

EFEITOS DA ADIÇÃO DE FARINHA DA CASCA DE GOIABA-SERRANA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, COR E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE *STEAK* DE FRANGO COM PINHÃO

Bárbara Gonçalves^{1*}

Valter Oliveira de Souto^{2*}

Giliani Veloso Sartori³

Resumo: A crescente demanda por alimentos sustentáveis e com apelo funcional tem estimulado o aproveitamento de subprodutos agroindustriais ricos em compostos bioativos como ingredientes naturais na indústria de alimentos. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da incorporação de farinha da casca de goiaba-serrana (*Acca sellowiana*) sobre as características físico-químicas, cor e antioxidantes em *steaks* de frango empanados. Foram elaboradas formulações de *steaks* contendo diferentes concentrações da farinha (0%, 2% e 4%) da cultivar Mattos e realizadas análises de composição centesimal, pH, valor calórico, parâmetros instrumentais de cor e atividade antioxidante, complementadas por análise multivariada de componentes principais (PCA) nos *steaks* crus e fritos. Os resultados demonstraram que a adição da farinha promoveu redução do pH e aumento da luminosidade das amostras cruas, indicando alterações estruturais na matriz cárnea decorrentes da incorporação do ingrediente vegetal. Após o processamento térmico, observou-se um efeito homogeneizador entre os tratamentos, sem prejuízo às características visuais do produto final. As formulações com maior concentração de farinha apresentaram maior capacidade antioxidante, enquanto as formulações com 2% de incorporação mostraram um equilíbrio físico-químico e antioxidante. A análise multivariada corroborou a influência da farinha na diferenciação das formulações e evidenciou a interação entre os compostos bioativos e as alterações promovidas pelo processamento térmico. Conclui-se que a farinha da casca de goiaba-serrana apresenta potencial para aplicação como ingrediente funcional em produtos cárneos empanados, agregando valor a um subproduto agroindustrial e contribuindo para o desenvolvimento de alimentos mais sustentáveis e alinhados ao conceito *clean label*.

^{1*} Acadêmica do Curso Superior de Engenharia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) – Campus Urupema.

^{2*} Coorientador, Professor Doutor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) – Zé Doca.

^{3*} Orientador, Professora Doutora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) – Campus Urupema.

Palavras-chave: Subprodutos alimentícios; alimentos funcionais; sustentabilidade; *clean label*.

Abstract: The growing demand for sustainable foods with functional benefits has spurred the use of agroindustrial byproducts rich in bioactive compounds as natural ingredients in the food industry. In this context, the objective of this study was to evaluate the effect of incorporating guava (*Acca sellowiana*) peel flour on the physicochemical characteristics, color, and antioxidant content of breaded chicken fillets. Chicken fillet formulations containing different concentrations of the flour (0%, 2%, and 4%) from the Mattos cultivar were prepared, and analyses of centesimal composition, pH, caloric value, instrumental color parameters, and antioxidant activity were conducted, supplemented by principal component analysis (PCA) on both raw and fried fillets. The results showed that the addition of the flour reduced the pH and increased the gloss of the raw samples, indicating structural changes in the meat matrix resulting from the incorporation of the plant-based ingredient. After heat treatment, a homogenizing effect was observed across the treatments, without compromising the visual characteristics of the final product. Formulations with a higher concentration of flour exhibited greater antioxidant stability, while those with a 2% incorporation showed a balance between physicochemical properties and antioxidant activity. Multivariate analysis confirmed the influence of the flour on the differentiation of the formulations and highlighted the interaction between bioactive compounds and the changes induced by thermal processing. It is concluded that guava peel flour has potential for use as a functional ingredient in breaded meat products, adding value to an agroindustrial byproduct and contributing to the development of more sustainable foods aligned with the clean label concept.

Keywords: Food byproducts; functional foods; sustainability; clean label.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos mais saudáveis, naturais e produzidos de forma sustentável tem impulsionado o desenvolvimento de ingredientes alternativos para aplicação na indústria alimentícia. Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos agroindustriais destaca-se como uma estratégia promissora, tanto pela redução de desperdícios quanto pela obtenção de compostos bioativos capazes de agregar valor nutricional e funcional aos alimentos (García-Lomillo; González-SanJosé, 2017; Gupta *et al.*, 2024).

Além dos benefícios tecnológicos e nutricionais, o aproveitamento de resíduos e subprodutos agroindustriais está diretamente relacionado aos princípios da economia circular, modelo que busca maximizar o aproveitamento dos recursos ao longo de toda a cadeia produtiva, promovendo a valorização de materiais anteriormente descartados e reduzindo impactos ambientais, sociais e econômicos. No setor alimentício, essa abordagem favorece a inovação, a eficiência no uso de matérias-primas e o desenvolvimento de sistemas produtivos mais sustentáveis, além de contribuir para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, especialmente aqueles relacionados à Fome Zero e Agricultura Sustentável (ODS 2), ao Trabalho Decente e Crescimento Econômico (ODS 8) e ao Consumo e Produção Responsáveis (ODS 12) (Nascimento *et al.*, 2025; Nascimento *et al.*, 2022).

Entre os produtos que podem se beneficiar da incorporação desses ingredientes encontram-se os produtos cárneos à base de carne de frango, amplamente consumidos devido ao seu elevado valor nutricional e alta aceitação pelos consumidores, motivando estudos voltados ao aprimoramento de sua qualidade e estabilidade (Pateiro *et al.*, 2021). Entretanto, a presença de elevados teores de ácidos graxos insaturados torna esses produtos mais suscetíveis a processos oxidativos que afetam lipídios e proteínas, comprometendo sua qualidade e estabilidade durante o armazenamento (Domínguez *et al.*, 2019; Santana Neto *et al.*, 2021). Nesse cenário, a utilização de antioxidantes naturais provenientes de fontes vegetais surge como uma alternativa de interesse para a preservação dos alimentos (Manessis *et al.*, 2020; Santana Neto *et al.*, 2021).

Dentre as matérias-primas vegetais com potencial para essa aplicação

destaca-se a goiaba-serrana (*Acca sellowiana*), espécie nativa da região Sul do Brasil. Estudos científicos demonstram que o fruto apresenta elevadas concentrações de compostos fenólicos com expressiva atividade antioxidante, incluindo flavonoides e derivados do ácido elágico, evidenciando seu potencial como fonte natural de antioxidantes para aplicação em sistemas alimentares (Montoro *et al.*, 2020; Di Vaio *et al.*, 2025; Chen *et al.*, 2025).

O aproveitamento de subprodutos agroindustriais ricos em compostos bioativos tem despertado grande interesse no desenvolvimento de produtos alimentícios. Nesse contexto, a casca da goiaba-serrana destaca-se por apresentar uma expressiva atividade antioxidante e capacidade de recuperação de compostos fenólicos totais (Chen *et al.*, 2025; Di Vaio *et al.*, 2025), o que torna interessante sua transformação em farinha para a valorização de resíduos da fruta (Vatrano *et al.*, 2022). Paralelamente, o setor de carnes busca constantemente a substituição de aditivos sintéticos por antioxidantes naturais de origem vegetal para retardar a degradação lipídica e proteica nos alimentos (Domínguez *et al.*, 2019; Estévez, 2021; Manassis *et al.*, 2020). Essa aplicação prática já demonstra resultados promissores na estabilização oxidativa de produtos de matriz avícola através do uso de resíduos de frutas (Santana Neto *et al.*, 2021; Zhou *et al.*, 2023). No entanto, apesar de diferentes cultivares da goiabeira-serrana já estarem adaptadas e sendo avaliadas nas condições de cultivo do Sul do país (Ciotto; Santos; Pasa, 2020), ainda são escassos os estudos focados especificamente na incorporação da farinha da casca dessa fruta em produtos à base de carne de frango.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito antioxidante da adição de farinha da casca de goiaba-serrana sobre as características físico-químicas e os parâmetros de cor de *steaks* de frango com pinhão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Obtenção das matérias-primas e produção da farinha

Para realização deste estudo, foram selecionadas 3 variedades diferentes de goiaba-serrana (Pierre, Mattos e Helena), cultivadas na Estação Experimental da Epagri, município de São Joaquim. As frutas foram colhidas durante a safra de 2024 no ponto de maturação recomendado pela Epagri para colheita, caracterizado pelo

desenvolvimento fisiológico completo dos frutos, com coloração típica de cada cultivar, aroma característico, firmeza adequada ao manuseio e fácil destacamento da planta, características que indicam a maturação comercial ideal para processamento. Nessa fase, a goiaba-serrana normalmente apresenta teor de sólidos solúveis entre 10 e 14 °Brix, podendo atingir valores próximos de 15 °Brix, dependendo da cultivar e das condições de cultivo.

