Food Science Today 4:1 (2025)
ISSN 2965-1190

RESEARCH ARTICLE

FOOD SCIENCE TODAY

Desenvolvimento e caracterização nutricional de chips elaborados com farinha de tucumã-do-Amazonas (*Astrocaryum aculeatum*): uma alternativa saudável e sustentável para a alimentação

Development and nutritional characterization of chips made with tucumã-do-Amazonas flour (*Astrocaryum aculeatum*): a healthy and sustainable alternative for food consumption

Vanessa de Souza Marinho [a,*], Ludmylla Negreiros do Nascimento [a], Bruna Ribeiro de Lima [b], Jaime Paiva Lopes Aguiar [b], Francisca das Chagas do Amaral Souza [b]

[a] Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 69060-062, Manaus, Amazonas, Brasil.
[b] Laboratório de Análise Funcional e Química de Alimentos, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 69060-062, Manaus, Amazonas, Brasil.

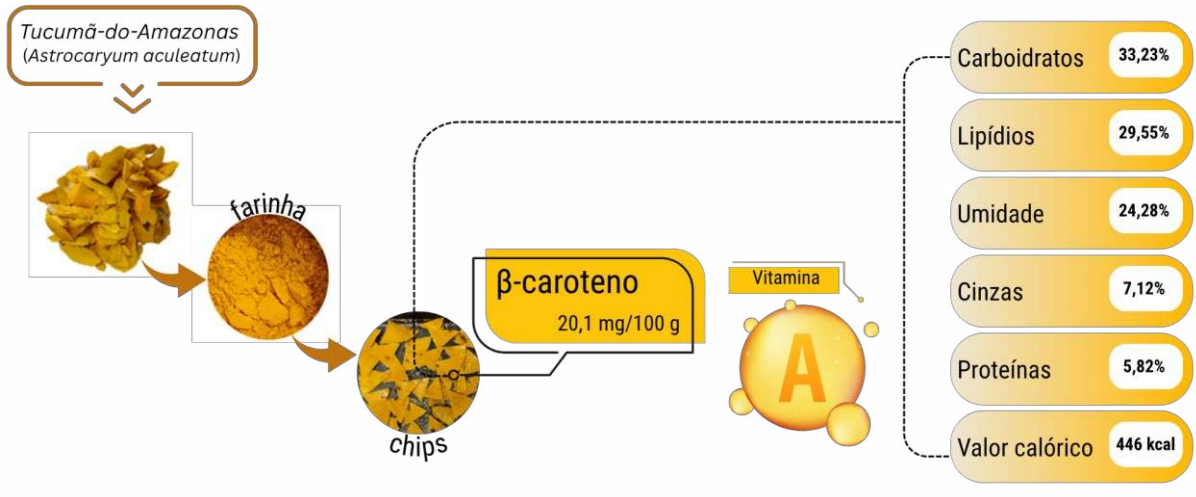
Resumo
O fruto do *Astrocaryum aculeatum*, nativo da Amazônia, possui alto valor nutricional e potencial funcional, mas ainda é pouco explorado no desenvolvimento de novos produtos alimentícios. Este estudo teve como objetivo desenvolver e caracterizar nutricionalmente chips produzidos a partir da farinha de *A. aculeatum* como uma alternativa alimentar saudável e sustentável. A formulação consistiu na mistura da farinha com água, sal e temperos desidratados, seguida de secagem em estufa para obtenção de textura crocante. Foram realizadas análises de composição centesimal, pH e teor de β-caroteno, sendo este último quantificado por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Os chips apresentaram 33,23% de carboidratos, 29,55% de lipídios, 24,28% de umidade, 7,12% de cinzas, e 5,82% de proteínas, e um valor calórico de 446 kcal. O pH levemente ácido (5,66) favorece a conservação do produto, e o elevado teor de β-caroteno (20,1 mg/100 g) destaca os chips como excelente fonte de vitamina A. Esses resultados demonstram o potencial dos chips de *A. aculeatum* como alimento funcional, promovendo o uso sustentável da biodiversidade amazônica e contribuindo para a segurança alimentar.

Palavras-chave: Alimentos funcionais. Desenvolvimento sustentável. Frutos amazônicos. *β*-Caroteno. Caracterização nutricional. Produtos alimentícios alternativos.

Abstract
The fruit of *Astrocaryum aculeatum*, native to the Amazon, possesses high nutritional value and functional potential but remains underutilized in food product development. This study aimed to develop and nutritionally characterize chips made from *A. aculeatum* flour as a healthy and sustainable food alternative. The formulation involved mixing the flour with water, salt, and dehydrated seasonings, followed by oven drying to achieve a crispy texture. Proximate composition, pH, and β-carotene content were analyzed, with β-carotene quantified using high-performance liquid chromatography (HPLC). The chips contained 33.23% carbohydrates, 29.55% lipids, 24.28% moisture, 7.12% ash, 5.82% protein, and an energy value of 446 kcal. The slightly acidic pH (5.66) favors product preservation, and the high β-carotene content (20.1 mg/100 g) highlights the chips as an excellent source of vitamin A. These results highlight the potential of *A. aculeatum* chips as a functional food, promoting the sustainable use of Amazonian biodiversity and contributing to food security.

