assegurar a qualidade dos alimentos para a comercialização no mercado interno e externo é fundamental. Assim sendo, o presente estudo tem como objetivo caracterizar os parâmetros físico-químicos e o perfil dos compostos bioativos dos bioprodutos elaborados a partir dos subprodutos de acerola (*Malpighia emarginata*) e umbu-cajá (*Spondias* sp.), demonstrando seu potencial de uso alimentício.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Obtenção da Matéria Prima

Os subprodutos foram doados por uma indústria processadora de polpas de frutas, localizada na cidade de Aracaju (SE), no período de dezembro de 2023 a março de 2024. Os subprodutos da acerola (pele, casca e restos de semente) e do umbu-cajá (casca e fibras da polpa) foram armazenados em embalagem de polietileno à temperatura de -18 °C até seu processamento.

2.2 Elaboração dos bioprodutos

No processamento para obtenção dos bioprodutos foram empregados os parâmetros de tempo e temperatura estabelecidos por Barros et al. (2020) [3] para a acerola (2 horas e 65°C) e De Oliveira et al. (2024) [8] por Xavier et al. (2022) [15] para o umbu-cajá (7h30min e 60°C). O processo de secagem e desidratação ocorreu em estufa com circulação de ar forçado (Figura 3), até que as amostras atingissem um teor de umidade inferior a 15%, conforme estabelecido pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), n.º 12, de 1978 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) [16].



Figura 3: Secagem do Subproduto. Fonte: (LAQA - DQCI/UFS, 2024).

Após a secagem, as amostras foram trituradas, empregando um moinho de grãos (Nutri Ninja Auto IQ 1000w) para a acerola e um triturador de 450 watts de potência média para o umbu-cajá. Os bioprodutos (Figura 4) foram embalados a vácuo em uma Seladora modelo RSA visando garantir sua conservação.

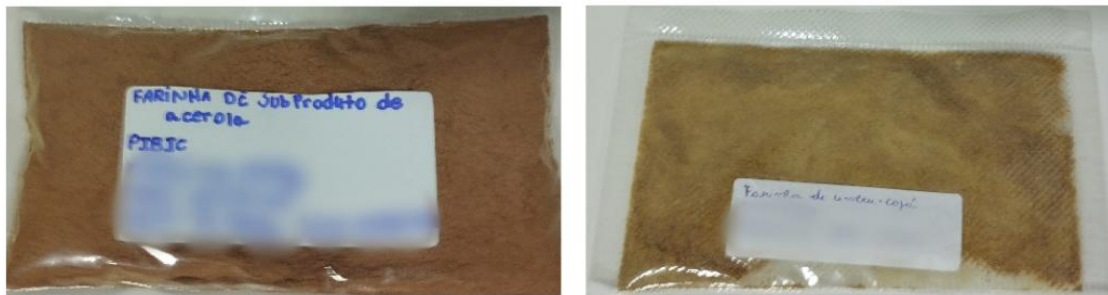


Figura 4: Bioprodutos de acerola e umbu-cajá. Fonte: (LAQA - DQCI/UFS, 2024).

2.3 Caracterização Físico-Química

De acordo com os métodos normalizados do Instituto Adolfo Lutz (2008) [17], foram determinados o pH pelo método 017/IV, empregando um medidor de pH digital e 5 g de amostra de bioproduto em solução com água deionizada. A acidez foi determinada por meio de titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol L⁻¹ - método 016/IV. O método 012/IV foi empregado na determinação da umidade em uma mufla a 105 °C por 3 horas e, a quantificação das cinzas pelo método 018/IV, ocorreu em uma mufla a 550 °C. As proteínas foram mensuradas conforme o método 036/IV, avaliando a porcentagem de nitrogênio por meio de titulação com NaOH 0,1 mol L⁻¹. Para a determinação de lipídeos, foi utilizado o método 032/IV, empregando extração com éter de petróleo, seguido por secagem em estufa a 105 °C por 1 hora. A quantificação de sódio foi realizada pelo método 200/IV, por Fotometria de Emissão de Chamas [17]. Os carboidratos foram calculados por subtração do somatório dos valores de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas do total de 100 g [18]. A gordura trans foi quantificada com base no método AOCS Ce1-99 - revisado - para determinação de ácidos graxos trans em alimentos por cromatografia em fase gasosa acoplada a detector de ionização de chamas e, posterior confirmação em espectrometria de massas da *American Oil Chemists' Society* (2005) [19].

2.4 Determinação Microbiológica

Para atender às diretrizes estabelecidas pela CNNPA n.º 12, de 1978, da ANVISA [11], realizou-se a determinação microbiológica de *Salmonella*, *coliformes fecais* e *Bacillus cereus*, seguindo protocolos propostos por Downes e Ito (2001) [20].

Para avaliação da presença de *salmonella*, conforme o protocolo supracitado, foram desenvolvidas as etapas de: pré-enriquecimento da amostra; enriquecimento seletivo - para crescimento isolado da *salmonella*; plaqueamento em meio seletivo ágar - para desenvolvimento da *salmonella*; seguido de isolamento de colônias e identificação positiva por meio de testes bioquímicos e sorológicos.

Ainda de acordo com os protocolos mencionados anteriormente, *Bacillus cereus* foi avaliado em meio de cultura específico manitol-yolk-peptona (MYP) para identificação presuntiva e, posteriormente, submetido a teste de hemólise para confirmar a identificação.

Na avaliação da presença de coliformes fecais, foi empregada a técnica de Número Mais Provável (NMP), que utiliza diluições seriadas em meio de cultura Caldo Lauril Sulfato de Sódio (CLST) para estimar a concentração de coliformes com análise presuntiva, como descrito no protocolo [20].

2.5 Determinação de Compostos Fenólicos Aparentes e Antocianinas

A quantificação dos compostos fenólicos aparentes teve como base o método de Borosky et al. (2015). Inicialmente, foi realizada uma extração das amostras com etanol PA na proporção 1:10, visando a obtenção dos extratos a 2,5 mg mL⁻¹. Na sequência, foi elaborada uma curva de calibração externa a partir de uma solução padrão 200 mg L⁻¹ de ácido gálico (C₇H₆O₅), a partir da qual foram preparadas diluições no intervalo de concentrações 12,5 a 100 mg L⁻¹. As determinações foram realizadas por espectrofotometria de absorção molecular na região do ultravioleta e visível, selecionando o comprimento de onda 725 nm para monitoramento da máxima absorbância. As amostras foram avaliadas nas mesmas condições analíticas do padrão, substituindo-se a solução padrão de ácido gálico pela solução da amostra [21].

