

EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE CAROTENOIDES EM EMPANADOS, TIPO NUGGETS, VEGANOS ELABORADOS COM SUBPRODUTOS DE GRUMIXAMA (*Eugenia brasiliensis* LAM.)

Giovanna Brandão Moreira¹, Felipe Silva Pereira¹, Eduarda Garcia Soares², Josiane Freitas Chim³, Vanessa Pires da Rosa³, Elizangela Oliveira Gonçalves³

¹Graduando em Química de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas -RS, Brasil (gibrandaomoreira@gmail.com)

²Graduando em Tecnologia em Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, Brasil

³Professor, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, Brasil

Resumo: Este trabalho avalia o uso das farinhas de polpa e semente de grumixama (*Eugenia brasiliensis*) como ingredientes funcionais em nuggets *plant-based*. Investigou-se o potencial dessas matrizes como corantes naturais e fontes de compostos bioativos. A metodologia envolveu a extração de carotenoides totais e a análise cromática (sistema CIELab) das formulações. Objetiva-se correlacionar a eficiência de extração dos pigmentos com a aceitação visual e estabilidade térmica do produto final.

Palavras-chave: Compostos bioativos; Pigmentos naturais; análogos de carne; Colorimetria; Frutos nativos.

INTRODUÇÃO

A transição global para sistemas alimentares mais sustentáveis e saudáveis tem impulsionado, nas últimas décadas, o crescimento expressivo do mercado de alimentos à base de plantas (*plant-based*). Esta tendência não é apenas uma resposta às preocupações éticas e ambientais, mas também uma estratégia de saúde pública para a redução de doenças crônicas não transmissíveis associadas ao consumo excessivo de produtos de origem animal (WILLETT et al., 2019; TOOHEY; NARAYANAN, 2022). Nesse cenário, os empanados vegetais, análogos aos nuggets tradicionais, configuram-se como uma categoria estratégica por combinarem conveniência e ampla aceitação sensorial. Contudo, o desenvolvimento desses produtos impõe desafios tecnológicos significativos, como a necessidade de mimetizar a textura, a suculência e a aparência visual da carne utilizando exclusivamente ingredientes de origem vegetal (TOTOSAUS et al., 2016; KYRIAKIDIS et al., 2021).

Paralelamente, o interesse científico e industrial na utilização de matérias-primas não convencionais da biodiversidade brasileira tem crescido como forma de agregar valor à recursos regionais e promover a economia circular. A grumixama (*Eugenia brasiliensis*), fruto nativo da Mata Atlântica, destaca-se por seu elevado potencial nutricional e funcional. Enquanto sua polpa é reconhecida como uma fonte rica em compostos fenólicos, vitamina C e antocianinas (RUFINO et al., 2010; SILVA et al., 2014), a semente da grumixama — frequentemente

descartada como resíduo — possui uma composição relevante em fibras alimentares e compostos bioativos bioacessíveis (SOUZA et al., 2019). O aproveitamento integral do fruto, através da produção de farinhas de polpa e semente, apresenta-se como uma solução sustentável para a formulação de novos ingredientes alimentícios (FAO, 2019).

Um dos atributos sensoriais mais críticos na aceitação de alimentos processados é a cor, que atua como um indicador primário de qualidade para o consumidor. Na grumixama, essa característica é conferida principalmente pelas antocianinas, que proporcionam tons do vermelho ao roxo escuro, e pelos carotenoides, metabólitos secundários que variam do amarelo ao vermelho intenso. Os carotenoides, como o beta-caroteno, são pigmentos lipossolúveis cujas estruturas químicas são caracterizadas por um sistema de ligações duplas conjugadas, responsáveis pela absorção de luz e pela atividade antioxidante. Entretanto, essa mesma configuração estrutural torna tanto as antocianinas quanto os carotenoides altamente sensíveis a fatores extrínsecos como pH, oxigênio e, principalmente, às elevadas temperaturas empregadas no processamento térmico de empanados (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009).

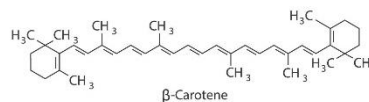




Figura 1. Estrutura química da molécula de beta-caroteno.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026) a partir de elementos do Canva IA.