Keywords: Functional foods. Sustainable development. Amazonian fruits. β-Carotene. Nutritional characterization. Alternative food products.

Graphical Abstract



*Corresponding author: Vanessa S. Marinho. Email Address: contato.vanessadm@gmail.com
Submitted 16 May 2025; Accepted: 05 June 2025; Published: 10 June 2025.
© The Author(s) 2025. Open Access (CC BY 4.0).

ROYALDATASET

1. Introdução

O crescente interesse por alimentos saudáveis, funcionais e de origem sustentável tem impulsionado a busca por ingredientes alternativos, especialmente aqueles provenientes da biodiversidade brasileira. Segundo Kaur et al. (2024), a demanda global por snacks e bebidas nutritivos está atrelada ao perfil dos consumidores modernos, que buscam conveniência sem comprometer os benefícios à saúde e a responsabilidade ambiental. Nesse contexto, frutos de espécies nativas da Amazônia vêm sendo estudados por seu valor nutricional, perfil bioativo e potencial de inserção em novas formulações alimentícias. Entre estas espécies, destaca-se o tucumã-do-Amazonas (*Astrocaryum aculeatum*), uma palmeira típica da região Norte, cujo fruto é amplamente consumido in natura e utilizado na culinária tradicional local. Conforme discutido por Machado et al. (2022), o tucumã apresenta elevada concentração de compostos bioativos, além de possuir características tecnológicas favoráveis para a indústria alimentícia.

A polpa do tucumã-do-Amazonas apresenta teor elevado de lipídios insaturados, fibras, minerais e compostos bioativos, com destaque para o β-caroteno, um carotenoide com atividade pró-vitamina A (Ferreira et al., 2022; Sagrillo et al., 2015; Souza et al., 2024). A deficiência dessa vitamina ainda representa um desafio nutricional em muitas populações, especialmente em comunidades rurais e ribeirinhas da Amazônia. A incorporação de alimentos naturais ricos em β-caroteno, como o tucumã, pode ser uma estratégia eficiente para promover a saúde ocular, imunológica e dérmica (Gul et al., 2015). Apesar de suas propriedades nutricionais e funcionais, o tucumã-do-Amazonas ainda é pouco explorado pela indústria alimentícia. A transformação da polpa em farinha representa uma alternativa para ampliar sua vida útil, facilitar a estocagem e permitir sua aplicação em diferentes produtos, além de contribuir para a redução de perdas pós-colheita e para o fortalecimento de cadeias produtivas sustentáveis na região.

Atualmente, são escassos os estudos que avaliam o uso da farinha de tucumã na elaboração de produtos alimentícios prontos para consumo, como snacks e chips. Assim, este estudo teve como objetivo desenvolver chips à base de farinha de tucumã e avaliar sua composição nutricional, com ênfase no teor de β-caroteno, visando atender à demanda por alimentos regionais, nutritivos e sustentáveis, alinhando-se aos princípios da bioeconomia e da valorização da sociobiodiversidade amazônica.

2. Material e Métodos

2.1 Obtenção das amostras

Os frutos utilizados neste estudo foram adquiridos na Feira Manaus Moderna, em Manaus, Amazonas. Todas as análises físico-químicas e funcionais foram realizadas no Laboratório de Análises Funcionais e Química dos Alimentos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), onde também ocorreu o processamento dos frutos.

Inicialmente, os frutos foram selecionados, descartando-se os impróprios para consumo. Em seguida, foram lavados em água corrente e submetidos à sanitização em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 5 g/L (100 g para 20 L de água), por aproximadamente 15 minutos. Após a sanitização, os frutos foram enxaguados com água potável e secos naturalmente em ambiente controlado.

A polpa foi extraída manualmente e destinada à liofilização. Ela foi colocada em placas de aço inoxidável com diâmetro de 10 cm e submetida ao congelamento a −40 °C, mantida no ultrafreezer por 24 h. Em seguida, as amostras foram levadas ao liofilizador Terroni, modelo LS3000B, para secagem por um período de aproximadamente 24 h. A temperatura de saída da amostra foi de 25 °C e a pressão foi de aproximadamente 77 μmHg. Após a liofilização, a polpa foi moída em moedor de café elétrico (Black Decker, MG200) para obtenção da farinha. A sequência dessas etapas de preparação dos frutos está apresentada no fluxograma ilustrado na **Fig. 1.**



Fig. 1 Fluxograma das etapas de seleção, higienização e processamento dos frutos de A. aculeatum para obtenção da polpa liofilizada.