Após a colheita, os frutos foram encaminhados ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), onde foram previamente selecionados. Posteriormente, as frutas foram limpas com água corrente e sanitizadas por imersão em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm, por 15 minutos) e enxaguadas novamente com água corrente. As frutas foram cortadas ao meio, acondicionadas em sacos plásticos zip-lock e submetidas a branqueamento por imersão em água a 80°C por 2,5 minutos. Após o branqueamento, o despulpamento foi realizado manualmente com auxílio de uma colher, a fim de separar a polpa da casca e mesocarpo, sendo estes subprodutos considerados como matéria-prima para a produção das farinhas deste estudo. A casca e o mesocarpo foram, então, acondicionados em sacos plásticos zip-lock, identificados de acordo com a variedade e congelados a -18°C.

A farinha do resíduo do despulpamento da goiaba-serrana foi produzida nos Laboratórios de Frutas e Hortaliças e de Gastronomia e Panificação do IFSC, campus Urupema, cumprindo as Boas Práticas de Fabricação para impedir contaminação, de forma a não colocar em risco a saúde dos provadores. Todos os utensílios empregados nos processos para a obtenção da farinha foram previamente limpos e sanitizados por aspersão de álcool 70%.

As cascas foram previamente descongeladas à temperatura ambiente e, após, fatiadas manualmente com o auxílio de faca de cozinha em fatias de, aproximadamente, 5 mm de espessura. As cascas isoladas foram dispostas em bandejas de aço inoxidável e submetidas à secagem em estufa (Adamo®, modelo 310/81 PID) a 55 °C, por aproximadamente 48 horas, com circulação forçada de ar até a obtenção de massa constante.

Na sequência, as cascas desidratadas foram trituradas em moinho de facas tipo Willey (Fortinox®, modelo STAR FT 50, Piracicaba, Brasil), com tamanho de partícula de 400 mesh até a obtenção de uma granulometria fina e homogênea. A farinha resultante foi acondicionada em recipientes herméticos até a sua aplicação, conforme ilustrado pela Figura 1. A atividade antioxidante das farinhas das três

cultivares foi avaliada pelo método DPPH, selecionando-se a cultivar Mattos para a incorporação nas formulações de *steak* por ter apresentado o maior potencial antioxidante como observado na Tabela 2 da seção dos resultados. O peito de frango e os demais ingredientes comerciais (creme de cebola, sal, pinhão cozido e moído e pimenta) foram adquiridos no comércio local do município de Lages, Santa Catarina, Brasil.

Figura 1- Farinha da casca da goiaba-serrana nas variedades Helena, Mattos e Pierre.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

2.2 Delineamento experimental e elaboração dos *steaks* de frango

Os *steaks* de frango foram processados no Laboratório de Tecnologia Alimentos, do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Campus Lages. O peito de frango foi previamente limpo, com a remoção manual de gordura aparente, cartilagens e tecidos conjuntivos, e subsequentemente moído em triturador manual de alimentos da marca 123Util, com capacidade de 900 mL. A massa cárnea obtida foi homogeneizada manualmente com o pinhão cozido e moído, creme de cebola, sal, pimenta e os diferentes teores de farinha da casca de goiaba-serrana (cultivar Mattos), totalizando-se três tratamentos experimentais conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulação dos *steaks* de frango com adição de diferentes teores de farinha da casca de goiaba-serrana.

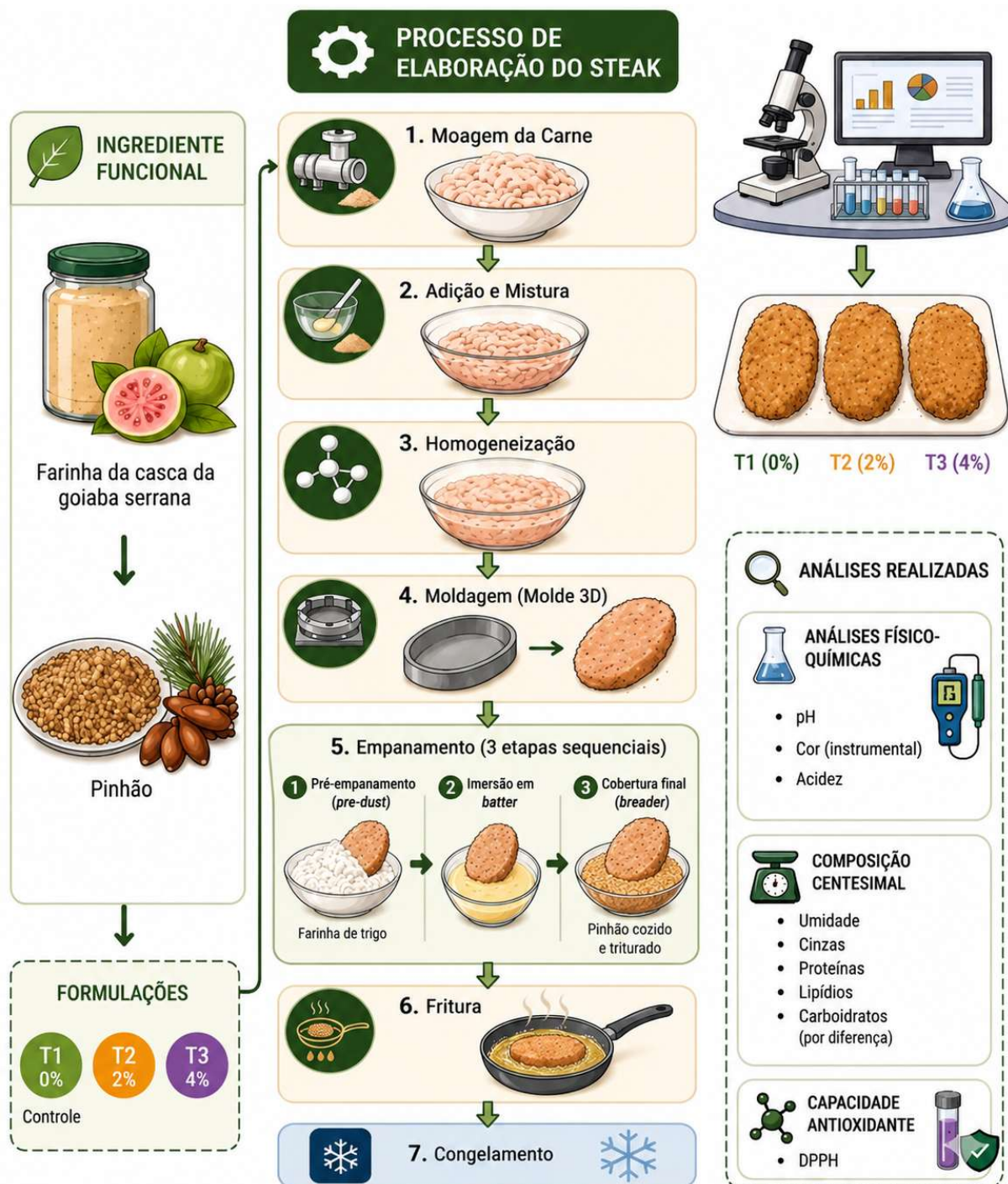
Ingrediente (g)	0%	2%	4%
	(Controle)		
Peito de Frango	863,0	843,0	823,0
Farinha da casca da goiaba- serrana	0,0	20,0	40,0
Pinhão	87,6	87,6	87,6
Creme de cebola	26,3	26,3	26,3
Sal	13,1	13,1	13,1
Pimenta	10,0	10,0	10,0

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Legenda: Valores expressos em gramas (g) para uma massa-base total de 1000 g. Os tratamentos 0%, 2% e 4% representam o percentual de incorporação da farinha da casca de goiaba-serrana (cultivar Mattos) adicionada à massa cárnea.