No desenvolvimento de nuggets *plant-based*, a incorporação das farinhas de grumixama surge como uma alternativa estratégica aos corantes sintéticos. No entanto, a complexidade da matriz vegetal exige uma compreensão profunda dos mecanismos de extração e retenção desses pigmentos para garantir a estabilidade cromática e funcional do produto final. Apesar deste potencial promissor, ainda são escassas as investigações que correlacionam o perfil de pigmentos extraídos com os parâmetros físico-químicos de cor em sistemas alimentares complexos não cárneos. Existe uma lacuna científica no que diz respeito à avaliação integrada da estabilidade desses compostos bioativos durante a fritura ou forneamento.

Diante do exposto, o presente estudo justifica-se pela necessidade de desenvolver alternativas tecnológicas que valorizem os frutos nativos brasileiros e atendam à demanda por produtos de conveniência com alto valor agregado. O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial da farinha da polpa e da farinha da semente de grumixama como fontes de carotenoides e corantes funcionais em nuggets *plant-based*, correlacionando a eficiência de extração desses compostos com as variações cromáticas observadas na formulação final.

MATERIAL E MÉTODOS

A condução do experimento iniciou-se com a obtenção de frutos maduros de grumixama roxa (*Eugenia brasiliensis* Lam.) provenientes de uma propriedade rural na região sul do Rio Grande do Sul (31°45'24.0"S; 52°19'02.2"W). A coleta manual ocorreu durante o período de safra, entre novembro e dezembro de 2026. Após o transporte ao Laboratório de Desenvolvimento de Novos Produtos e Processos Agroindustriais da UFPel, os frutos passaram por uma rigorosa seleção manual para descarte de unidades com danos mecânicos ou deterioração. A higienização foi realizada por imersão em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm) por 15 minutos, seguida de enxágue em água corrente.

O processamento das frações envolveu o despulpamento manual em peneira de aço inoxidável, separando-se a polpa (rica em antocianinas e fenólicos) da semente (fonte de fibras e antioxidantes). Ambas as frações foram distribuídas em camadas finas e submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçado a 60 °C, até que o teor de umidade fosse inferior a 10%. As amostras desidratadas foram trituradas em moinho de facas e padronizadas em peneira de malha 60 (250 µm). As farinhas resultantes foram armazenadas em

recipientes de polietileno herméticos, protegidas da luz, a 25 °C.

Para o desenvolvimento dos empanados *plant-based*, foram delineadas cinco formulações: um controle (P) e quatro tratamentos contendo as farinhas de grumixama em substituição parcial da matriz base. Foram testadas as concentrações de 1% e 3% para a farinha de semente (F1 e F2, respectivamente) e para a farinha de polpa (F3 e F4). A base vegetal foi constituída de proteína de soja texturizada hidratada, farinha de rosca (5%), óleo vegetal, sal e condimentos. Após a pesagem em balança analítica, os ingredientes foram homogeneizados manualmente por 5 minutos até a obtenção de uma massa coesa, moldada em formato padronizado e empanada. Os nuggets foram acondicionados sob refrigeração (4 °C) por 24 horas antes das análises.

A determinação de carotenoides totais seguiu o protocolo de Rodriguez-Amaya (1999). Amostras de 5 g foram homogeneizadas com Celite e acetona gelada (±8 °C), filtradas e submetidas à partição em funil de separação com éter de petróleo. Após a lavagem da fase lipídica para remoção da acetona e desidratação com sulfato de sódio anidro, o extrato foi aferido em balão volumétrico de 50 mL. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 450 nm, utilizando éter de petróleo como branco. O cálculo do teor foi realizado através da equação:

$$\text{Carotenoides Totais } (\mu\text{g/g}) = \frac{A \cdot V \cdot 10^4}{E_{1\text{cm}}^{1\%} \cdot m}$$

Em que A representa a absorbância, V o volume final, m a massa da amostra e $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ o coeficiente de extinção do beta-caroteno em éter de petróleo (2592). Complementarmente, a avaliação da cor foi executada via colorímetro portátil (Minolta CR-400, iluminante D65), registrando-se os parâmetros L^* (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho) e b^* (intensidade de amarelo) em triplicata na superfície dos produtos.

A análise estatística consistiu em ANOVA (delineamento inteiramente casualizado) com teste de Tukey posterior para comparação de médias ($p < 0,05$). Foram avaliados cinco tratamentos com três repetições cada, utilizando o software Statistica® 4.2, com dados apresentados em média e desvio padrão.