2.2 Preparo dos chips de *A. aculeatum*

A **Fig. 2** apresenta o fluxograma do processo da elaboração dos chips de tucumã, ilustrando as etapas de preparo do produto final. A partir da polpa de A. *aculeatum* previamente liofilizada, foi obtida a farinha de tucumã, utilizada como base para a formulação dos chips. Em seguida, realizou-se a formulação dos ingredientes, composta pela farinha de tucumã (200 g), água (100 mL), temperos desidratados (cebola, salsa e tomate 5 g) e sal (1 g), totalizando 306 g de massa base. Esta mistura foi submetida a um processo de homogeneização, garantindo a formação de uma massa uniforme. A massa obtida foi modelada sobre bandejas, formando uma camada fina e regular. Posteriormente, os chips foram submetidos à secagem em estufa com circulação de ar forçado (DL-SE 1211, De Leo, Porto Alegre) a 180 ºC por 30 minutos, etapa fundamental para garantir a textura crocante do produto. O processo resultou em um produto funcional, elaborado com ingredientes regionais e sem a adição de conservantes artificiais.

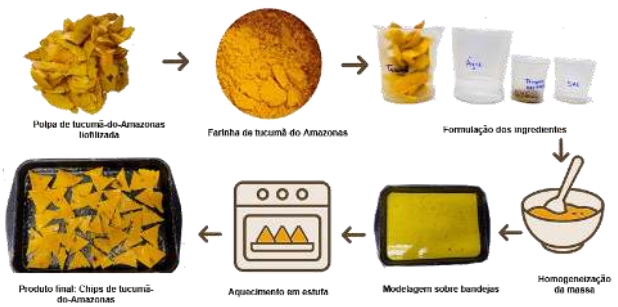


Fig. 2 Fluxograma da elaboração dos chips de tucumã-do-Amazonas.

2.3 Análises físico-químicas

As análises foram realizadas em triplicata, seguindo os métodos oficiais da AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*) estabelecidos por Horwitz e Latimer (2005). O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa a 105 °C até peso constante, enquanto o teor de matéria mineral (cinzas) foi obtido por incineração do material em mufla a 550 °C durante 5 horas. Os lipídios foram quantificados utilizando o método de Soxhlet, empregando hexano como solvente durante 8 horas. O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl e convertido em proteína bruta utilizando o fator de conversão 6,25. A medição do pH foi realizada com o auxílio de um medidor digital (Micronal®, modelo b474) equipado com eletrodo de vidro combinado. O teor de carboidratos foi calculado por diferença, subtraindo-se da matéria seca os teores de umidade, cinzas, lipídios e proteínas. O valor energético, expresso em quilocalorias (kcal), foi calculado utilizando o fator de Atwater, que atribui 4 kcal/g para proteínas, 4 kcal/g para carboidratos e 9 kcal/g para lipídios.

2.3 Identificação de quantificação do β-caroteno

A extração do β-caroteno com acetona foi realizada de acordo com De Rosso & Mercadante (2005). Em 1,0 g de polpa de fruta liofilizada, 70 mL de acetona (100%) foram adicionados. O β-caroteno extraído foi transferido para uma solução de éter de petróleo:éter etílico (2:1 v/v). A fase superior consistia em éter e o carotenoide foi seco usando um evaporador rotativo a < 37 °C. O extrato seco foi então armazenado a −80 °C até análise posterior.

A identificação e quantificação do β-caroteno nos extratos foram realizadas em triplicata utilizando um cromatógrafo líquido de alta eficiência (Shimadzu LC20AT, Japão) sob as seguintes condições cromatográficas: injetor de loop automático de 10 µL; coluna Shim-pack VP-ODS (150 × 4,6 mm, 5 µm); e detector de arranjo de diodos UV-visível (Shimadzu SPD-M20A). A fase móvel consistiu em um gradiente de eluição de acetonitrila: acetato de etila: água (88:2:10) a (85:15:0) durante 15 min, mantendo-se essa relação por 30 min, com vazão de 1,0 mL por minuto a 29 °C (De Rosso & Mercadante, 2005). Os cromatogramas foram processados a 450 nm e os espectros foram obtidos entre 200 e 600 nm.

O β-caroteno foi identificado comparando-se o tempo de retenção e o perfil UV-visível com o padrão. A quantificação foi realizada utilizando a curva de calibração padrão (0,04 a 0,5 mg g-1, y= 3000.000x – 110.346; R2 = 0,9937). A curva foi construída utilizando seis pontos das concentrações versus a área do respectivo pico cromatográfico, utilizando o Microsoft Office Excel 2016 (Microsoft, WA, EUA).