A quantificação das antocianinas diferiu da determinação de compostos fenólicos aparentes ao empregar extração em solução de etanol acidificado com HCl 1,5 M e a análise espectrofotométrica realizada em 535 nm para determinação da absorbância, com curva de calibração externa obtida em padrão de catequina [22].

2.6 Determinação dos Compostos Voláteis

A caracterização do perfil dos compostos voláteis nos bioprodutos de acerola e umbu-cajá empregou o método citado por Silva et al. (2022) [23], de acordo com Wibowo et al. (2015) [24]. Utilizando uma fibra de *Solid Phase Micro Extraction* (SPME) revestida por DVB/CAR/PDMS (50/30 µm) inserida no *headspace* do recipiente de extração da amostra, por tempo determinado, e posteriormente submetendo-a ao processo de dessorção no injetor de um cromatógrafo em fase gasosa (modelo Agilent-GC7890B, EUA) acoplado a um espectrômetro de massas (modelo Agilent-MSD5977A, EUA). A separação cromatográfica se deu em uma coluna capilar HP5-MS (30 m × 0,25 mm, 0,25 µm, JW Scientific, EUA) e o gás de arraste empregado como fase móvel foi o hélio (99,99% pureza).

A identificação positiva dos compostos voláteis foi realizada por meio da comparação dos tempos de retenção e Índice de Retenção Linear (LRI) com padrões autênticos e, posterior confirmação, por comparação dos espectros obtidos com os dados espectrais de massas, disponíveis na biblioteca de espectrometria de massas do *National Institute of Standards and Technology* (NIST) [25].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Físico-Química

A Figura 5 apresenta os dados obtidos nas análises químicas centesimais dos bioprodutos de acerola e umbu-cajá, evidenciando as diferenças entre os parâmetros.

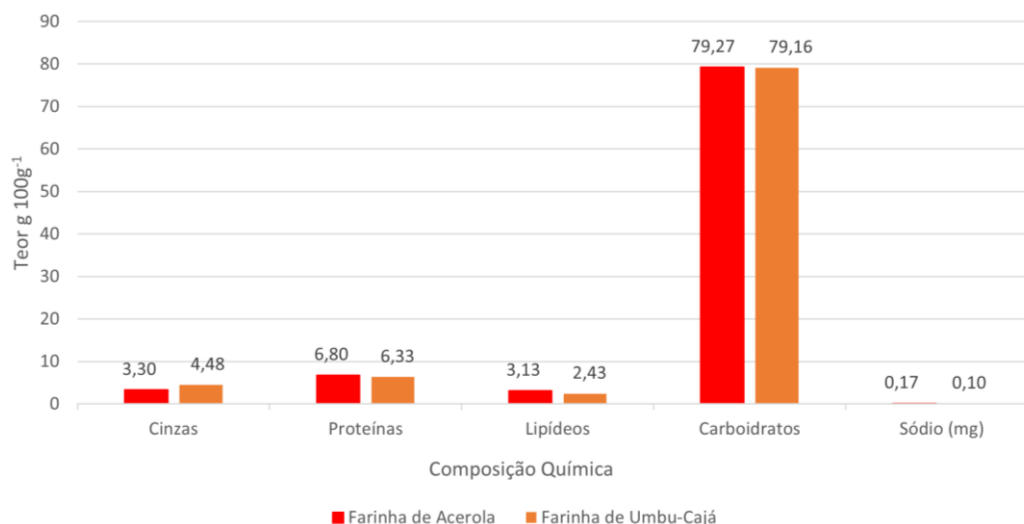


Figura 5: Comparação de parâmetros de composição química centesimal entre as bioprodutos de acerola e umbu-cajá (LAQA - DQCI/UFS, 2024).

A ANVISA estabelece que o teor de umidade em bioprodutos classificados como farinhas não deve ultrapassar 15%. Os bioprodutos analisados atendem a esse limite com teores de 8,5% para a farinha de acerola e 7,6% para a farinha de umbu-cajá. As variações de umidade estão associadas à metodologia de processamento, à origem da matéria-prima e à eficiência do processo de desidratação. A umidade é um parâmetro essencial na conservação dos alimentos, pois influencia a quantidade de sólidos solúveis - indicadores de qualidade, maturidade e doçura. Teores elevados podem comprometer a estabilidade química, favorecer a deterioração microbiológica e reduzir a qualidade do produto. As variações de umidade destes bioprodutos estão associadas à metodologia de processamento, à origem da matéria-prima e à eficiência do processo de desidratação [3, 26, 27].

Em relação ao teor de cinzas - limite máximo de 3,0 g.100 g⁻¹ de farinha estabelecido pela legislação - reflete o conteúdo total de minerais do alimento, impactando no seu valor nutricional. Os bioprodutos desenvolvidos apresentaram valores de $3,3 \pm 0,03$ g.100 g⁻¹ para a acerola e $4,48 \pm 0,03$ g.100 g⁻¹ para o umbu-cajá, possivelmente devido à combustão incompleta da matéria orgânica, à composição do solo e/ou às condições de cultivo. O consumo de minerais é indispensável para o funcionamento do organismo, garantindo no metabolismo funções vitais. Deficiências podem causar osteoporose, irritabilidade neuromuscular, problemas cardíacos, anemia, dentre outros problemas. Por outro lado, o excesso pode levar a complicações como hipotensão, doenças cardiovasculares, formação de cálculos renais e outras desordens metabólicas [3, 26, 27].

A acidez e o pH dos alimentos estão envolvidos no controle de crescimento de microrganismos patogênicos, inibindo o crescimento. Os microrganismos proliferam em alimentos com pH igual ou superior a 4,5, tornando essencial mantê-lo abaixo desse limite. Além disso, a acidez influencia o sabor dos alimentos, especialmente nas frutas, em que a relação entre açúcares (°Brix) e ácidos se altera durante o processo de maturação. Valores elevados de °Brix indicam elevada doçura, enquanto alta acidez resulta em sabores mais azedos e adstringentes [27].

