



DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE HAMBÚRGUER DE FRANGO ELABORADO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FARINHA DA CASCA DE MARACUJÁ

DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE HAMBURGUESA DE POLLO ELABORADA CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE HARINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ

DEVELOPMENT AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF CHICKEN BURGER FORMULATED WITH DIFFERENT CONCENTRATIONS OF PASSION FRUIT PEEL FLOUR

José Adalton Soares ¹; João Willee Santana Santos ²; José Mario Alves Conceição³; Rosa Nathália Couto Oliveira ⁴; Acenini Lima Balieiro⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/VIIICIAGRO.0078>

RESUMO

O hambúrguer é um produto cárneo amplamente consumido, cujas formulações convencionais apresentam elevado teor de gordura saturada e limitado valor nutricional. A adição de fibras alimentares constitui estratégia eficaz para incrementar o perfil funcional desses produtos, melhora o rendimento no processamento e reduz o impacto ambiental pelo aproveitamento de resíduos agroindustriais. Este estudo objetivou desenvolver hambúrgueres de frango enriquecidos com farinha da casca de maracujá (FCM) em diferentes concentrações e avaliar suas características físico-químicas e tecnológicas. Foram elaboradas quatro formulações: controle (F0, sem farinha) e com adição de 2% (F1) e 4% (F2) de FCM. As análises compreenderam pH, umidade, cinzas, capacidade de retenção de água (CRA), rendimento de cocção, perda por cocção e cor instrumental (L*, a*, b*). Os resultados mostraram redução significativa do pH (de 6,06 em F0 para 5,69 em F2) com o aumento da FCM, reflexo do caráter ácido dos compostos bioativos da casca de maracujá. A umidade decresceu de 51,34% (F0) para 42,92% (F2), atribuído à elevada capacidade de absorção das fibras solúveis presentes na FCM. As cinzas aumentaram de 4,43% a 7,26%, indicando maior aporte mineral

¹ Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, joseadaltosantos11@gmail.com

² Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, joaowillee@gmail.com

³ Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, alvesmario@academico.ufs.br

⁴ Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, rosanathaliacoutoliveira@gmail.com

⁵ Doutorado, Universidade Federal de Sergipe, aceninibalieiro@academico.ufs.br

com a adição da farinha. O rendimento de cocção melhorou progressivamente (55,95% → 58,11%), com redução concomitante da perda por cocção (44,04% → 41,88%), embora sem diferença estatística entre tratamentos. A CRA manteve-se estável entre 37,48 e 43,14%. Conclui-se que a incorporação de até 4% de FCM em hambúrgueres de frango é tecnologicamente viável, melhorando o rendimento de cocção e agregando compostos bioativos, sem comprometer as propriedades tecnológicas do produto.

Palavras-Chave: coproduto agroindustrial; fibra alimentar; aproveitamento de resíduos; tecnologia de carnes

RESUMEN

La hamburguesa es un producto cárnico ampliamente consumido cuyas formulaciones convencionales presentan alto contenido de grasa saturada y valor nutricional limitado. La adición de fibra dietética es una estrategia eficaz para incrementar el perfil funcional de estos productos, mejorar el rendimiento durante el procesamiento y reducir el impacto ambiental mediante el aprovechamiento de residuos agroindustriales. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar hamburguesas de pollo enriquecidas con harina de cáscara de maracuyá (HCM) en diferentes concentraciones y evaluar sus características fisicoquímicas y tecnológicas. Se elaboraron cuatro formulaciones: control (F0, sin harina) y con adición de 2% (F1) y 4% (F2) de HCM. Las hamburguesas fueron elaboradas con carne de pollo molida, aceite vegetal, sal y condimentos, moldeadas en unidades de 50 g y almacenadas a -18°C. Los análisis incluyeron pH, humedad, cenizas, capacidad de retención de agua (CRA), rendimiento de cocción, pérdida por cocción y color instrumental (L^* , a^* , b^*). Los resultados mostraron una reducción significativa del pH (de 6,06 en F0 a 5,69 en F2), reflejo del carácter ácido de los compuestos bioactivos de la cáscara de maracuyá. La humedad disminuyó de 51,34% (F0) a 42,92% (F2), atribuida a la alta capacidad de absorción de las fibras solubles de la HCM. Las cenizas aumentaron de 4,43% a 7,26%, indicando mayor aporte mineral. El rendimiento de cocción mejoró progresivamente (55,95% → 58,11%), con reducción concomitante de la pérdida por cocción (44,04% → 41,88%), aunque sin diferencia estadística entre tratamientos. La CRA se mantuvo estable entre 37,48 y 43,14%. Se concluye que la incorporación de hasta 4% de HCM en hamburguesas de pollo es tecnológicamente viable, mejorando el rendimiento de cocción y agregando compuestos bioactivos sin comprometer las propiedades tecnológicas del producto.