2.4 Análise estatística

Os resultados foram calculados e apresentados como média ± desvio padrão, a partir das análises conduzidas em triplicata. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando o software Minitab versão 17. Um teste t independente foi realizado para comparar as médias das amostras com um nível de significância de $p \leq 0,05$.

3. Resultados e Discussão

3.1. Composição centesimal

A **Tabela 1** apresenta a composição centesimal dos chips elaborados com farinha de tucumã, destacando os teores de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, pH e carboidratos. A avaliação desses parâmetros permite entender a qualidade nutricional, a estabilidade e o potencial funcional do produto.

Tabela 1 Composição centesimal (g/100) dos chips de farinha de tucumã-do-Amazonas.

Parâmetro	Chips de tucumã
Umidade	24,28±0,30
Cinzas	7,12±0,32
Lipídios	29,55±1,12
Proteínas	5,82±0,24
Carboidratos	39,23±0,5
Valor calórico (kcal/100 g)	446,15±1,42

Os resultados obtidos para os chips de tucumã revelam um perfil nutricional caracterizado por alto teor lipídico (29,55%), moderado teor de carboidratos (39,23%) e baixo teor proteico (5,82%), além de um valor energético elevado (446,15 kcal/100 g). Esses achados estão alinhados com a composição da polpa de tucumã descrita na literatura, que destaca seu elevado teor de lipídios e carboidratos com alto potencial calórico, atribuídos principalmente à presença de ácidos graxos como o ácido oleico e carotenoides, como o β-caroteno, que conferem valor nutricional e funcional ao fruto (Casas et al., 2022; SIBBr, 2018).

A umidade dos chips de tucumã foi de 24,28%, valor considerado adequado para produtos secos, pois contribui para a crocância e extensão da vida útil, uma vez que reduz a atividade de água e o risco de deterioração microbiana. De acordo Manzocco et al. (2010), com indicando que o produto obtido pode apresentar boa conservação durante o armazenamento, desde que mantido em condições adequadas de temperatura e embalagem. O teor de umidade dos chips de tucumã é semelhante ao de bananas passas, que apresentam entre 20% e 25% de umidade, conforme descrito por Batista et al. (2014). Em contrapartida, snacks de soja apresentam valores mais baixos, variando de 2,4% a 5,3%, segundo Maetens et al. (2017). Para produtos extrusados crocantes, como tortilhas, o teor ideal de umidade situa-se geralmente abaixo de 5% (Coutinho et al., 2013), o que indica que, embora os chips de tucumã apresentem crocância, sua textura pode diferir da de snacks altamente secos, aproximando-se mais da textura característica de frutas desidratadas.

O teor de cinzas de 7,12% nos chips de tucumã reflete uma elevada concentração de minerais, valor superior ao encontrado na polpa *in natura*, que varia de 1,08% a 4,09% (Azevedo et al., 2017; Santos et al., 2018). Esse aumento é atribuído à desidratação, que concentra os nutrientes do fruto. O tucumã é conhecido por seu conteúdo de ferro, potássio e manganês, além de lipídios, fibras e compostos bioativos (Santos et al., 2018). Assim, os chips representam um snack funcional, contribuindo para a ingestão de minerais essenciais.

Os lipídeos representaram 29,55% da composição dos chips, valor elevado e característico do tucumã, fruto conhecido por seu alto conteúdo de óleos naturais ricos em ácidos graxos insaturados. Conforme descrito por (Souza et al., 2024), o óleo de tucumã apresenta concentrações significativas de ácido oleico, associado à promoção da saúde cardiovascular. Esse elevado teor lipídico confere ao produto uma vantagem funcional, mas também exige cuidados quanto à oxidação lipídica durante o armazenamento.

O teor proteico de 5,82% nos chips de tucumã representa uma contribuição modesta ao valor nutricional, mas relevante no contexto do produto desidratado. As proteínas

presentes atuam na manutenção tecidual e em funções metabólicas essenciais.

Os carboidratos corresponderam a 33,23% da composição centesimal, sendo o componente majoritário do produto. A alta concentração de carboidratos confere aos chips de tucumã um importante valor energético, além de promover a sensação de saciedade, favorecendo sua inclusão em dietas equilibradas.

O valor energético dos chips de tucumã foi de 446,15 kcal/100 g, indicando um alimento altamente calórico. Essa densidade energética está associada à presença significativa de lipídios e carboidratos, fornecendo energia rápida e prolongada. Por isso, o produto pode ser uma opção estratégica em dietas com maior demanda energética, como as voltadas à prática esportiva ou ao ganho de peso de forma equilibrada.