Nesse contexto, os bioprodutos analisados apresentaram pH de $3,12 \pm 0,06$ e $3,26 \pm 0,45$ para a acerola e o umbu-cajá, respectivamente. A farinha de umbu-cajá apresentou teor de acidez de

10,1 \pm 0,21 % em ácido cítrico, superior ao limite de 3% estabelecido pela ANVISA, enquanto a acerola registrou 3,67 \pm 0,15 % em ácido cítrico. Altos teores de acidez sugerem elevada concentração de ácidos orgânicos, como o ácido láctico, succínico, málico e fórmico. Além disso, o tempo de armazenamento do subproduto pode ter influenciado a acidez, promovendo alterações químicas ao longo do tempo [8, 26].

O teor de sódio foi inferior a 40 mg por 100 g de produto, atendendo ao limite recomendado pela ANVISA para consumo diário, estabelecido como um máximo de 2 g [28]. Segundo Moreira et al. (2021) [28], o sódio desempenha um papel fundamental na regulação do volume plasmático, contração muscular e transmissão nervosa e a deficiência deste pode comprometer essas funções, enquanto o excesso contribui para doenças crônicas.

Em relação ao perfil macronutricional dos bioprodutos de acerola e umbu-cajá, foram observadas variações comparativamente a estudos anteriores, como destacado na Tabela 1.

Tabela 1. Dados macronutricionais de bioprodutos da acerola e umbu-cajá com base na literatura.

| Bioproduto de acerola | | | |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Autores | Proteínas* | Lipídeos* | Carboidratos* |
| Magalhães et al. (2021) [26] | 9,12 \pm 0,18 | 3,40 \pm 0,32 | 79,07 \pm 0,03 |
| Silva et al. (2016) [27] | 0,94 \pm 0,00 | 0,87 \pm 0,04 | 79,65 \pm 0,07 |
| Bioproduto de umbu-cajá | | | |
| Oliveira et al. (2024) [8] | 6,42 \pm 0,03 | 2,56 \pm 0,66 | 142,80 \pm 0,61 |
| Silva et al. (2018) [14] | 6,83 \pm 0,32 | 2,71 \pm 0,00 | 76,17 \pm 0,31 |

*g 100 g⁻¹

O bioproduto de acerola apresentou teor de proteínas de 6,8 \pm 0,03 g.100 g⁻¹, inferior ao encontrado por Magalhães et al. (2021)[26], porém consideravelmente superior ao valor reportado por Silva et al. (2016) [29], evidenciando as variações características de produtos vegetais provenientes de diferentes fontes. Por sua vez, no bioproduto de umbu-cajá, o teor de proteína foi de 6,33 \pm 0,03 g.100 g⁻¹, não representando variação expressiva, em relação aos dados relatados em estudos anteriores. A presença de proteínas torna os bioprodutos alternativas importantes para o enriquecimento de produtos como pães, biscoitos e bolos. O aumento da ingestão de proteínas contribui para a manutenção da massa muscular e o controle de peso, sendo particularmente benéfico para atletas, idosos e indivíduos com restrições alimentares, como vegetarianos e veganos [5, 8, 28-32].

Em relação à fração lipídica, os teores encontrados neste estudo foram de 2,13 \pm 0,44 g.100 g⁻¹ e 2,43 \pm 0,44 g.100 g⁻¹ para o bioproduto de acerola e de umbu-cajá, respectivamente. Ao comparar os dados com a Tabela 1, esses foram inferiores apenas ao estudo de Magalhães et al. (2021) [26]. Valores baixos de lipídeos são esperados, uma vez que a maioria das frutas apresenta concentrações reduzidas desse nutriente, com exceção do abacate.

Quanto aos teores de carboidratos, 79,27 \pm 0,12 g.100 g⁻¹ e 79,16 \pm 0,18 g.100 g⁻¹, respectivamente, para os bioprodutos de acerola e umbu-cajá, não foram observadas variações importantes em relação aos estudos citados na Tabela 1, exceto para o de De Oliveira et al. (2024) [8], que relatou valores mais altos em bioproduto de umbu-cajá. Essa variação pode ser explicada pela variação na expressão das macromoléculas como celulose, amido e pectina, além de diferenças entre os métodos analíticos empregados nas determinações [5, 8, 26].

Na Tabela 2 são apresentados os valores de macronutrientes relatados por Tavares et al. (2024) [33], Rigo et al. (2019) [34] e Kaefer et al. (2013) [35] para bioprodutos produzidos a partir de diversos subprodutos de frutas, destacando a viabilidade da integração desses na formulação de diversos alimentos. Os dados corroboram o estudo de Lima (2014)[13], que comparou a composição centesimal de biscoitos tipo língua de gato, elaborados com uma mistura de bioproduto de acerola e farinha de trigo, com aquele feito apenas com farinha de trigo. Os resultados indicaram um aumento nos teores de lipídeos e proteínas, além de uma redução na quantidade de carboidratos, resultando em um menor valor calórico [34-35].

Tabela 2. Valores de macronutrientes em bioprodutos de acordo com a literatura específica da área.

| Autores | Proteínas* | Lipídeos* | Carboidratos* |
|----------------------------|------------|-----------|---------------|
| Tavares et al. (2024) [34] | 14,78 | 0,66 | 74,00 |
| Rigo et al. (2019) [35] | 1,07 | 0 | 89,67 |
| Kaefer et al. 2013** [36] | 5,74 | 5,74 | 71,08 |
| Kaefer et al. 2013*** [36] | 5,03 | 6,54 | 73,13 |

*g 100 g⁻¹ **Com casca ***Sem casca.

3.2 Determinação Microbiológica

Um alimento seguro para o consumo humano é aquele que atende aos limites de tolerância determinados pela CNNPA n.º 12 de 1978 da ANVISA [16], em relação à contaminação física, química e biológica, não acarretando doenças transmitidas pelo consumo de alimentos [36].