O processamento dos *steaks* seguiu as etapas rigorosamente controladas, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma de processamento dos *steaks* de frango com adição de farinha da casca de goiaba-serrana.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Após a homogeneização completa da massa, a moldagem foi efetuada utilizando-se um molde 3D padronizado, projetado no *software* Autodesk Inventor e impresso em filamento de ácido polilático (PLA) por meio de uma impressora Ender-3

V3 SE. O molde possuía dimensões fixas de 100 mm de comprimento, 60 mm de largura e 15 mm de espessura, aferidas com auxílio de um paquímetro, garantindo a uniformidade de peso e geometria entre todas as unidades experimentais. Após moldados, os *steaks* foram submetidos a um resfriamento rápido em ultra-freezer para a estabilização da estrutura proteica antes da etapa de cobertura.

O empanamento foi conduzido em três etapas sequenciais: pré-empanamento (*pre-dust*) utilizando-se farinha de trigo; imersão em empanamento líquido (*batter*); e empanamento final (*breader*) utilizando-se pinhão cozido e triturado. Posteriormente, as unidades foram fritas em óleo de canola pré-aquecido a 180 °C por um período de 4 a 5 minutos, monitorando-se a temperatura interna com termômetro de inserção até que atingisse o mínimo de 72 °C. Após a fritura, os produtos foram drenados em papel absorvente, resfriados e acondicionados para as respectivas análises físico-químicas, de cor instrumental e atividade antioxidante.

2.3 Determinação da Atividade Antioxidante pelo método DPPH

A atividade antioxidante por eliminação do radical livre DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) foi executada em triplicata, seguindo a metodologia proposta por Souto (2024) e adaptada para ensaios de estabilidade fitoquímica em sistemas alimentares fritos (Souto *et al.*, 2026). Uma porção de 5 gramas da amostra de cada *steak* cru e frito foi adicionado de 50 mL de álcool etílico absoluto, filtrado com papel filtro e armazenado em frasco âmbar. Após, preparou-se uma solução de DPPH em etanol na concentração de 0,1 mM. Alíquotas de 2 mL desta solução foram adicionadas a 2 mL dos extratos obtidos das amostras dos *steaks* crus e fritos, e a mistura foi mantida em repouso ao abrigo da luz por 30 minutos. A leitura da absorbância foi efetuada em comprimento de onda de 517 nm utilizando um espectrofotômetro Cary 60 UV-Vis (Agilent Technologies, Estados Unidos). A capacidade antioxidante foi realizada em triplicata para cada amostra e expressa em $\mu\text{mol L}^{-1}$.

2.4 Caracterização físico-química e cor instrumental

A caracterização físico-química e composição centesimal das formulações dos *steaks* foram realizadas em triplicata para garantir a reprodutibilidade dos resultados. Para a determinação do teor de umidade, empregou-se o método de secagem em estufa regulada a 105 °C até a obtenção de peso constante, conforme as diretrizes do Instituto Adolfo Lutz (2008). O teor de cinzas foi obtido por método gravimétrico mediante a incineração e calcinação da amostra a 550 °C em mufla comum, segundo os procedimentos estabelecidos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

A quantificação da fração proteica foi efetuada pelo método de Kjeldahl para a determinação do nitrogênio total, seguido pela aplicação do fator de conversão adequado para produtos cárneos, de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008). A extração e determinação dos lipídeos totais foram executadas por meio do método de Bligh e Dyer (1959).

A fração correspondente aos carboidratos totais foi calculada por diferença centesimal, subtraindo-se de cem os valores percentuais obtidos para umidade, cinzas, proteínas e lipídeos. A partir da composição centesimal, o valor calórico total das formulações foi estimado aplicando-se os fatores de conversão de *Atwater*, em que se multiplicaram os teores de proteínas e carboidratos por 4,0 kcal/g⁻¹ e o teor de lipídeos por 9,0 kcal/g⁻¹, conforme Equação 1 e metodologia descrita por Torres *et al.* (2000).

$$VC = (4,0 \times Proteínas (\%)) + (4,0 \times Carboidratos (\%)) + (9,0 \times lipídeos (\%)) \quad (1)$$

Os valores de pH foram determinados por potenciometria, realizada por meio de leitura direta em potenciômetro digital da marca L'del Lab, em conformidade com as técnicas estabelecidas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

A determinação da acidez total titulável dos *steaks* de frango foi realizada baseando-se nas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Para a extração dos ácidos orgânicos livres, uma alíquota de 10 g da amostra previamente homogeneizada foi diluída em água destilada. A titulação foi executada por via volumétrica utilizando uma solução padronizada de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M. O ponto final da titulação foi determinado de forma potenciométrica com o auxílio de um peagâmetro digital (INCOTERM T-PHM-0020.00), previamente calibrado.

Por fim, a avaliação da cor instrumental foi conduzida com o auxílio de um colorímetro Delta Vista operando no sistema CIELAB, registrando-se os parâmetros de luminosidade (L^*), coordenada cromática vermelho/verde (a^*) e coordenada cromática amarelo/azul (b^*), C (cromaticidade) e H (matiz).

2.5 Tratamento estatístico dos dados

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística utilizando o software IBM SPSS Statistics. Uma análise de variância (ANOVA) de uma via foi realizada para comparar os resultados. As médias foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey, com nível de significância estabelecido em 5%. Adicionalmente, uma Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada para avaliar as correlações entre os parâmetros físico-químicos, a cor instrumental e a atividade antioxidante.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atividade Antioxidante das farinhas da casca de goiaba-serrana (*Acca sellowiana*)

A capacidade antioxidante das farinhas da casca de goiaba-serrana (*Acca sellowiana*), quantificada pelo ensaio de captura do radical livre DPPH, demonstrou variações significativas ($p < 0,05$) em função do material genético empregado (Tabela 2).

A Farinha 2, produzida a partir da cultivar 'Mattos', apresentou o maior potencial antioxidante ($895,98 \mu\text{mol L}^{-1}$), superando estatisticamente ($p < 0,05$) a Farinha 1, derivada da cultivar 'Pierre' ($810,21 \mu\text{mol L}^{-1}$), enquanto a Farinha 3, obtida da cultivar 'Helena', obteve o menor valor ($512,20 \mu\text{mol L}^{-1}$). Esta superioridade observada na cultivar 'Mattos' corrobora com recentes evidências da literatura (Beilke *et al.*, 2021; Vatrano *et al.*, 2022), que destacam a casca da goiaba-serrana como uma matriz de elevado valor nutracêutico, onde a composição fenólica e a capacidade antioxidante são significativamente influenciadas pelo genótipo e pelo estágio de maturação. A variabilidade observada entre os genótipos sugere que a concentração de compostos fenólicos totais, responsáveis pela capacidade de doação de átomos de hidrogênio ou elétrons no mecanismo do DPPH, é fortemente influenciada pelo perfil fitoquímico intrínseco a cada cultivar.

Tabela 2 - Atividade antioxidante das farinhas obtidas das cascas de três cultivares distintas de goiaba-serrana (*Acca Sellowiana*).

Farinhas	Atividade antioxidante	Valor de p
	DPPH - $\mu\text{mol L}^{-1}$	
Farinha 1	810,21 ^a $\pm$ 11,27	<0,05
Farinha 2	895,98 ^b $\pm$ 13,33	
Farinha 3	512,20 ^c $\pm$ 2,87	

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Legenda: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$). Foi utilizado o teste de Tukey a 95% de confiança. Farinha 1= cultivar "Pierre", Farinha 2= cultivar "Mattos", Farinha 3= cultivar "Helena".

Adicionalmente, conforme discutido por Estévez (2021) em aplicações inovadoras na indústria cárnea, a estabilidade de tais bioativos em subprodutos vegetais está atrelada tanto à genética quanto à eficiência das etapas de processamento. Assim, os resultados obtidos consolidam a viabilidade tecnológica da utilização destas farinhas como ingredientes funcionais, destacando a cultivar 'Mattos' como a mais promissora para a mitigação da oxidação lipídica, alinhando-se às tendências contemporâneas de desenvolvimento de produtos com *clean label* (Souto *et al.*, 2021).