O texto foi revisado com auxílio do Gemini (Google), utilizado para sugestões de clareza e correção gramatical.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de compostos fenólicos totais, carotenoides totais e parâmetros de cor para os nuggets formulados com farinha da polpa e da semente de grumixama (*Eugenia brasiliensis*)

revelam o potencial tecnológico e funcional desse fruto nativo.

Na análise dos nuggets com polpa, observou-se que a adição de 3% de farinha promoveu um aumento expressivo no teor de fenólicos totais ($366,75 \pm 14,86$ mg Eq. Ac. Gálico $100g^{-1}$), embora estatisticamente todas as amostras tenham compartilhado a mesma letra ("a"), indicando uma estabilidade frente ao processamento, conforme observado na Tabela 1.

Quanto aos carotenoides, houve uma diferença significativa ($p < 0,05$) com o aumento da concentração da polpa. A amostra com 3% apresentou o maior valor ($2,80 \pm 0,04 \mu g$ beta-caroteno g^{-1}), superando a amostra padrão e a de 1%. Isso demonstra que a polpa de grumixama é uma fonte eficiente para o enriquecimento de pigmentos naturais e precursores de vitamina A em produtos *plant-based*, mesmo após o tratamento térmico (GIUSTI; WROLSTAD, 2001).

Tabela 1. Concentração de carotenoides totais em empanados formulados com farinha de polpa de grumixama.

Amostra	Carotenoides μg beta-caroteno g^{-1}
Empanados 1%	$2,24 \pm 0,04 b$
Empanados 3%	$2,80 \pm 0,04 a$
Padrão	$1,86 \pm 0,07 c$

Legenda: média de Três determinações $\pm$ estimativa de desvio padrão.

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna evidenciam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) entre as amostras.

Para os nuggets elaborados com a semente, os teores de fenólicos mantiveram-se estáveis entre as formulações, sem diferença significativa entre o padrão e as adições de 1% e 3%. No entanto, destaca-se que os valores absolutos são elevados, o que reforça o potencial de aproveitamento do subproduto (semente) para manter a capacidade antioxidante do alimento.

No perfil de carotenoides, o comportamento foi inverso ao da polpa: a amostra padrão apresentou teores ligeiramente superiores ou similares aos nuggets com semente, com a formulação de 1% apresentando o menor valor ($1,78 \pm 0,02 \mu g$ g^{-1}). Isso pode sugerir que os carotenoides da semente podem ser mais sensíveis à oxidação durante o processamento ou que a matriz da semente possui uma concentração natural inferior comparada à polpa (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009).

Tabela 2. Concentração de carotenoides totais em empanados formulados com farinha de semente de grumixama.

Amostra	Carotenoides μg beta-caroteno g^{-1}
Empanados 1%	$1,78 \pm 0,02 b$
Empanados 3%	$2,82 \pm 0,09 a$
Padrão	$1,86 \pm 0,07 b$

Legenda: média de Três determinações $\pm$ estimativa de desvio padrão.

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna evidenciam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) entre as amostras.

O incremento nos teores de carotenoides totais foi estatisticamente significativo ($p < 0,05$) conforme se elevou a concentração das farinhas de 1% para 3%. Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis responsáveis pelas colorações amarelo-alaranjadas e possuem reconhecido potencial antioxidante e precursor de vitamina A.

Observou-se que a amostra de 3% polpa e 3% semente atingiram valores muito próximos ($2,80$ e $2,82 \mu g$ g^{-1} respectivamente), superando o controle. Esse aumento é particularmente relevante considerando que os carotenoides são compostos termossensíveis. A presença desses compostos no produto final indica que a matriz alimentícia dos nuggets (composta por proteínas e fibras) pode ter exercido um efeito protetor, minimizando a degradação oxidativa durante o processamento térmico.

Além disso, a literatura aponta que a grumixama possui um perfil rico em carotenoides como o beta-caroteno e licopeno. A manutenção desses teores sugere que o uso da farinha (seja da polpa ou semente) é uma estratégia viável para a biofortificação de produtos processados, elevando o valor nutricional de um alimento tradicionalmente visto como pobre em micronutrientes.