Comparando com estudos que produziram chips a partir de outras matérias-primas, observa-se que a composição nutricional varia conforme a matriz utilizada, refletindo as características intrínsecas de cada alimento. Por exemplo, chips produzidos a partir de batata-doce (Timalsina et al., 2019) ou mandioca (Grizotto & Menezes, 2004) geralmente apresentam menor teor lipídico e energético, porém maior teor de carboidratos e fibras, o que pode influenciar na textura e aceitação sensorial do produto. Já chips elaborados com frutas oleaginosas ou sementes, como o tucumã, tendem a apresentar maior valor energético devido ao seu conteúdo lipídico, podendo ser indicados como *snacks* energéticos e fontes de gorduras insaturadas benéficas à saúde.

Além disso, a valorização do tucumã como matéria-prima para chips agrega benefícios regionais e nutricionais, aproveitando um fruto nativo com potencial funcional comprovado, inclusive por suas propriedades antioxidantes (Azevedo et al., 2017) e antimicrobianas (Sousa et al., 2023). Essa característica diferencia o produto frente a chips convencionais, ampliando seu mercado para nichos que buscam alimentos com atributos funcionais e naturais.

O pH dos chips foi de 5,66±0,29, indicando um alimento levemente ácido. Essa acidez é benéfica para a segurança microbiológica do produto, dificultando o crescimento de micro-organismos patogênicos. Conforme apontado por Yeganehzad et al. (2020), alimentos com pH inferior a 6,0 apresentam maior resistência a contaminações microbiológicas, reforçando a estabilidade e a qualidade dos chips.

Portanto, a produção de chips de tucumã representa uma alternativa inovadora e promissora na valorização de matérias-primas regionais, combinando aspectos nutricionais favoráveis com potencial para diversificação de produtos alimentícios. Estudos futuros podem aprofundar a comparação sensorial, tecnológica e nutricional com chips de outras matrizes, consolidando o tucumã como um ingrediente funcional e sustentável no setor de *snacks*.

3.2 Determinação e quantificação de β-caroteno obtido dos chips de *A. aculeatum* por HPLC

A **Fig. 3** apresenta os cromatogramas obtidos na análise da presença de *β*-caroteno nas amostras de farinha e chips de tucumã-do-Amazonas, realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Essa técnica permitiu a separação, identificação e quantificação precisa do composto bioativo, essencial para a caracterização da qualidade nutricional dos produtos analisados. A utilização do HPLC é amplamente reconhecida como uma abordagem eficaz para a determinação de carotenoides em matrizes alimentares, sendo fundamental para avaliar o valor funcional de alimentos provenientes de frutos amazônicos, conhecidos por sua elevada concentração em compostos antioxidantes e provitamina A (Amorim et al., 2024).

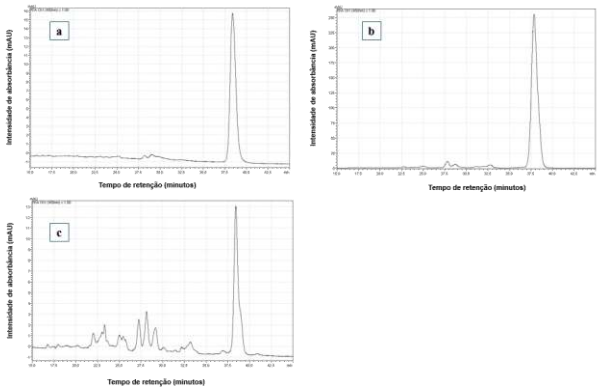


Fig. 3 Cromatograma do padrão do *β*-caroteno (a), da farinha de tucumã-do-Amazonas (b), e dos chips de farinha de tucumã-do-Amazonas (c).

Na **Fig. 3a**, apresenta-se o cromatograma do padrão de β-caroteno, exibindo um pico bem definido em torno de 38 minutos de tempo de retenção. Esse tempo de retenção é utilizado como parâmetro para a identificação do composto nas amostras analisadas. De acordo com Gurak (2011), o *β*-caroteno apresenta alta estabilidade cromatográfica e um tempo de retenção relativamente longo em colunas C18, garantindo confiabilidade na identificação.

Na **Fig. 3b**, observa-se o cromatograma correspondente à farinha de tucumã-do-Amazonas, evidenciando um pico no mesmo tempo de retenção do padrão de *β*-caroteno. Essa coincidência confirma a presença do composto na matriz analisada. Em estudos similares, Martínez-Girón et al. (2024) também reportaram a detecção de *β*-caroteno em polpa pupunha, outro fruto amazônico, reforçando a importância nutricional desses alimentos como fontes naturais de provitamina A.