3.2 Composição centesimal dos *steaks* de frango

A avaliação da composição centesimal dos *steaks* (Tabela 3) revelou que a incorporação das farinhas de casca de *Acca sellowiana* promoveu alterações significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros nutricionais. A redução nos teores de umidade, observada nas formulações com 2% e 4% de inclusão, pode ser atribuída à natureza hidrofílica das fibras insolúveis presentes no pericarpo da goiaba-serrana. A adição de subprodutos vegetais ricos em fibras alimentares altera a capacidade de retenção de água (CRA) em sistemas cárneos, uma vez que esses componentes interagem

com a matriz proteica e apresentam elevada capacidade de hidratação, influenciando a disponibilidade de água no sistema. Esse mecanismo afeta diretamente a textura, a estabilidade da emulsão e o rendimento tecnológico das formulações, conforme descrito por Mishra *et al.* (2023) ao revisarem a aplicação de fibras dietéticas em produtos cárneos.

Tabela 3 - Composição centesimal dos *steaks* de frango crus e fritos.

Amostras cruas	Umidade (g 100g ⁻¹)	Cinzas (g 100g ⁻¹)	Proteínas (g 100g ⁻¹)	Lipídios (g 100g ⁻¹)	Carboidratos (g 100g ⁻¹)	Valor calórico (kcal 100g ⁻¹)
<i>Steak</i> 0%	63,07 ^a ± 0,83	2,13 ^a ± 0,06	14,79 ^a ± 0,25	0,50 ^a ± 0,00	19,51 ^b ± 1,12	141,70 ^b ± 3,55
<i>Steak</i> 2%	61,77 ^{ab} ± 0,58	1,87 ^a ± 0,06	14,03 ^b ± 0,23	0,50 ^a ± 0,00	21,83 ^{ab} ± 0,48	147,97 ^{ab} ± 2,54
<i>Steak</i> 4%	60,60 ^b ± 1,00	1,80 ^a ± 0,26	14,40 ^{ab} ± 0,14	0,50 ^a ± 0,00	22,70 ^a ± 1,13	152,90 ^a ± 4,33
Valor de p	<0,05	<0,05	<0,05	NS	<0,05	<0,05
Amostras fritas	Umidade (g 100g ⁻¹)	Cinzas (g 100g ⁻¹)	Proteínas (g 100g ⁻¹)	Lipídios (g 100g ⁻¹)	Carboidratos (g 100g ⁻¹)	Valor calórico (kcal 100g ⁻¹)
<i>Steak</i> 0%	49,17 ^a ± 1,36	2,50 ^a ± 0,17	18,12 ^a ± 0,24	6,10 ^a ± 0,61	24,11 ^a ± 1,06	223,83 ^a ± 8,70
<i>Steak</i> 2%	46,27 ^a ± 1,67	2,40 ^a ± 0,00	18,12 ^a ± 0,29	5,90 ^a ± 0,00	27,32 ^a ± 1,42	234,83 ^a ± 6,66
<i>Steak</i> 4%	48,07 ^a ± 1,88	2,10 ^a ± 0,30	16,99 ^b ± 0,19	5,30 ^a ± 0,61	27,54 ^a ± 1,77	225,83 ^a ± 6,27
Valor de p	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Legenda: *Steak* 0%: amostra controle (sem adição de farinha); *Steak* 2%: formulação com 2% de farinha da casca de goiaba-serrana; *Steak* 4%: formulação com 4% de farinha da casca de goiaba-serrana. NS= não significativo. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras (p<0,05) pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

Em relação ao teor de cinzas, observou-se uma tendência de redução com o aumento do nível de enriquecimento em ambos os estados. Nas amostras cruas, os

valores decresceram significativamente de 2,13% (fórmula 0%) para 1,87% (2%) e 1,80% (4%). Comportamento semelhante foi observado nas amostras fritas, com teores reduzindo de 2,50% (0%) para 2,40% (2%) e 2,10% (4%), embora sem diferença estatística significativa após a fritura. Esse decréscimo indica que a substituição parcial da matriz cárnea, que possui um conteúdo mineral endógeno expressivo, pela farinha da casca de goiaba-serrana promoveu um efeito de diluição, reduzindo o percentual de matéria mineral total (g/100g) nas formulações finais.

O processamento térmico, particularmente a secagem, seguido da moagem, potencializa a concentração de micronutrientes na farinha, consolidando-a como uma fonte relevante para a fortificação de formulações cárneas. Essa estratégia válida a valorização de subprodutos agroindustriais e está em consonância com os princípios da economia circular, que visam reduzir o desperdício e maximizar o aproveitamento nutricional de fontes vegetais, conforme demonstrado por revisões recentes que confirmam a eficácia de extratos e subprodutos vegetais na melhoria das propriedades físico-químicas e oxidativas de carnes (Zhou *et al.*, 2023).

Quanto aos teores proteicos e lipídicos, os *steaks* mantiveram a estabilidade, indicando que a substituição parcial por farinha vegetal não comprometeu a matriz proteica original. O discreto aumento no valor calórico (de 141,70 para 162,10 kcal 100g⁻¹) pode ser atribuído, predominantemente, à contribuição dos carboidratos complexos e das fibras alimentares presentes na casca, comportamento semelhante ao descrito por Mishra *et al.* (2023), que relatam que a incorporação de ingredientes vegetais ricos em fibras promove alterações na composição físico-química dos produtos cárneos sem comprometer suas características tecnológicas essenciais.

Ao avaliar o impacto do processamento térmico por meio da comparação entre as frações cruas e fritas (Tabela 3), constata-se uma alteração pronunciada no perfil físico-químico dos *steaks* decorrente da fritura. Verificou-se uma redução acentuada nos teores de umidade, que decresceram de uma faixa de 60,60% a 63,07% nas amostras cruas para patamares de 46,27% a 49,17% nas amostras fritas. Esse decréscimo drástico é justificado pela intensa evaporação da água livre presente no sistema cárneo quando submetido a altas temperaturas, um comportamento físico-químico característico de transferência de massa amplamente documentado durante o cozimento e o processamento térmico de produtos de aves (Santana Neto *et al.*, 2021).

Como contrapartida físico-química à perda de água, a imersão em óleo

promoveu uma expressiva incorporação de matéria gorda pela matriz dos *steaks*. Os teores de lipídios, que se mantinham basais e homogêneos em $0,50 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ em todas as formulações cruas, saltaram para valores entre 5,30 e $6,10 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ após a fritura. Esse fenômeno de substituição da água evaporada pelo meio gorduroso, associado ao efeito coligativo de concentração dos sólidos secos (como proteínas e cinzas), determinou o comportamento do valor calórico das formulações. Essa reestruturação centesimal e o acúmulo de constituintes lipídicos na matriz seca ocorrem de maneira progressiva durante as etapas de processamento e preparo térmico de alimentos cárneos (Domínguez *et al.*, 2019).

Consequentemente, o valor energético total sofreu um incremento estatisticamente significativo devido ao preparo, elevando-se de uma faixa inicial de 141,70 a $152,90 \text{ kcal } 100\text{g}^{-1}$ (amostras cruas) para marcas expressivas de 223,83 a $234,83 \text{ kcal } 100\text{g}^{-1}$ nas amostras prontas para o consumo. Esse aumento do aporte calórico é uma consequência direta da alta densidade energética dos lipídios absorvidos durante a fritura, consolidando o perfil nutricional final do produto. Esse tipo de alteração no balanço energético final é esperado para formulações de *patties* ou *steaks* prontos para o consumo expostos a tratamentos térmicos por imersão (Santana Neto *et al.*, 2021).

Ademais, a utilização do pinhão, tanto incorporado moído na massa cárnea quanto triturado na etapa de empanamento final (*breader*), demonstrou-se um fator benéfico e tecnologicamente viável para a sustentação e consolidação da matriz estrutural dos *steaks*. Do ponto de vista teórico e centesimal, o pinhão contribuiu substancialmente como uma fonte de amido e carboidratos complexos (Castrillon; Helm; Mathias, 2023), o que auxilia na capacidade de retenção de água e estabilidade do produto.