A análise instrumental de cor revelou mudanças significativas ($p < 0,05$) com a inclusão das farinhas de grumixama em comparação à amostra controle (0%). Os parâmetros L^* (luminosidade), a^* (coordenação vermelho-verde) e b^* (coordenação amarelo-azul) apresentaram variações que corroboram o perfil químico das amostras.

Tabela 3. Caracterização colorimétrica de empanados elaborados com subprodutos de grumixama.

Amostra	L	a*	b*
A (0%)	$32,35 \pm 0,89^a$	$8,25 \pm 0,91a$	$13,65 \pm 1,89a$
B (1% P)	$34,22 \pm 0,87b$	$6,18 \pm 0,66b$	$11,11 \pm 1,55b$



C (3%P)	48,57 ± 1,07c	6,34 ± 0,32c	12,11± 1,15c
D (1% S)	33,22 ± 0,88 ^a	6,15 ± 0,58b	10,09± 1,88d
E (3% S)	37,57 ± 0,85d	6,33 ± 0,26c	12,11± 0,89c

A – empanado controle; B- empanado com adição de 1% de polpa de grumixama; C empanado com adição de 3% de polpa de grumixama; D - empanado com adição de 1% de farinha de semente de grumixama; E- empanado com adição de 3% de farinha de semente de grumixama;

Legenda: média de Três determinações ± estimativa de desvio padrão.

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna evidenciam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) entre as amostras.

A luminosidade (L^*) aumentou de forma mais expressiva nos nuggets com polpa (P), especialmente na amostra de 3% ($48,57 \pm 1,07$), indicando que a farinha da polpa conferiu um aspecto mais claro ao produto final em comparação ao padrão. Nas amostras com semente (S), a luminosidade também aumentou na concentração de 3%, mas de forma menos intensa que na polpa, sugerindo que os componentes da semente mantêm uma matriz visualmente mais densa ou escura.

Em relação ao parâmetro a^* , houve uma redução nos valores em todas as formulações com grumixama em relação ao padrão (8,25), o que indica uma atenuação da intensidade do vermelho original. Contudo, as amostras com 3% (tanto polpa quanto semente) apresentaram valores de a^* estatisticamente superiores (6,34 e 6,33) aos das amostras de 1%, o que se correlaciona diretamente com o maior teor de carotenoides e antocianinas presentes nas maiores concentrações de fruto. Esse comportamento é típico em processamentos térmicos, onde a degradação parcial de pigmentos sensíveis ao calor pode ser compensada por uma carga maior de matéria-prima (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009).

O parâmetro b^* seguiu uma tendência de queda inicial em relação ao padrão, indicando uma redução nos tons amarelados. No entanto, o aumento da concentração de 1% para 3% de farinha resultou em um incremento significativo em b^* , sugerindo que os pigmentos naturais da grumixama ajudam a definir a identidade visual do nugget, tornando-o cromaticamente distinto da formulação convencional.

A correlação entre os parâmetros cromáticos e a composição química dos nuggets é um indicador direto da eficiência da incorporação das farinhas. Observa-se que a polpa de grumixama atua como um agente modificador de luminosidade; o aumento

expressivo em L^* na amostra de 3% sugere que os constituintes da polpa promovem uma matriz visualmente mais aberta e clara. Paralelamente, essa amostra garantiu os maiores teores de carotenoides totais, estabelecendo uma relação direta entre a retenção desses pigmentos e a vivacidade da cor final. Do ponto de vista tecnológico, isso é fundamental, pois os carotenoides, além de sua função biológica como precursores de vitamina A, conferem uma tonalidade que é associada pelo consumidor a produtos frescos e de origem vegetal.

Por outro lado, a farinha da semente apresenta um comportamento distinto e complementar. Embora sua influência na cor instrumental seja mais discreta — mantendo o produto com uma tonalidade mais próxima ao padrão em termos de luminosidade — ela se destaca pela robustez na preservação da estabilidade dos compostos fenólicos. Essa característica sugere que a matriz da semente, possivelmente devido à sua estrutura fibrosa, protege os antioxidantes durante o estresse térmico do processamento.

Essa avaliação conjunta é imperativa para o desenvolvimento de novos produtos *plant-based*. A cor não atua apenas como um fator de atração, mas como um atributo sensorial crítico diretamente associado à percepção de qualidade e ao valor nutricional implícito (GIUSTI; WROLSTAD, 2001). Enquanto a polpa comunica visualmente a presença de bioativos através da luminosidade e pigmentação amarela (b^*), a semente contribui silenciosamente com a densidade de fenólicos, resultando em um alimento que equilibra aceitação sensorial e funcionalidade química.