Isto posto, são apresentados os resultados das análises microbiológicas para os bioprodutos de acerola e umbu-cajá, referentes à presença de *Salmonella*, *Coliformes fecais* e *Bacillus cereus* (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados das análises microbiológica para o bioproduto de acerola e umbu-cajá.

| Microorganismo | Tolerância * | Crescimento (bioproduto acerola) | Crescimento (bioproduto umbu-cajá) |
|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Salmonella</i> /25 g | Ausente | Ausente | Ausente |
| <i>Coliformes fecais</i> (NMP/g)** | 10 ² | Ausente | <150 |
| <i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)*** | 3x10 ³ | <20 | 10 |

*De acordo com a resolução n.º 12 de 2/01/2001 da Agência Nacional de Saúde Suplementar (Grupo alimentar n.º 10, item a)

** NMP g⁻¹: Número mínimo mais provável*** UFC g⁻¹: Unidade formadora de colônia

O bioproduto de acerola apresenta ausência de *Salmonella* e *Coliformes fecais*, enquanto identifica-se o crescimento de <20 UFC/g de *Bacillus cereus*, valor este dentro dos limites estabelecidos pela legislação [16]. Para os parâmetros analisados, o bioproduto da acerola se enquadra dentro dos limites estabelecidos na CNNPA n.º 12 de 1978 da ANVISA [16]. Esse resultado indica conformidade com as boas práticas de fabricação (BPF) e de manipulação (BPM) durante o processamento do bioproduto, assim, evidenciando níveis adequados de segurança microbiológica e qualidade do produto alimentício, assegurando o bem-estar do consumidor [37, 38].

No bioproduto do umbu-cajá, observou-se ausência de *salmonella* e 10 UFC/g de *Bacillus cereus*. Os parâmetros *Salmonella* e *Bacillus cereus* estão dentro dos limites da legislação vigente [16]. No entanto, foi identificado crescimento menor que 150 NMP/g para *Coliformes fecais*, e valor superior ao estabelecido pela legislação [16]. Esse resultado demonstra que a amostra do bioproduto de umbu-cajá apresentou contaminação acima dos limites legais, podendo ocasionar Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA) ao consumidor [39].

A referida contaminação do bioproduto de umbu-cajá pode estar associada à manipulação inadequada durante o processamento das frutas e manipulação dos subprodutos. A ausência de observância das BPF e das BPM durante as etapas de coleta, transporte, armazenamento e processamento desses materiais pode favorecer a introdução de contaminantes, comprometendo a qualidade e a segurança do produto. Assim, destaca-se a importância da adoção das BPM e BPF para garantir que os alimentos não sejam contaminados durante o seu manuseio e processamento e, assim, se enquadrem nos parâmetros estabelecidos pela legislação [16, 37].

3.3 Compostos Fenólicos Aparentes e Antocianinas

De acordo com a Figura 6, os bioprodutos de acerola e umbu-cajá apresentaram expressivos teores de compostos fenólicos aparentes (CFA). Essa concentração resulta das temperaturas controladas, empregadas no processamento térmico, que favoreceram a desidratação da matéria orgânica e a ruptura das paredes celulares das frutas, liberando uma maior quantidade de compostos fenólicos. Ressalte-se que esse efeito é limitado pelo ponto crítico em 65°C, valor acima do qual esses compostos bioativos começam a sofrer degradação [9].

Com base nos resultados obtidos, os teores de compostos fenólicos contribuem para a valorização dos bioprodutos, pois eles irão agir como antioxidantes, ajudando a prevenir as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), atuando na prevenção ou redução do estresse oxidativo causado pela formação de radicais livres no organismo, os quais podem danificar as células e favorecer o desenvolvimento de anomalias fisiológicas e patológicas [3, 40, 41].

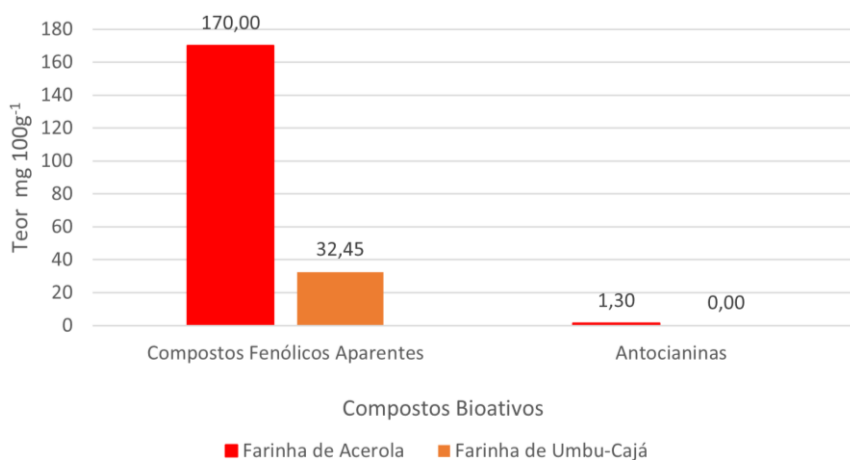


Figura 6: Comparação de CFA e antocianinas entre os bioproducto de acerola e umbu-cajá (LAQA - DQCI/UFS, 2024).

Nesse cenário, a ausência de grupos acilados na composição química dos extratos compromete a estabilidade dessas moléculas, favorecendo sua degradação térmica, o que pode ter levado à redução do teor de antocianinas no bioproducto de acerola. Somado a isso, a elevada concentração de ácido ascórbico (vitamina C), presente na acerola, contribui para a desestabilização das antocianinas, promovendo sua degradação por condensação [3].

O bioproducto de umbu-cajá não apresentou antocianinas em quantidades detectáveis. Uma hipótese plausível é que, uma vez que essas substâncias são responsáveis pelas pigmentações vermelhas, roxas e azuis, as quais não são características dessa fruta, não estejam presentes. Em contrapartida, a coloração amarela ou alaranjada do umbu-cajá é resultante principalmente da presença de carotenoides [42, 43], um precursor da vitamina A.

O teor de CFA observado na farinha de acerola, 170 mg.100g⁻¹, indica um maior potencial antioxidante em comparação ao bioproducto de umbu-cajá. Embora haja essa diferença, ambos os bioprodutos apresentam potencial antioxidante complementar [44].

3.4 Determinação dos Compostos Voláteis

Na Tabela 4 são apresentados os compostos químicos voláteis identificados no bioproducto da acerola.

O composto majoritário identificado no bioproducto da acerola (Tabela 2) foi o álcool Sclareol, representando 24,53% da composição. Composto este que se destaca no alívio de sintomas da artrite e na inibição da proliferação de células de câncer de mama, por meio da morte celular programada conhecida por apoptose [45].