Estatisticamente, a manutenção de teores basais e homogêneos de lipídios nas amostras cruas ($0,50 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) e a estabilidade proteica geral mesmo após a fritura indicam que o pinhão interagiu de forma sinérgica com o peito de frango e com a farinha vegetal, sido mantido como uma variável fixa em todas as formulações ($87,6 \text{ g}$ na massa e utilizado na crosta de empanamento),desse modo, sua incorporação demonstrou-se teoricamente benéfica para a integridade do produto, atuando como uma excelente base de preenchimento e conferindo a identidade regional e a textura característica de um produto empanado de alta densidade nutricional. Tecnologicamente, o ingrediente comportou-se de forma resiliente ao processamento

térmico, atuando como uma matriz de suporte adequada para a inclusão da farinha vegetal sem causar colapso estrutural ou prejuízos à homogeneidade visual do empanado após a fritura.

3.3 pH, acidez e atividade antioxidante dos *steaks* de frango

A análise dos parâmetros físico-químicos e da atividade antioxidante (DPPH) nos *steaks* demonstrou a resiliência tecnológica da formulação frente ao tratamento térmico, assim como, a incorporação da farinha da casca de goiaba-serrana influenciando o pH e a acidez dos *steaks* de frango. Conforme observado na Tabela 4, houve uma redução significativa ($p < 0,05$) nos valores de pH à medida que aumentou a concentração da farinha, passando de 6,25 na formulação controle (*Steak* 0%), que não recebeu adição da farinha da casca de goiaba-serrana, para 5,85 e 5,67 nas formulações contendo 2% e 4% de farinha, respectivamente. Esse comportamento pode ser atribuído à presença de ácidos orgânicos e compostos fenólicos naturalmente presentes na casca da fruta, os quais contribuem para a acidificação da matriz cárnea.

O decréscimo no pH, decorrente da presença de compostos fenólicos e ácidos orgânicos no pericarpo de *Acca sellowiana*, assemelha-se aos resultados obtidos em matrizes cárneas fortificadas. A redução do pH observada nas formulações contendo farinha de casca de goiaba-serrana apresenta relevância tecnológica, uma vez que a incorporação de subprodutos de frutas ricos em fibras alimentares e compostos fenólicos pode modificar as propriedades físico-químicas da matriz cárnea, contribuindo para condições menos favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e para a melhoria da estabilidade do produto (Koishybayeva *et al.*, 2026).

Quanto à acidez titulável, verificou-se comportamento distinto entre as amostras cruas e fritas. Nas formulações cruas, a amostra controle apresentou maior valor de acidez (26,39 mgKOH g⁻¹), enquanto as formulações contendo farinha apresentaram valores inferiores. Após a fritura, apesar da elevação numérica (de 2,82% para 4,64%), a variação não apresentou significância estatística ($p > 0,05$), o que sugere que a estrutura do *steak* mantém um equilíbrio químico estável mesmo com o enriquecimento. Este é um achado positivo para a indústria, pois indica que a adição da farinha não desestabiliza o produto base, mantendo sua aceitação

tecnológica.

Tabela 4 - pH, acidez e atividade antioxidante dos *steaks* de frango crus e fritos adicionados de diferentes porcentagens de farinha da casca de goiaba-serrana.

Amostras cruas	pH	Acidez (mgKOH g ⁻¹)	Atividade antioxidante
			- DPPH (μmol L ⁻¹)
<i>Steak</i> 0%	6,33 ^a ± 0,12	26,39 ^a ± 1,33	1191,48 ^a ± 6,77
<i>Steak</i> 2%	5,77 ^b ± 0,08	8,29 ^b ± 2,09	1156,42 ^a ± 5,37
<i>Steak</i> 4%	5,38 ^c ± 0,06	11,42 ^b ± 1,50	1227,17 ^a ± 3,25
Valor de p	<0,05	<0,05	NS

Amostras fritas	pH	Acidez (mgKOH g ⁻¹)	Atividade antioxidante
			- DPPH (μmol L ⁻¹)
<i>Steak</i> 0%	6,25 ^a ± 0,00	2,82 ^a ± 0,58	1185,22 ^b ± 2,17
<i>Steak</i> 2%	5,85 ^b ± 0,09	3,85 ^a ± 0,20	1198,99 ^a ± 3,25
<i>Steak</i> 4%	5,67 ^b ± 0,15	4,64 ^a ± 1,39	1191,48 ^{ab} ± 4,97
Valor de p	<0,05	NS	<0,05

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Legenda: *Steak* 0%: amostra controle (sem adição de farinha); *Steak* 2%: formulação com 2% de farinha da casca de goiaba-serrana; *Steak* 4%: formulação com 4% de farinha da casca de goiaba-serrana. NS= não significativo. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras (p<0,05) pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

O aspecto mais relevante desta análise reside na estabilidade do potencial antioxidante após o tratamento térmico. Os valores de DPPH mantiveram-se em patamares elevados após a fritura (entre 1185,22 e 1198,99 μmol L⁻¹) em diferenças expressivas em relação às amostras cruas. Contudo, a ausência de variação significativa (p>0,05) entre o controle e as formulações enriquecidas indica que a atividade antioxidante observada decorre majoritariamente da própria matriz base do *steak*, e não de um efeito direto da incorporação da farinha da casca.

Esse comportamento contrapõe o cenário descrito por Zuñiga-Martínez *et al.* (2022), que demonstram como a matriz fibrosa de subprodutos agroindustriais geralmente atua na proteção dos compostos fenólicos contra a degradação térmica, mantendo sua funcionalidade após o processamento. No presente estudo, a falta de incremento na atividade antioxidante sugere que o percentual de farinha adicionado (até 4%) pode ter sido insuficiente para se sobrepor ao perfil antioxidante já existente na matriz cárnea base. Além disso, é possível que o processamento térmico empregado durante a fritura tenha contribuído para alterações nos compostos fenólicos presentes na farinha da casca de goiaba-serrana, reduzindo sua disponibilidade antioxidante, conforme descrito na literatura. Entretanto, essa hipótese não foi avaliada diretamente neste estudo e necessita de investigações específicas.

3.4 Parâmetros de cor instrumental

A análise da cor instrumental (Tabela 5) é um indicador crítico de aceitabilidade sensorial, pois reflete diretamente as alterações químicas ocorridas durante o processamento térmico. Nas amostras cruas, observou-se que a incorporação das farinhas de *Acca sellowiana* elevou significativamente ($p < 0,05$) a luminosidade (L^*), variando de 60,49 (controle) a 67,51 (4% de farinha).

Esse aumento na claridade do produto cru pode ser atribuído à própria tonalidade da farinha, que, por ser um ingrediente seco e claro, acaba por mascarar o tom avermelhado natural da carne de frango. O aporte de fibras vegetais em sistemas cárneos promove modificações na estrutura da matriz e nas propriedades ópticas, alterando a refletância da luz e a coloração superficial do produto final. Esse fenômeno, decorrente da substituição de frações proteicas por ingredientes vegetais desidratados, impacta diretamente as características físico-químicas e sensoriais dos produtos, conforme corroborado por Mishra *et al.* (2023) em sua revisão sobre os efeitos tecnológicos do enriquecimento com fibras.

Tabela 5 - Parâmetros de cor instrumental dos *steaks* de frango crus e fritos adicionados de diferentes porcentagens de farinha da casca de goiaba-serrana.