A **Fig. 3c** apresenta o cromatograma dos chips elaborados com farinha de tucumã, no qual o pico correspondente ao β-caroteno permanece claramente visível no tempo de retenção esperado. Observam-se também sinais menores, frequentemente denominados “ruídos”, que podem ser atribuídos a impurezas naturais da matriz ou resíduos provenientes do processo de extração. Esse fenômeno é comum em cromatogramas de matrizes alimentares complexas, devido à presença de diversos compostos extraídos que geram picos menores próximos ao principal. Entretanto, desde que o pico do *β*-caroteno esteja bem resolvido e com boa relação sinal-ruído, a quantificação não é comprometida, garantindo a confiabilidade da análise (Rodriguez-Amaya, 2001; Rodriguez-Amaya et al., 2004).

Na **Fig. 4a** apresentam-se os teores de β-caroteno determinados nas amostras de farinha de tucumã-do-Amazonas e nos chips elaborados a partir dessa farinha. A farinha de tucumã apresentou um teor de 161,61 mg de β-caroteno por 100 g, enquanto os chips, mesmo após o processamento térmico, mantiveram um teor de 20,01 mg de β-caroteno por 100 g. Segundo Mota et al. (2024), perdas de carotenoides entre 60% e 90% são comuns durante o processamento térmico de alimentos, especialmente em temperaturas elevadas.

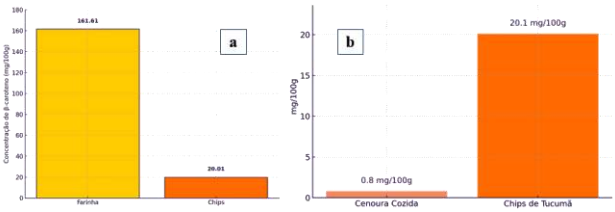


Fig. 4 Teor de β-caroteno (mg/100g) na farinha de tucumã e nos chips (a), e comparação do teor de β-caroteno entre cenoura cozida e chips elaborados com farinha de tucumã-do-Amazonas (b).

A **Fig. 4b** apresenta a comparação entre o teor de *β*-caroteno dos chips de tucumã-do-Amazonas e da cenoura cozida, tradicionalmente reconhecida como uma importante fonte desse carotenoide. Enquanto a cenoura cozida apresenta aproximadamente 0,8 mg de *β*-caroteno por 100 g (Universidade Estadual de Campinas [UNICAMP], 2011; U.S. Department of Agriculture, 2024), os chips de tucumã mantiveram 20,1 mg/100 g mesmo após o processamento térmico, evidenciando uma concentração mais de 25 vezes superior. Este resultado ressalta o potencial do tucumã como uma fonte excepcional de provitamina A, especialmente considerando as perdas esperadas durante o aquecimento de alimentos. Além disso, o teor significativamente elevado de β-caroteno nos chips posiciona o produto como uma alternativa promissora para o enriquecimento nutricional de dietas, contribuindo para o combate à deficiência de vitamina A em populações vulneráveis.

De acordo com Assis et al. (2025), a estabilidade dos carotenoides em matrizes oleaginosas pode ser favorecida pela presença natural de lipídios, que atuam como barreira protetora contra a degradação térmica e foto-oxidativa. No caso dos chips de tucumã, o alto teor de lipídios da matriz pode ter desempenhado um papel fundamental na preservação do *β*-caroteno, mesmo após a etapa de cocção. Essa característica destaca não apenas a importância nutricional do produto, mas também sua viabilidade tecnológica como ingrediente funcional de alta estabilidade em processos de armazenamento e comercialização. Assim, os chips de tucumã representam uma estratégia inovadora para agregar valor à frutos amazônicos e potencializar seu aproveitamento na indústria de alimentos saudáveis.

4. Conclusão

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que os chips elaborados com farinha de tucumã-do-Amazonas apresentam um teor significativo de *β*-caroteno, mesmo após o processamento térmico, o que reforça seu potencial funcional e nutricional. A elevada concentração desse carotenoide, superior à de alimentos tradicionalmente reconhecidos como fontes de provitamina A, como a cenoura cozida, destaca os chips de tucumã como uma alternativa inovadora para o desenvolvimento de produtos saudáveis, voltados à promoção da saúde e ao enriquecimento de dietas equilibradas.

Além dos benefícios nutricionais, a utilização da farinha de tucumã representa uma importante estratégia de valorização de frutos nativos da sociobiodiversidade amazônica. O aproveitamento deste recurso local na formulação de novos alimentos contribui para a promoção de práticas sustentáveis, para a geração de renda em comunidades extrativistas e para o fortalecimento de cadeias produtivas mais justas e conscientes. Dessa forma, o desenvolvimento dos chips de tucumã alia inovação tecnológica, incentivo à conservação ambiental e responsabilidade social.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas pelo apoio científico, tecnológico, financeiro e bolsas de estudos.