Outros compostos químicos voláteis identificados em quantidade representativa foram os aldeídos, o hexanal (6,32%), o 2-hexenal (5,42%) e o nonanal (11,87%), que representaram 23% do total de compostos presentes no bioproduto da acerola. O aumento da concentração dos aldeídos no bioproduto pode estar relacionado à oxidação parcial da fração lipídica e à presença da reação de Maillard, que ocorre, geralmente, devido ao aquecimento e armazenamento prolongado do alimento [46, 47].

Tabela 4. Compostos voláteis do bioproduto de acerola.

| Compostos | Percentual (%) |
|---------------------------------|----------------|
| Hexanal | 6,32 |
| 3-Hexanal | 0,76 |
| D-Limoneno | 1,41 |
| 2-Hexenal | 5,42 |
| 2-Pentilfurano | 0,81 |
| Octanal | 2,96 |
| Hexanoato de etila | 1,73 |
| 1-Octan-3-ona | 0,96 |
| Butirato de 4-pentenila | 2,71 |
| 6-Metil-5-heptena-2-ona | 1,85 |
| Nonanal | 11,87 |
| Octanoato de etila | 3,17 |
| 2-Octenal | 0,91 |
| Benzaldeído | 2,37 |
| Hexanoato de 4-pentenila | 9,57 |
| Linalol | 2,18 |
| Cariofileno | 2,31 |
| Sclareol | 24,53 |
| β -ciclocitral | 5,24 |
| Benzenoacetaldéido | 0,85 |
| Octanoato de 3-metilbut-2-enila | 0,52 |
| β -Damascenona | 2,33 |
| α -Ionona | 1,53 |
| Nerolidol | 0,81 |
| β -Ionona | 6,88 |
| Total: 27 | 100 |

Nota: Na nomenclatura alguns compostos foram apresentados em nomenclatura tradicional comum por serem os identificadores mais amplamente encontrados na literatura.

De acordo com dados da literatura, os ésteres são os compostos voláteis encontrados em maior quantidade na acerola *in natura*, em duas diferentes etapas de amadurecimento [48]. Entre os compostos voláteis identificados no bioproduto da acerola, destacaram-se aqueles que contribuem para o perfil volátil característico da polpa, conforme descrito por Nogueira et al. [49] (2018): hexanoato de etila, nonanal, β -ionona, 2-hexenal e linalol. Estes compostos conferem ao aroma da fruta notas olfativas frescas, doces e herbáceas.

Complementando a caracterização de perfil químico dos aromas, na Tabela 5, são apresentados os compostos voláteis identificados no bioproduto do umbu-cajá. Foi identificado no bioproduto do umbu-cajá (Tabela 5) aldeídos, álcoois, terpenos, ésteres e cetona. O composto volátil majoritariamente identificado foi o aldeído 2-metil-butanal (23,81%), seguido do álcool primário 2-hexanol (22,41%), da cetona 4-metil-3-penten-2-ona (13,33%), do éster hexanoato de etila (10,64%), da 2-acetiltiazolina (6,82%) e do terpeno β -cariofileno (4,75%).

Na polpa do umbu-cajá, Santos et al. (2021) [50] identificaram 71 compostos voláteis, sendo os terpenos os compostos majoritários. Ao comparar com os compostos presentes no bioproduto do umbu-cajá com os resultados obtidos por Santos et al. (2021) [50], foi observada uma diminuição da quantidade de compostos voláteis identificados.

Tabela 5. Compostos químicos voláteis identificados no bioproduto de umbu-cajá.

| Compostos | Percentual (%) |
|------------------------|----------------|
| 2-Metilbutanal | 23,81 |
| 2-Hexanol | 22,41 |
| β -Cariofileno | 4,75 |
| 2-Etilfurano | 0,97 |
| Etil butanoato | 0,98 |
| o-Xileno | 2,31 |
| Cis- β -ocimento | 0,20 |
| Hexanoato de etila | 10,64 |
| Hexanal | 0,67 |
| α -Terpineol | 2,94 |
| Trans-2-hexenal | 1,96 |
| Acetilmetilpirazina | 2,42 |
| 2-Acetiliazolina | 6,82 |
| α -Cariofileno | 2,31 |
| 4-Metil-3-penten-2-ona | 13,33 |
| Limoneno | 3,40 |
| Total: 16 | 99,92 |

Esse resultado pode estar relacionado tanto às partes do fruto analisada, quanto ao efeito da temperatura na etapa de secagem para obtenção do bioproduto, acarretando a simplificação do perfil de compostos químicos do aroma deste. Outros fatores também podem influenciar a diminuição da quantidade de compostos, como as amostras dos frutos para as análises serem provenientes de distintas remessas [40, 46, 50].

Alguns compostos voláteis que caracterizam o perfil aromático da fruta umbu-cajá, conforme Narain et al. (2007) [51], foram identificados no bioproduto do umbu-cajá no presente estudo. Esses compostos pertencem à classe dos terpenos, como o α -cariofileno (2, 31%) e o β -cariofileno (4,75%) [50, 51]. Outros compostos identificados no bioproduto, característicos do aroma do fruto, foram o 2-hexanol, 2-metil-butanal e o etil butanoato [46], indicando que o bioproduto do umbu-cajá conservou características aromáticas do seu fruto *in natura*.

3.5 Rotulagem Nutricional

A elaboração da rotulagem nutricional dos bioprodutos de acerola e umbu-cajá empegou as diretrizes da RDC 429/2020 [52] e IN 75/2020 [53] da ANVISA. Os rótulos dos bioprodutos das frutas apresentam, para eventuais comparações com outros bioprodutos de frutas, uma porção de 20 g, o que corresponde a 2 colheres de sopa, medida caseira geralmente utilizada em domicílio. Estando contido na embalagem dos bioprodutos 200 g, equivalente a 10 porções por embalagem.

Os valores dos carboidratos totais, açúcares adicionados, proteínas, gorduras totais, gorduras trans e sódio foram obtidos experimentalmente. Esses resultados foram ajustados através de cálculos para os valores de 20 e 100 g, levando em consideração para a operação dos cálculos os valores dos nutrientes para uma dieta de 2000 kcal por dia [53]. Os valores expressos nos rótulos seguem as recomendações e modelos descritos na RDC 429/2020 [52] e IN 75/2020 [53] da ANVISA, cujo objetivo é tornar as informações compreensíveis ao consumidor leigo, sem se preocupar com o rigor científico.