Amostras cruas	L	a	b	C	H
<i>Steak</i> 0%	60,49 ^b ± 0,67	3,92 ^a ± 1,36	30,17 ^a ± 2,43	30,45 ^a ± 2,25	82,47 ^a ± 3,12
<i>Steak</i> 2%	62,24 ^b ± 1,79	2,73 ^a ± 0,72	32,18 ^a ± 1,94	32,30 ^a ± 1,94	85,13 ^a ± 1,27
<i>Steak</i> 4%	67,51 ^a ± 1,15	3,36 ^a ± 0,52	37,74 ^a ± 6,15	37,89 ^a ± 6,13	84,81 ^a ± 1,14
Valor de p	<0,05	NS	NS	NS	NS
Amostras fritas	L	a	b	C	H
<i>Steak</i> 0%	50,87 ^a ± 1,67	14,05 ^a ± 3,70	40,87 ^a ± 6,84	43,33 ^a ± 6,74	66,18 ^a ± 0,00
<i>Steak</i> 2%	55,13 ^a ± 1,59	13,64 ^a ± 3,51	41,94 ^a ± 3,09	44,24 ^a ± 1,73	71,81 ^a ± 1,73
<i>Steak</i> 4%	54,03 ^a ± 1,95	10,51 ^a ± 4,12	41,74 ^a ± 1,81	43,16 ^a ± 2,34	76,00 ^a ± 5,19
Valor de p	NS	NS	NS	NS	NS

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Legenda: *Steak* 0%: amostra controle (sem adição de farinha); *Steak* 2%: formulação com 2% de farinha da casca de goiaba-serrana; *Steak* 4%: formulação com 4% de farinha da casca de goiaba-serrana. Parâmetros de cor instrumental: L* (luminosidade), a* (coordenada cromática de verde para vermelho), b* (coordenada cromática de azul para amarelo), C* (cromaticidade) e H* (matiz ou tonalidade). Valores expressos como média ± desvio padrão. NS= não significativo. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras (p<0,05). Foi aplicado o teste de Tukey a 95% de confiança.

Após o processo de fritura (Figura 3 e 4), a tendência de luminosidade se inverteu, com valores reduzidos (entre 50,87 e 55,13) em todas as amostras, um resultado esperado devido à caramelização e à intensa reação de *Maillard* induzida pelo calor. Notavelmente, a ausência de diferença estatística (p>0,05) entre as amostras fritas para os parâmetros L*, a* (vermelho), b* (amarelo), C (cromaticidade) e H (matiz) sugere que o enriquecimento com farinha, nas concentrações testadas, não compromete a homogeneidade visual do *steak* após o cozimento. A literatura aponta que, em níveis baixos de inclusão (2% e 4%), a carga de açúcares redutores da farinha não é suficiente para alterar drasticamente a tonalidade final do produto frito, conforme discutido por Shi *et al.* (2024). O processamento térmico atua como um

agente equalizador, onde a formação da crosta externa e o desenvolvimento de pigmentos melanoidínicos (produtos da reação de *Maillard*) predominam sobre a influência cromática inicial da farinha crua.

Desta forma, os resultados da análise de cor são vantajosos para a indústria, pois permite a fortificação funcional sem que ocorra um desvio visual ou sensorial drástico que comprometa a aceitação pelo consumidor final, consolidando o potencial da goiaba-serrana como ingrediente versátil para produtos empanados, conforme discutido em estudos sobre a viabilidade sensorial de matrizes cárneas enriquecidas com fibras (Ciobanu, 2024).

Figura 3 – *Steaks* de frango com pinhão e farinha de goiaba-serrana crus.



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Figura 4 – *Steaks* de frango com pinhão e farinha de goiaba-serrana após fritura.



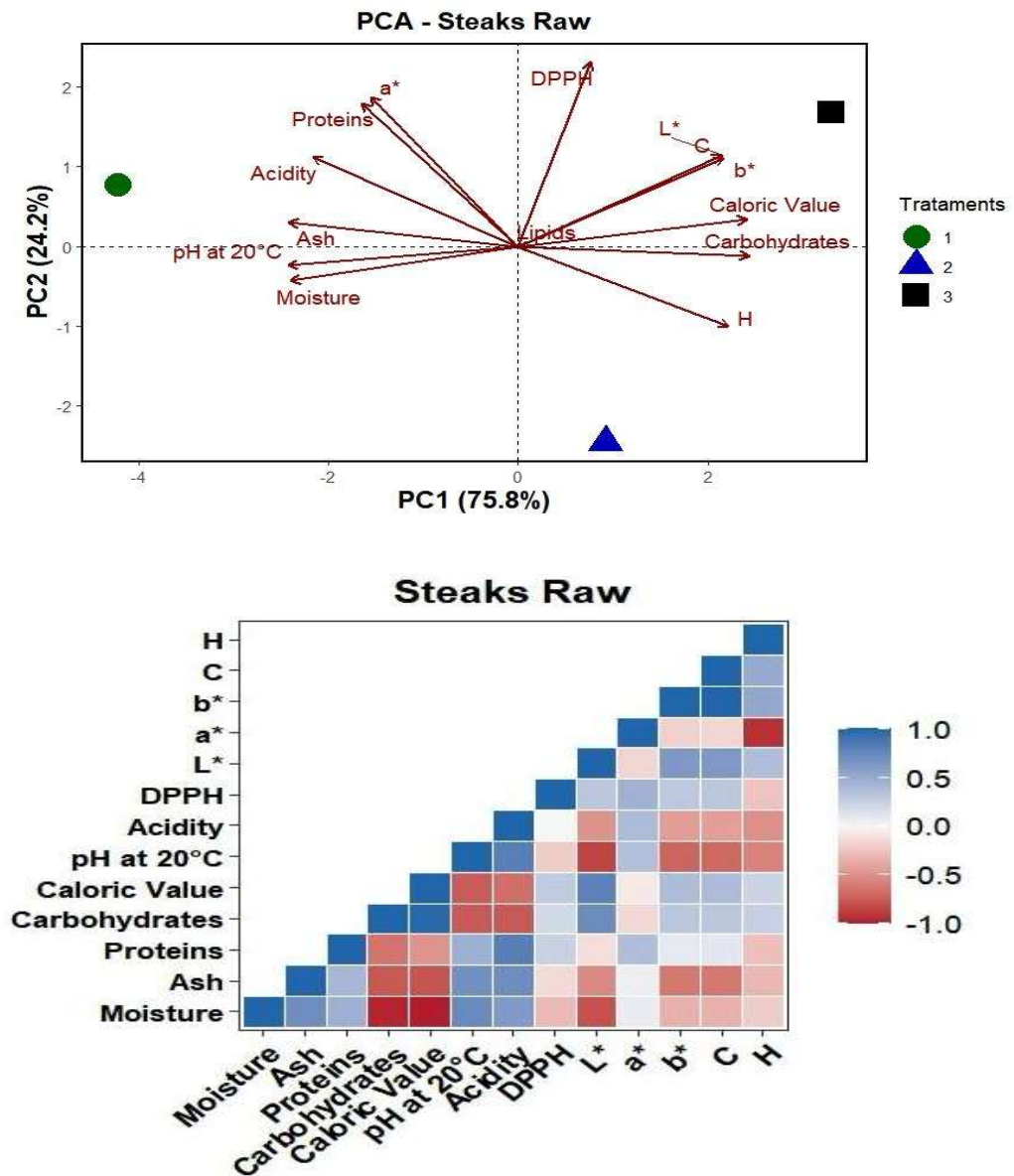
Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

3.5 Análise dos componentes principais (PCA) e correlação linear

A análise multivariada foi empregada para integrar o conjunto de dados físico-químicos, cromáticos e antioxidantes, permitindo a identificação de padrões de comportamento entre as amostras. A utilização da Análise de Componentes Principais (PCA) permitiu reduzir a dimensionalidade dos dados e visualizar, em um espaço bidimensional, como as diferentes concentrações de farinha (0%, 2%, 4%) se distanciam ou se agrupam conforme o processamento (Figura 5 e 6). As variáveis próximas indicam correlação positiva, enquanto as setas em sentidos opostos indicam correlação negativa.