Dessa forma, a escolha entre o uso da polpa ou da semente (ou sua combinação) permite ao formulador modular o produto final conforme o objetivo: priorizar o impacto visual e aporte de carotenoides com a polpa, ou focar no enriquecimento fenólico e aproveitamento de subprodutos com a semente.

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a incorporação das farinhas de polpa e semente de grumixama (*Eugenia brasiliensis*) em nuggets é uma estratégia tecnológica viável e eficaz para o desenvolvimento de produtos alimentícios com valor funcional agregado. Ambas as frações do fruto promoveram um enriquecimento significativo em compostos bioativos, especialmente em carotenoides totais nas formulações de 3%, superando a amostra padrão. O processamento tecnológico não comprometeu a estabilidade dos compostos fenólicos, sugerindo que tanto a polpa quanto a semente atuam como fontes robustas de antioxidantes naturais, mesmo após o



tratamento térmico. A análise de cor confirmou que a polpa influencia mais a luminosidade e a pigmentação do produto, enquanto a semente permite um aproveitamento integral do fruto sem alterar drasticamente o aspecto visual tradicional, o que pode favorecer a aceitação sensorial.

Em suma, o uso integral da grumixama — incluindo a valorização da semente como subproduto industrial — atende às demandas atuais por alimentos *plant-based* mais nutritivos e processos produtivos sustentáveis. Conclui-se que a concentração de 3% de adição, em ambas as frações, apresenta o melhor equilíbrio entre o aporte de micronutrientes e a manutenção das características físico-químicas desejáveis para este tipo de produto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos colegas e orientadores do Grupo de Pesquisa de Desenvolvimento de Novos Produtos Agroindustriais (DNPAGRO), da Universidade Federal de Pelotas. A convivência e o trabalho compartilhado foram fundamentais não apenas para a execução desta pesquisa, mas para o meu crescimento profissional e acadêmico.

REFERÊNCIAS

CASTAÑEDA-OVANDO, A. et al. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, Oxford, v. 113, n. 4, p. 859-871, 2009.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction**. Rome: FAO, 2019.

FARIAS, B. B. et al. Characterization of grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lam.) fruit and its waste. **Food Research International**, Ottawa, v. 135, p. 109-125, 2020.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, [S. l.], p. F1.2.1-F1.2.13, 2001.

GOOGLE GEMINI. **Resposta a consulta sobre extração de carotenoides em grumixama**. Versão Gemini 1.5 Flash. [S.l.], 2026. Disponível em: <https://gemini.google.com>. Acesso em: 29 abr. 2026.

KYRIAKIDIS, L. et al. Plant-based meat analogues: Technological challenges and opportunities. **Current Opinion in Food Science**, v. 38, p. 50-57, 2021.

MERCADANTE, A. Z. Carotenoids in fruits and vegetables. In: **CAROTENOIDS in Nature**. [S. l.]: Springer, 2016. p. 221-240.

PEREIRA, M. C. et al. *Eugenia brasiliensis* Lam. (Grumixama) berries: A source of bioaccessible polyphenols with anti-inflammatory and antioxidant properties. **Food Research International**, v. 106, p. 527-535, 2018.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, D.C.: ILSI Press, 2001.

RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SILVA, L. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacity of rare fruits from Brazil. **Food Research International**, Ottawa, v. 64, p. 307-319, 2014.

SILVA, S. M. et al. Characterization of the main bioactive compounds in grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lam.). **Food Research International**, v. 65, p. 115-121, 2014.

SOUZA, A. C. et al. Valorization of grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lam.) seeds: Chemical composition and antioxidant potential. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 8, p. 3910-3918, 2019.

TBCA. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo, 2023. Disponível em: <http://www.tbca.net.br>. Acesso em: 29 abr. 2026.

TOOHEY, S.; NARAYANAN, A. Plant-based diets and health: A review of recent evidence. **Nutrition Reviews**, v. 80, n. 5, p. 1100-1115, 2022.

TOTOSAUS, A. et al. Texturization of vegetable proteins for meat alternatives. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 5, p. 1050-1060, 2016.

WILLETT, W. et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet**, v. 393, n. 10170, p. 447-492, 2019.