Contribuições dos Autores

V.S.M.: Investigação, Curadoria de Dados, Redação - Preparação do Rascunho Original e Edição. L.N.N.: Investigação. B.R.L.: Investigação. J.P.L.A.: Investigação. F.C.A.S.: Orientação e Supervisão. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

Disponibilidade de dados e materiais

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está disponível mediante solicitação à Autora correspondente.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram que não têm interesses conflitantes.

Financiamento

Esta pesquisa foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) (POSGRAD/FAPEAM) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) (código financeiro 001 e através do projeto PDPG consolidação 3 e 4, processo número 88887.707273/2022–01) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

References

Amorim, I. S., Amorim, D. S., Godoy, H. T., Mariutti, L. R. B., Chisté, R. C., Pena, R. da S., Bogusz Junior, S., & Chim, J. F. (2024). Amazonian palm tree fruits: From nutritional value to diversity of new food products. *Heliyon*, *10*(2), e24054. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24054

Assis, R. Q., Maciel, F. S., Queiroz, B. B. T., Rios, A. de O., & Pertuzatti, P. B. (2025). Active films incorporated with pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) or buriti (Mauritia flexuosa L.) oil as strategy to protection of lipid oxidation and carotenoids photodegradation. *Food Chemistry*, *482*, 144085. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144085

Azevedo, S. C. M., Vieira, L. M., Matsuura, T., Silva, G. F. da, Duvoisin Junior, S., & Albuquerque, P. M. (2017). Estudo da conservação das propriedades nutricionais da polpa de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) *in natura* em embalagens a vácuo. *Brazilian Journal of Food Technology*, *20*(0). https://doi.org/10.1590/1981-6723.10716

Batista, D. de V. S., Cardoso, R. L., Godoy, R. C. B. de, & Evangelista-Barreto, N. S. (2014). Estabilidade físico-química e microbiológica de banana passa orgânica. *Ciência Rural*, *44*(10), 1886–1892. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130442

Casas, L. L., Jesus, R. P. de, Neto, P. de Q. C., & Corrêa, S. A. M. (2022). Aspectos nutricionais, químicos e farmacológicos de Tucumã (*Astrocaryum aculeatum Meyer* e *Astrocaryum vulgare* Mart.) Nutritional, chemical and pharmacological aspects of Tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer and *Astrocaryum vulgare* Mart.). *Brazilian Journal of Development*, *8*(2), 13667–13687. https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-344

Coutinho, L. S., Batista, J. E. R., Caliari, M., & Soares Júnior, M. S. (2013). Optimization of extrusion variables for the production of snacks from by-products of rice and soybean. *Food Science and Technology (Campinas)*, *33*(4), 705–712. https://doi.org/10.1590/S0101-20612013000400016

De Rosso, V. V., & Mercadante, A. Z. (2005). Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia punicifolia* L.) from two harvests. *Food Research International*, *38*(8–9), 1073–1077. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.02.023

Ferreira, M. J. A., Mota, M. F. S., Mariano, R. G. B., & Freitas, S. P. (2022). Current scenario and recent advancements from tucumã pulp oil and kernel fat processing. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *124*(12). https://doi.org/10.1002/ejlt.202100231

Grizotto, R. K., & Menezes, H. C. de. (2004). Efeito da fermentação na qualidade de "chips" de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *24*(2), 170–177. https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000200003

Gul, K., Tak, A., Singh, A. K., Singh, P., Yousuf, B., & Wani, A. A. (2015). Chemistry, encapsulation, and health benefits of β-carotene - A review. *Cogent Food & Agriculture*, *1*(1), 1018696. https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1018696

Gurak, P. D. (2011). *Degradação térmica e química de beta-caroteno e sua relação com*

a capacidade antioxidante e propriedades de cor. Tese (doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2011.836958

Horwitz, W., & Latimer, G. W. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). AOAC International.

Kaur, M., Sumaya, & Kalidhasan, M. (2024). Food, Snacks, and Beverages: Business Management Perspectives. Em *Reference Module in Social Sciences*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13701-3.00523-5

Ma, C., Li, C., Tian, H., Zhang, Q., Daizhu Lv, & Wang, M. (2025). Behavior of commonly used pesticides and their metabolites in banana fruits from cultivation, storage, maturation to crisp chips processing and health risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107550–107550. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107550

Machado, A. P. da F., Nascimento, R. de P. do, Alves, M. da R., Reguengo, L. M., & Marostica Junior, M. R. (2022). Brazilian tucumã-do-Amazonas (*Astrocaryum aculeatum*) and tucumã-do-Pará (*Astrocaryum vulgare*) fruits: bioactive composition, health benefits, and technological potential. *Food Research International*, *151*, 110902. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110902