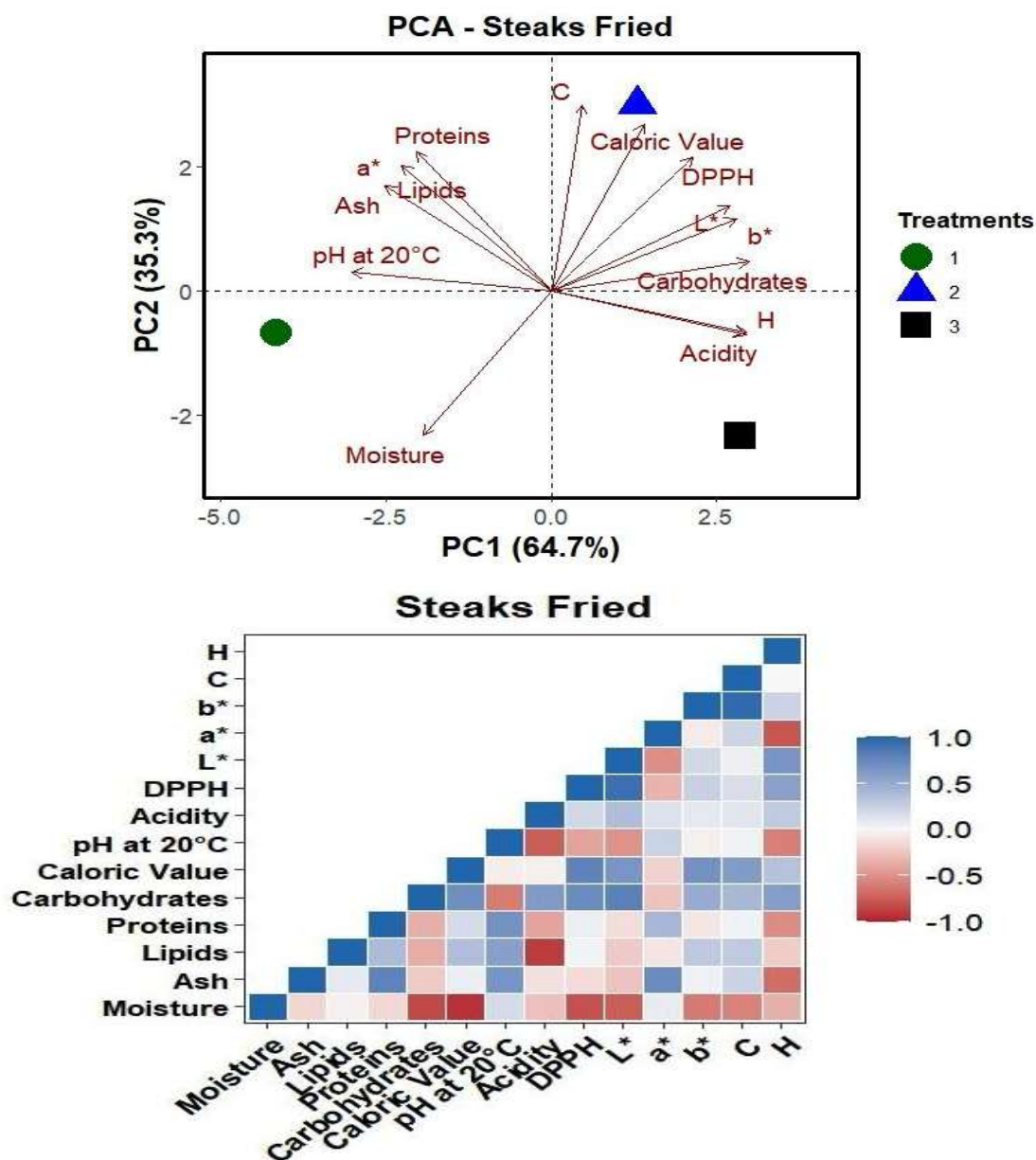
Nas amostras cruas, o PC1 e PC2 capturaram a maior parte da variância total, evidenciando uma segregação clara entre o grupo controle (0%) e as formulações fortificadas. A correlação de Pearson revelou uma forte associação positiva entre a adição de farinha e a luminosidade (L^*), enquanto o pH exibiu uma correlação negativa acentuada com o teor de farinha.

Figura 5 - PCA (Tratamento 1 - amostra controle e sem adição de farinha; Tratamento 2 - formulação com 2% de farinha da casca de goiaba-serrana; Tratamento 3 - formulação com 4% de farinha da casca de goiaba-serrana) e Correlação Linear para amostras cruas 0%,2% e 4%.



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Figura 6 - PCA (Tratamento 1 - amostra controle e sem adição de farinha; Tratamento 2 - formulação com 2% de farinha da casca de goiaba-serrana; Tratamento 3 - formulação com 4% de farinha da casca de goiaba- serrana) e Correlação Linear para amostras fritas 0%,2% e 4%.



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Embora ainda existam poucos estudos abordando especificamente a utilização de farinha de casca de goiaba-serrana em produtos cárneos, a literatura relacionada à incorporação de subprodutos de frutas ricos em fibras alimentares e compostos fenólicos descreve efeitos consistentes sobre as propriedades físico-químicas desses

sistemas. Nessa perspectiva, Koishybayeva *et al.* (2026) relatam que a adição desses ingredientes pode modificar a estrutura da matriz cárnea e influenciar parâmetros tecnológicos, incluindo características instrumentais de cor. Esses achados são convergentes com os resultados observados no presente estudo, sugerindo que a incorporação da farinha de casca de goiaba-serrana promove alterações na interação da luz com a superfície do produto cru, refletindo as mudanças estruturais decorrentes da presença das partículas fibrosas na matriz.

Após o processamento térmico, o padrão de dispersão no PCA alterou-se, indicando que o calor atua como um fator homogeneizador, reduzindo a variabilidade entre os tratamentos. Observou-se uma forte correlação positiva entre o teor de compostos antioxidantes (DPPH) e os parâmetros de cor (a^* e b^*). Bolchini *et al.* (2025) destacam que, durante o processamento térmico, a reação de *Maillard* promove a formação de melanoidinas e outros compostos responsáveis pela coloração e pelo desenvolvimento de atributos sensoriais característicos dos alimentos, os quais também podem apresentar atividade antioxidante significativa. Nesse contexto, os resultados obtidos sugerem que a farinha não apenas preserva parte de seus compostos bioativos durante a fritura, mas também contribui para a formação da identidade sensorial do produto por meio de sua interação com as reações térmicas. A análise indica que o *steak* 2% apresenta o ponto de equilíbrio ótimo no plano fatorial, posicionando-se em uma região de alta estabilidade. Esse resultado corrobora com a literatura de Souto *et al.* (2021), que destaca a sinergia entre bioativos naturais e estabilidade lipídica em produtos empanados fritos.

A incorporação de subprodutos de frutas em produtos cárneos tem demonstrado potencial para elevar a estabilidade oxidativa e o valor nutricional das formulações, contudo, a definição das concentrações ideais é fundamental para conciliar benefícios tecnológicos e aceitabilidade sensorial, visto que níveis elevados podem afetar atributos como cor, textura e sabor (Grasso *et al.*, 2024). Nesse contexto, os resultados deste estudo sugerem um *trade-off* entre funcionalidade e aceitação do produto, uma vez que, embora as formulações com 4% de inclusão tenham apresentado maior capacidade antioxidante, aquelas contendo 2% mantiveram uma aceitabilidade sensorial mais equilibrada, indicando que concentrações mais elevadas de fibras podem intensificar alterações sensoriais percebidas pelo consumidor.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos ao longo deste estudo permitem concluir que a farinha da casca de goiaba-serrana apresenta elevado potencial para aplicação como ingrediente funcional em produtos cárneos empanados, representando uma alternativa viável tanto sob a perspectiva tecnológica quanto sob os aspectos de sustentabilidade e inovação na indústria de alimentos. O aproveitamento desse subproduto agroindustrial, tradicionalmente destinado ao descarte, reforça a importância de estratégias voltadas à economia circular e à valorização integral das matérias-primas, contribuindo para a redução de resíduos e para a obtenção de ingredientes de alto valor agregado. Desta forma, conclui-se que a farinha da casca de goiaba-serrana apresenta elevada viabilidade para aplicação em *steaks* de frango empanados, conferindo benefícios relacionados à estabilidade antioxidante, às propriedades físico-químicas e à valorização de um resíduo agroindustrial de elevado potencial funcional.