Na Figura 7 foi apresentado a rotulagem nutricional para os bioprodutos de acerola e do umbu-cajá.

| INFORMAÇÃO NUTRICIONAL | | | |
|--|-------|------|------|
| Porções por embalagem: 10 Porção: 20 g (2 colheres de sopa) | | | |
| | 100 g | 20 g | %VD* |
| Valor energético (kcal) | 101,0 | 37,0 | 1,90 |
| Carboidratos (g) | 10,0 | 2,0 | 5,30 |
| Açúcares totais (g) | 0,12 | 0,02 | 0,05 |
| Açúcares adicionados (g) | 0 | 0 | 0 |
| Proteínas (g) | 6,80 | 1,40 | 2,60 |
| Gorduras totais (g) | 11,0 | 2,30 | 3,30 |
| Gorduras saturadas (g) | 3,80 | 0,80 | 3,80 |
| Gorduras trans (g) | 0 | 0 | 0 |
| Fibras alimentares (g) | 69,0 | 14,0 | 56,0 |
| Sódio (mg) | 170,0 | 34,0 | 1,50 |
| *Percentual de valores diários fornecidos pela porção. | | | |

(a)

| INFORMAÇÃO NUTRICIONAL | | | |
|--|-------|------|-------|
| Porções por embalagem: 10 Porção: 20 g (2 colheres de sopa) | | | |
| | 100 g | 20 g | %VD* |
| Valor energético (kcal) | 329,0 | 65,0 | 16,0 |
| Carboidratos (g) | 16,0 | 3,0 | 5,10 |
| Açúcares totais (g) | 13,0 | 2,60 | 26,0 |
| Açúcares adicionados (g) | 0 | 0 | 0 |
| Proteínas (g) | 6,30 | 1,30 | 13,00 |
| Gorduras totais (g) | 0,90 | 0 | 1,40 |
| Gorduras saturadas (g) | 0,30 | 0 | 1,50 |
| Gorduras trans (g) | 0 | 0 | 0 |
| Fibras alimentares (g) | 64,0 | 13,0 | 51,0 |
| Sódio (mg) | 100,0 | 20,0 | 5,0 |
| *Percentual de valores diários fornecidos pela porção. | | | |

(b)

Figura 7. Rotulagem nutricional para o bioproduto de (a) acerola e (b) umbu-cajá.

Caso o consumidor busque um bioproduto com menor valor energético, percentual reduzido de carboidratos, açúcares totais e gorduras totais, pode optar pelo bioproduto da acerola. Por outro lado, se o objetivo for reduzir gorduras totais, poderia escolher o bioproduto com menor teor de gorduras totais, gorduras saturadas e menor teor de sódio, como o de umbu-cajá para ser inserido em sua dieta. A formulação de misturas também pode ser considerada, caso o consumidor deseje consumir uma combinação dos nutrientes oferecidos.

Portanto, a rotulagem dos produtos alimentícios facilita a compreensão dos nutrientes e das suas quantidades presentes, favorecendo a interpretação correta das informações nutricionais. Além disso, possibilita a comparação da quantidade de nutrientes entre os bioprodutos de frutas e produtos semelhantes, devido à padronização de 100 g ou mL para os valores de nutrientes [52-54].

4. CONCLUSÃO

Os bioprodutos atenderam aos padrões de umidade estabelecidos pela ANVISA. No entanto, apresentaram teores de cinzas e acidez acima dos padrões regulamentares.

A baixa concentração de sódio sugere viabilidade dos bioprodutos para serem utilizados nas formulações alimentícias com restrição desse mineral.

Quanto ao perfil nutricional, ambos os bioprodutos apresentaram teores relevantes de proteínas e lipídeos com potencial para fortalecer a composição de alimentos. A menor concentração de carboidratos pode favorecer formulações com menor valor energético.

O perfil de compostos voláteis dos bioprodutos da acerola e umbu-cajá apresenta compostos que caracterizam os aromas das frutas *in natura*, embora a secagem tenha ocasionado perdas importantes.

Em relação aos macronutrientes, ambos os bioprodutos se destacam como opções relevantes para a produção de novos produtos alimentícios. Eles se tornam uma alternativa para aumentar o consumo desses nutrientes, ao mesmo tempo em que contribuem para a redução do valor energético do alimento, devido à diminuição do teor de carboidratos.

A presença de compostos fenólicos sugere um potencial benéfico na redução do estresse oxidativo, agregando valor funcional aos produtos alimentícios em que forem incorporados.

Em termos microbiológicos, o bioproduto de acerola atende a legislação vigente, enquanto o bioproduto de umbu-cajá necessita de maior atenção às BPF e BPM para se enquadrar nas exigências legais.