Maetens, E., Hettiarachchy, N., Dewettinck, K., Horax, R., Moens, K., & Moseley, D. O. (2017). Physicochemical and nutritional properties of a healthy snack chip developed from germinated soybeans. *LWT*, *84*, 505–510. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.020

Manzocco, L., Calligaris, S., & Nicoli, M. C. (2010). Methods for food shelf life determination and prediction. Em *Oxidation in Foods and Beverages and Antioxidant Applications* (p. 196–222). Elsevier. https://doi.org/10.1533/9780857090447.1.196

Martínez-Girón, J., Cafarella, C., Rigano, F., Giuffrida, D., Mondello, L., Baena, Y., Osorio, C., & Ordóñez-Santos, L. E. (2024). Peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) peel: A source of provitamin A carotenoids to develop emulsion-based delivery systems. *ACS Omega*, *9*(26), 28738–28753. https://doi.org/10.1021/acsomega.4c03095

Mota, M. F. dos S., Santos, R. R., Rocha, V. A. L., Braga, D. T., Gomez, J. G. C., Freitas, S. P., Cortes, M. V. de C. B., Freitas Silva, O., Perrone, D., Cavalcanti, E. d'Avila C., & Guimarães Freire, D. M. (2024). Extraction of phenolic compounds from tucuma (*Astrocaryum vulgare* Mat.) postprocessing cake mediated by rhamnolipids: Evaluation of its antifungal potential against common fruit pathogens. *ACS Food Science & Technology*, *4*(10), 2430–2438. https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.4c00563

Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). A guide to carotenoid analysis in foods (Vol. 71). Washington, DC, USA:: ILSI press. https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a70fa5a74e79a526d8ea898d193da3588a09a9b6

Rodriguez-Amaya, Delia B., Kimura, M. 2004. HarvestPlus handbook for carotenoid analysis. HarvestPlus Technical Monographs. 2. https://hdl.handle.net/10568/157384

Sagrillo, M. R., Garcia, L. F. M., de Souza Filho, O. C., Duarte, M. M. M. F., Ribeiro, E. E., Cadoná, F. C., & da Cruz, I. B. M. (2015). Tucumã fruit extracts (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) decrease cytotoxic effects of hydrogen peroxide on human lymphocytes. *Food Chemistry*, *173*, 741–748. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.067

Santos, M. M. R., Fernandes, D. S., Cândido, C. J., Cavalheiro, L. F., Silva, A. F. da, Nascimento, V. A. do, Ramos Filho, M. M., Santos, E. F. dos, & Hiane, P. A. (2018). Physical-chemical, nutritional and antioxidant properties of tucumã (*Astrocaryum huaimi* Mart.) fruits. *Semina: Ciências Agrárias*, *39*(4), 1517. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n4p1517

SIBBr. (2018). Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira. Tucumã, fruto, polpa, sem casca, sem semente, cru [Base de dados]. https://ferramentas.sibbr.gov.br/ficha/bin/view/FN/ShortName/3625_tucuma_fruto_polpa_sem_casca_sem_semente_crua

Sousa, M. L. R. de, Albuquerque, I. R. de, Moura, L. P. R., Rocha, B. S. da, Nogueira, J. da C., & Freitas, A. D. G. de. (2023). Potencial antimicrobiano dos extratos metanólicos das plantas *Astrocaryum aculeatum* (tucumã) e *Turnera subulata* (flor do Guarujá) frente a isolados de bactérias patogênicas. *Revista Valore*, *8*. https://doi.org/10.22408/reva8020231013e-8065

Souza, L. R. de, Santos, I. A., Machado, G. G. L., Pereira, E. P., Vilas Boas, E. V. de B., Botrel, D. A., Carvalho, E. E. N. de, & Damiani, C. (2024). Microencapsulation of carotenoids from tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) peel by :spray drying: Physicochemical properties, antioxidant activity and application in yogurt. *Food and Humanity*, *3*, 100454. https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100454

Timalsina, P., Prajapati, R., Bhaktaraj, S., Shrestha, R., Shrestha, S., & Mitra, P. (2019). Sweet potato chips development and optimization of chips processing variables. *Open Agriculture*, *4*(1), 118–128. https://doi.org/10.1515/opag-2019-0011

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas. (2011). *Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO (4ª ed.). Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação* – NEPA. https://www.unicamp.br/nepa/taco

U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2024). *FoodData Central: Carrots, cooked, boiled, drained, without salt (FDC ID: 11083)*. https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/11083/nutrients

Yeganehzad, S., Kiumarsi, M., Nadali, N., & Rabie Ashkezary, M. (2020). Formulation, development and characterization of a novel functional fruit snack based on fig (*Ficus carica* L.) coated with sugar-free chocolate. *Heliyon*, *6*(7), e04350. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04350

FOOD SCIENCE TODAY

journals.royaldataset.com/fst