Complementarmente, a incorporação do pinhão cozido na formulação base e na cobertura dos empanados revelou-se benéfica, validando teoricamente o uso de matérias-primas nativas e tradicionais da Região Sul do Brasil na inovação de produtos cárneos. Os dados demonstraram que a inclusão do pinhão atuou favoravelmente na manutenção do equilíbrio físico-químico e centesimal das formulações, sem gerar prejuízos à estabilidade proteica ou induzir desvios calóricos indesejados além daqueles já previstos pelo próprio processo de fritura. Assim, o pinhão consolida-se como um ingrediente promissor para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios com apelo regional e excelente viabilidade tecnológica.

Além das contribuições tecnológicas e científicas, os resultados obtidos evidenciam que o aproveitamento da casca da goiaba-serrana representa uma estratégia alinhada aos princípios da economia circular, ao promover a valorização integral de um subproduto agroindustrial e reduzir o desperdício de recursos naturais. Essa abordagem fortalece cadeias produtivas mais sustentáveis, favorece a geração de valor econômico a partir de resíduos e contribui para o atendimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, especialmente o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ao estimular o aproveitamento de matérias-primas para o desenvolvimento de alimentos de maior valor agregado, o ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), pela criação

de novas oportunidades de inovação e agregação de renda na cadeia agroindustrial, e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), por incentivar o uso eficiente dos recursos e a redução da geração de resíduos.

Ademais, como perspectiva para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos que avaliem o teor e a funcionalidade das fibras alimentares presentes na farinha da casca de goiaba-serrana, bem como análises sensoriais mais aprofundadas, a fim de verificar a aceitação do consumidor e os impactos da incorporação desse ingrediente nas características sensoriais do produto final.

Dessa forma, o presente estudo demonstra que a incorporação da farinha da casca de goiaba-serrana em produtos cárneos vai além da melhoria tecnológica, constituindo uma alternativa sustentável capaz de integrar inovação, segurança alimentar e responsabilidade ambiental.

5 REFERÊNCIAS

BEILKE, L. *et al.* Influence of extracts of different *Feijoa (Acca sellowiana)* leaf genotypes on the lactic fermentation performed by a mixed culture. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, [s. l.], v. santos33, n. 4, p. 328-341, 2021. Disponível em: <https://ejfa.me/index.php/journal/article/view/2687/1457>. Acesso em: 13 jun. 2026.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BOLCHINI, S.; MOROZOVA, K.; FERRENTINO, G.; SCAMPICCHIO, M. Assessing antioxidant properties of Maillard reaction products: methods and potential applications as food preservatives. **European Food Research and Technology**, v. 251, p. 2039-2059, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00217-025-04770-6>.

CASTRILLON, R. G.; HELM, C. V.; MATHIAS, A. L. *Araucaria angustifolia* and the pinhão seed: starch, bioactive compounds and functional activity – a bibliometric review. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 53, n. 9, e20220048, 2023.

CHEN, Q. *et al.* Ultrasound-optimized phenolic recovery from feijoa (*Acca sellowiana*) peel: cultivar variability, antioxidant capacity, and in vitro starch digestion. **Food Chemistry**, v. 495, art. 146346, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.146346>.

CIOBANU, M. M. Dietary fibres in processed meat: a review on nutritional enhancement, technological effects, sensory implications and consumer perception. **Foods**, [s. l.], v. 14, n. 9, art. 1459, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods14091459>. Acesso em: 13 jun. 2026.

CIOTTA, M. N.; SANTOS, K. L.; PASA, M. S. Crescimento e atributos fenológicos dos cultivares de goiabeira-serrana em São Joaquim, SC. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 28-31, jan./abr. 2020.

DI VAIO, C. *et al.* Comparative evaluation of quality traits and bioactive compounds in *Acca sellowiana* (Berg) peel and pulp: effects of genotype, harvest time and tissue type. **Horticulturae**, v. 11, n. 11, art. 1305, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae11111305>. Acesso em: 13 jun. 2026.

DOMÍNGUEZ, R. *et al.* A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. **Antioxidants**, v. 8, n. 10, art. 429, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>.

ESTÉVEZ, M. Critical overview of the use of plant antioxidants in the meat industry: opportunities, innovative applications and future perspectives. **Meat Science**, v. 181, art. 108610, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108610>.

GARCÍA-LOMILLO, J.; GONZÁLEZ-SANJOSÉ, M. L. Applications of wine pomace in the food industry: approaches and functions. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 1, p. 3-22, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12238>.

GRASSO, S. *et al.* The utilisation of agricultural by-products in processed meat products: effects on physicochemical, nutritional and sensory quality – Invited Review. **Meat Science**, v. 211, art. 109451, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109451>.

GUPTA, R. K. *et al.* Valorization of fruits and vegetables waste byproducts for development of sustainable food packaging applications. **Waste Management Bulletin**, v. 2, p. 21-40, 2024.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

KOISHYBAYEVA, A. *et al.* Utilizing Apple Pomace in Meat Products: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Foods**, v. 15, n. 9, art. 1545, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods15091545>.

MANESSIS, G. *et al.* Plant-derived natural antioxidants in meat and meat products. **Antioxidants**, Basel, v. 9, n. 12, art. 1215, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox9121215>. Acesso em: 22 maio 2026.

MISHRA, B. P. *et al.* Properties and physiological effects of dietary fiber-enriched meat products: a review. **Frontiers in Nutrition**, [s. l.], v. 10, art. 1275341, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1275341>. Acesso em: 13 jun. 2026.

MONTORO, P. *et al.* Evaluation of bioactive compounds and antioxidant capacity of edible feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) flower extracts. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 6, p. 2051-2060, 2020.

MUNEKATA, P. E. S. *et al.* Natural antioxidants from seeds and their application in meat products. **Antioxidants**, Basel, v. 9, art. 815, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox9090815>. Acesso em: 22 maio 2026.

NASCIMENTO, N. M.; NEITZEL, G. S. M.; FERREIRA, G. M.; NASCIMENTO, N. M.; BERNAL, S. E. M. Economia circular e sustentabilidade no setor alimentício: tendências, barreiras e perspectivas futuras. **Cippus**, Canoas, v. 13, n. 2, 2025. DOI: 10.18316/cippus.v13i2.12531.

PATEIRO, M. *et al.* The use of natural ingredients to improve the quality of meat products: a review. **Meat Science**, [s. l.], v. 175, art. 108425, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108425>. Acesso em: 13 jun. 2026.

SANTANA NETO, D. C. *et al.* Inhibition of protein and lipid oxidation in ready-to-eat chicken patties by a *Spondias mombin* L. bagasse phenolic-rich extract. **Foods**, v. 10, n. 6, art. 1338, 2021.

SHI, B. *et al.* Dissecting Maillard reaction production in fried foods: formation mechanisms, sensory characteristic attribution, control strategy, and gut homeostasis regulation. **Food Chemistry**, v. 438, art. 137994, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137994>.

SOUTO, V. O. *Caracterização físico-química e potencial antioxidante de bebidas compostas de suco de uva e extrato enriquecido de erva-mate*. 2024. 119 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2024.

SOUTO, V. O. *et al.* Naturally caffeinated functional beverage based on grape juice and cryoconcentrated yerba mate extract. **Journal of Food Science**, v. 91, n. 5, e71158, 2026.

SOUTO, V. O. *et al.* Olive oil-in-water emulsion as a source of desirable fatty acids in free-range "Caipira" chicken ham. **LWT - Food Science and Technology**, v. 144, e111216, 2021.

TORRES, E. A. F. S. *et al.* Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php>. Acesso em: 3 abr. 2026.

VATRANO, T. *et al.* Multifunctional role of *Acca sellowiana* from farm management to postharvest life: a review. **Agronomy**, [s. l.], v. 12, n. 8, art. 1802, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy12081802>. Acesso em: 13 jun. 2026.

ZHOU, T. *et al.* Effect of natural plant extracts on the quality of meat products: a meta-analysis. **Food Materials Research**, [s. l.], v. 3, art. 15, 2023. Disponível em: <https://www.maxapress.com/article/doi/10.48130/fmr-2023-0015>. Acesso em: 13 jun. 2026.

ZUÑIGA-MARTÍNEZ, B. S. *et al.* Agro-industrial fruit byproducts as health-promoting ingredients used to supplement baked food products. **Foods**, [s. l.], v. 11, n. 20, art. 3181, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9601857/>. Acesso em: 13 jun. 2026.