À luz dos achados, os subprodutos de acerola e umbu-cajá, frequentemente descartados, mostraram-se recursos promissores para a produção de ingredientes funcionais, enriquecendo o valor dos alimentos e contribuindo para auxiliar na mitigação do desperdício e evitar danos ambientais causados pelo descarte desses passivos no setor industrial.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS). Quais são as frutas mais produzidas no Brasil? ABRAFRUTAS [Internet]; 14 abr 2023 [citado em 24 nov 2024]. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2023/04/quais-sao-as-frutas-mais-produzidas-no-brasil/>
2. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS). Brasil produziu mais de um milhão de toneladas de frutas em 2023; entenda. ABRAFRUTAS [Internet]; 06 mar 2024 [citado em 24 nov 2024]. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2024/03/brasil-produziu-mais-de-um-milhao-de-toneladas-de-frutas-em-2023-entenda/>
3. Barros VM, Vasvary EHSC, Santos FJ, Garcez Junior SS, Moreira JJS. Prospecção tecnológica: Patentes de produtos alimentícios elaborados a partir de resíduo de acerola. In: Russo SL, Santos AM, Dias CT, editores. Propriedade intelectual estudos prospectivos e inovação tecnológica. Aracaju (SE): Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual; 2020. p. 5-376.
4. Randolpho GA, Do Amaral LA, Arelhano LE, Dos Santos EF. Resíduos de frutas transformados em novos produtos alimentícios: uma revisão sistemática. Multitemas. 2021 Mar;25(61):297-311. doi: 10.20435/multi.v25i61.2363
5. Silva DA, Pagani AAC, Souza RR. Elaboração de cupcake adicionado de farinha de exaustão de umbu cajá: características sensoriais e químicas. Rev Ciênc Cena. 2018;1(1):1-28.
6. Silva DA, Souza RR, Pagani AAC. Elaboração de cupcake adicionado de farinha de eliminação de acerola: características sensoriais e químicas. Rev Sodebras. 2016;11(1):190-4.
7. Lemos EE, Alves RE, Madeira NR. Espécies alimentícias nativas da região Nordeste. In: Coradin L, Camillo J, Pareyn FGC, organizadores. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o futuro: Região Nordeste. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade; 2018. p. 123-8.
8. De Oliveira JN, Albuquerque TMR, Lima MS, Wartha ERS, Monteiro M, Nascimento YM, et al. Evaluating the potential prebiotic effects of umbu-cajá (*Spondias* spp.) fruit processing by-product flour on the human intestinal microbiota. LWT - Food Sci Techn. 2024 Out;210(116764):1-11. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116764
9. Barros VM, Moreira JJSS, Leite Neta MTS, Nunes TP, Vasvary EHSC, Narain N, et al. Reduction of antinutrients and maintenance of bioactive compounds in flour from agro-industrial residue of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). Res Soc Dev. 2020 Set;9(1):1-27. doi: 10.33448/rsd-v9i9.8054
10. Santos AM, Hora LS, Leite KS. Produção e aceitabilidade de biscoitos de nata enriquecidos com farinha do resíduo da acerola. In: Silva JCS, Nolasco CC, Cunha FSA, editores. Agro-desenvolvimento para o Nordeste: Proposições, exposições e realizações. Maceió (Al): Eduneal; 2020. p. 24-8. doi: 10.48016/978-65-86680-25-6.24-28
11. Santos DC, Farias DP, Ribeiro LO, Pereira J. Bioactive compounds and antioxidant activity in fruit-based products from umbu-cajá (*Spondias* spp.): A review. Braz J Food Technol. 2021;24:e202100721. doi: 10.1590/1981-6723.00721
12. Gonçalves RO, Oliveira GHH, Silva VRO, Aquino ACMS, Martins EMF, Leite Júnior BRC. Avaliação de barras de frutas elaboradas com farinha do subproduto do processamento do suco de acerola. Rev Bras Ciênc Agr. 2024;19(2):e3377.
13. Lima PCC, Avila GA, Da Silva DV, Cardoso PF, Oliveira MD. Utilização de resíduo do processamento de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) na confecção de biscoito tipo língua de gato. Rev Bras Tecnol Agroindustrial. 2014;8(2):1488-500.
14. Silva DA, Pagani AAC, Souza RR. Elaboração de cupcake adicionado de farinha de resíduo de umbu cajá: características sensoriais e químicas. Rev Cien (In) Cena. 2018;1(7):28-46.
15. Xavier VL, Feitoza GS, Barbosa JML, Araújo KS, Silva MV, Correia MTS, et al. Nutritional and technological potential of Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) processing by-product flour. An Acad Bras Cienc. 2022 Feb;94(1):1-17. doi: 10.1590/0001-376520220200940

16. Brasil. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução CNNPA nº 12, de 1978. (...) Aprovar as seguintes NORMAS TÉCNICAS ESPECIAIS, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. Brasília (DF): Diário Oficial [da União]; 21 out 1978. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnnpa/1978/res0012_30_03_1978.html.
17. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo (SP): Instituto Adolfo Lutz; 2008.
18. Abdullah SA. Nutritional value and quality standard of popcorn cooked by microwave and conventional heating. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021 Nov;910(1):1-8.
19. American Oil Chemists' Society (AOCS). Official Method Ce 1h-05: Determination of trans fatty acids by gas chromatography. 5. ed. Urbana (IL): AOCS Press; 2005.
20. Downes FP, Ito K. Compendium of methods for the microbiological examination of foods 4. ed. Washington (US): American Public Health Association; 2001. doi: 10.2105/MBEF.0222
21. Boroski M, Visentainer JV, Cottica SM, Moraes DR. Antioxidantes: princípios e métodos analíticos. 1. ed. Curitiba (PR): Appris; 2015.
22. Silveira, MRS, Oster AH, Moura CFH, Silva EO, Silva LMA, Sousa AED. Protocolos para avaliação das características físicas e físico-químicas, dos compostos bioativos e atividade antioxidante do pedúnculo do caju. Embrapa Agroind Trop. 2018 Mar;182:1-43.
23. Silva ES, Santos Junior HB, Guedes TJFL, Sandes RDD, Rajan M, Leite Neta MTS, et al. Comparative analysis of fresh and processed mango (*Mangifera indica* L, cv. "Maria") pulps: influence of processing on the volatiles, bioactive compounds and antioxidant activity. Food Sci Technol. 2022;42(1):1-10. doi: 10.1590/fst.54020
24. Wibowo S, Grauwet T, Gedefa GB, Hendrickx M, Loey AV. Quality changes of pasteurized mango juice during storage. Part II: kinetic modelling of the shelf-life markers. Food Res Int. 2015 Dez;78(1):410-23. doi: 10.1016/j.foodres.2015.09.001
25. National Institute of Standards and Technology (NIST). NIST Mass Spectral Library [Internet]. Gaithersburg (MD): NIST; 2022 [citado em 03 dez 2024]; Disponível em: <https://www.nist.gov/srd/nist-standard-reference-database-1a>.
26. Magalhães MPD, Granda KMB, Cunha LR, Lima EMF. Obtenção da farinha do resíduo do processamento de acerola e avaliação de compostos bioativos e nutritivos. Res Soc Dev. 2021 Out;10(14):1-10. doi: 10.33448/rsd-v10i14.20714
27. Nielsen SS. Food Analysis Laboratory Manual. 3. ed. West Lafayette: Springer; 2010.
28. Moreira DB, Dias TD, Rocha VC, Chaves AC. Determinação do teor de cinzas em alimentos e sua relação com a saúde. Rev Ibero-Am Humani Cienc Educ. 2021 Out;7(10):3041-53. doi: 10.51891/rease.v7i10.3011
29. Silva DA, Souza RR, Pagani AAC. Elaboração de cupcake adicionado de farinha de resíduo de acerola: características sensoriais e químicas. Sodebras. 2016 Dez;11(132):190-4. ISSN 1809-3957
30. Leidy HJ, Clifton PM, Astrup A, Wycherley TP, Westerterp-Plantenga MS, Luscombe-Marsh ND, et al. The role of protein in weight loss and maintenance. Am J Clin Nutr. 2015 Jun;101(6):1320-9. doi: 10.3945/ajcn.114.084038
31. Ribeiro MD, Martins A, Penna LA, Candido LL, Barbosa BM, Santos VT, et al. Ora-Pro-Nóbis: Alternativa para enriquecimento proteico de alimentos na merenda escolar. Rev Foco. 2023 Set;16(9):01-18. doi: 10.54751/revistafoco.v16n9-068
32. Wolfe RR. The role of dietary protein in optimizing muscle mass, function and health outcomes in older individuals. Br J Nutr. 2012 Ago;108(2):88-93. doi: 10.1017/S0007114512002590
33. Tavares ISG, Souza LVM, Carvalho LL, Alves TS. Composição centesimal, teor de compostos fenólicos totais, capacidade antioxidante e controle microbiológico da farinha de semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). Sodebras. 2024;20(220):34-43.
34. Rigo M, Carli LF, Bezerra JRMV, Teixeira AM. Avaliação físico-química e sensorial de pães com diferentes proporções de farinha de bagaço de cana-de-açúcar como fonte de fibra. In: Rigo M, editor. Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Ponta Grossa (PR): Atena Editora; 2019. p. 25-36.
35. Kaefer S, Fogaça AO, Storck CR, Kirsten VR. Bolo com farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*): análise da composição centesimal e sensorial. Alim Nutr. 2013;24(3):347-52.
36. Ferrari CKB, Assumpcao CF, Morzelle MC, Ferrari GSL, Souza EC. Avaliação microbiológica em alimentos de cantinas escolares na região do Médio Araguaia (MT/GO). Rev Baiana Saúde Pública. 2013 Dez;37(1):45-56. doi: 10.22278/2318-2660.2013.v37.n1.a166
37. Machado RLP, Dutra AS, Pinto MSV. Boas práticas de fabricação (BPF). Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos; 2015.

38. Rodrigues MSA, Almeida FS, Pereira EL, Araújo KKAO, Colman VCG, Sarmiento WD, et al. Análise crítica sobre a legislação para análise microbiológica de alimentos: uma revisão de literatura do período de 2014 a 2024. *Observ Econ Latinoam*. 2024 Set;22(9):1-13. doi: 10.55905/oelv22n9-148
39. Brasil. Ministério da Saúde [Internet]. Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA); 2022 [acesso em 01 set 2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha>.
40. Fennema OR, Damodaran S, Parkin KL. Química de alimentos de Fennema. 4th ed. Porto Alegre (RS): Artmed; 2010.
41. Freire JM, Abreu CMP, Rocha DA, Corrêa AD, Marques NR. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. *Cienc Rural*. 2013 Dez;43(12):2291-6. doi: 10.1590/S0103-84782013005000132
42. Tomas-Barberan FA, Espin JC. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *J Sci Food and Agric*. 2001 Jun;81(9):853-76. doi: 10.1002/jsfa.885
43. Silva LR, Alves RE, Silva SD, Nogueira DH. Caracterização físico-química de frutos dos genótipos de umbu-cajazeiras oriundos da microrregião de Iguatu, CE. *Rev Bras Tecnol Agroindustrial*. 2015;9(1):1647-59. doi: 10.3895/rbta.v9n1.1699
44. Rao AV, Rao L. Carotenoids and human health. *Pharmacol Res*. 2007 Mar;55(3):207-16. doi: 10.1016/j.phrs.2007.01.012
45. Kim C, Kim JG, Kim KY. Anti-Candida potential of sclareol in inhibiting growth, biofilm formation, and yeast-hyphal transition. *J Fungi (Basel)*. 2023 Jan;9(1):98. doi: 10.3390/jof9010098
46. Bruice PY. Química Orgânica. Vol. 1 e 2. 4ª ed. São Paulo (SP): Pearson Prentice Hall; 2006.
47. Francisquini JD'A, Martins E, Silva PHF, Schuck P, Perrone ÍT, Carvalho AF. Reação de Maillard: Uma revisão. *Rev Inst Latic Cândido Tostes*. 2017 Mar;72(1):48-57. doi: 10.14295/2238-6416.v72i1.541
48. Rondan-Sanabria GG, Gracia AJC, Montañó HSP, Arias ECS, Narain N. Compostos voláteis da acerola (*Malpighia emarginata*) obtidos por HS-SPME em dois estágios de maturação. *Rev Ciênc Agr*. 2019;42(1):266-74. doi: 10.19084/RCA18065
49. Nogueira JP, Siqueira ACP, Sandes RDD, Galvão MS, Leite Neta MTS, Narain N. An insight in key volatile compounds in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) pulp based on their Odour Activity Values and chemometric evaluation. *Analytical Methods*. 2018;10:5851-66. doi: 10.1039/C8AY01427B
50. Santos RAR, Leite Neta MTS, Silva MAAP, Carneossi MAG, Narain N. Process optimization for elaboration of cajá-umbu (*Spondias* spp.) fruit jelly: The effect of pulp and pectin contents on sensory attributes and volatile constituents. *J Food Sci Technol*. 2021;24(100315):1-9. doi: 10.1016/j.ijgfs.2021.100315
51. Narain N, Galvão MS, Madruga MS. Volatile compounds captured through purge and trap technique in cajá-umbu (*Spondias* sp.) fruits during maturation. *Food Chem*. 2007;102(3):726-31. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.06003
52. Brasil. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020, que dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados [Internet]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-429-de-8-de-outubro-de-2020-282070599>.
53. Brasil. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa – IN nº 75, de 8 de outubro de 2020 [Internet]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143>.
54. Granja IPT, Mesquita MCC, Oliveira ACF, Silva GG, Silva VC, Lourenço LFP, Dala-Paula BM. Nova rotulagem nutricional de alimentos embalados. 1. ed. Alfenas (MG): Ed. UNIFAL-MG; 2023.