Palabras Clave: subproducto agroindustrial; fibra dietética; aprovechamiento de residuos; tecnología cárnica

ABSTRACT

Burgers are widely consumed meat products whose conventional formulations present a high saturated fat content and limited nutritional value. The addition of dietary fiber is an effective strategy to enhance the

functional profile of these products, improve processing yield, and reduce environmental impact through the use of agroindustrial by-products. This study aimed to develop chicken burgers enriched with passion fruit peel flour (PFPPF) at different concentrations and evaluate their physicochemical and technological characteristics. Four formulations were prepared: control (F0, no flour) and with 2% (F1) and 4% (F2) PFPPF addition. Burgers were produced with ground chicken, vegetable oil, salt, and seasonings, shaped into 50 g units, and stored at -18°C. Analyses included pH, moisture, ash, water holding capacity (WHC), cooking yield, cooking loss, and instrumental color (L^* , a^* , b^*). Results showed a significant reduction in pH (from 6.06 in F0 to 5.69 in F2) with increasing PFPPF, reflecting the acidic nature of passion fruit peel bioactive compounds. Moisture decreased from 51.34% (F0) to 42.92% (F2), attributed to the high absorption capacity of soluble fibers present in PFPPF. Ash content increased from 4.43% to 7.26%, indicating greater mineral contribution. Cooking yield improved progressively (55.95% → 58.11%), with a concomitant reduction in cooking loss (44.04% → 41.88%), although without statistical difference among treatments. WHC remained stable between 37.48% and 43.14%. It is concluded that the incorporation of up to 4% PFPPF in chicken burgers is technologically feasible, improving cooking yield and contributing bioactive compounds without compromising the technological properties of the product.

Keywords: agro-industrial co-product; dietary fiber; waste utilization; meat technology

INTRODUÇÃO

A Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), define hambúrguer como o "produto cárneo industrializado, obtido de carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado". Trata-se de produto que pode ser classificado como cru, semifrito, cozido, frito, congelado ou resfriado.

O hambúrguer tem como ingrediente obrigatório carne de diferentes espécies de animais de açougue e como ingredientes opcionais: gordura (animal ou vegetal), água, sal, proteínas (animal e/ou vegetal), leite em pó, açúcares, maltodextrina, aditivos intencionais, condimentos, aromas, especiarias, vegetais, queijos e outros recheios. De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ), os parâmetros físico-químicos admitidos são: teor de lipídios máximo de 23,0%; proteína mínima de 15,0%; carboidratos totais máximos de 3,0%; e teor de cálcio máximo (em base seca) de 0,1% no hambúrguer cru e 0,45% no hambúrguer cozido (BRASIL, 2000).

A crescente demanda por alimentos funcionais tem impulsionado a indústria de carnes a reformular produtos tradicionais. O hambúrguer destaca-se pela praticidade de preparo e ampla aceitação, porém formulações convencionais podem conter até 30% de gordura (BASTOS et al., 2014). Paralelamente, consumidores cada vez mais exigentes buscam produtos que conciliem prazer, praticidade e benefícios à saúde (FORKER et al., 2012). Esse perfil impulsiona o desenvolvimento de formulações

com redução substancial de gordura sem prejuízo ao sabor e à qualidade sensorial.

A incorporação de fibras alimentares em produtos cárneos tem sido amplamente estudada por promover benefícios funcionais e tecnológicos: melhora o rendimento no cozimento, aumenta a capacidade de retenção de água (CRA), reduz o custo da formulação e agrega valor nutricional ao produto final (PAULA et al., 2019). Além disso, fibras solúveis como a pectina funcionam como substitutos de gordura por suas propriedades gelificantes e espessantes, contribuindo para textura e suculência (OLIVEIRA et al., 2014; SILVA et al., 2018).

A elaboração de hambúrgueres enriquecidos com diferentes tipos de farinhas tem sido uma estratégia crescente na indústria de alimentos para aumentar o valor nutricional, melhorar o rendimento no cozimento e proporcionar benefícios funcionais aos produtos cárneos. Friedrich et al. (2022) estudaram hambúrgueres de carne bovina adicionados de farinhas de semente e polpa de abóbora cabotiá, avaliando quatro formulações com 30 g das farinhas (farinha da semente, da casca, da polpa e controle). As amostras apresentaram boa aceitação, indicando que resíduos de abóbora cabotiá constituem alternativa promissora para elevar o valor nutritivo de produtos industrializados sem comprometer a aceitação pelo mercado consumidor.

Gonçalves e Magalhães (2018) elaboraram hambúrguer bovino com substituição parcial e total da gordura por farinha da casca de maracujá, obtendo produto mais saudável, com redução do teor de gordura, incorporação de fibras, aumento do rendimento de cocção e redução do encolhimento. Bertuzzi (2024) aponta que a farinha de linhaça, embora rica em fibras, pode gerar notas sensoriais indesejáveis relacionadas à oxidação de seus ácidos graxos poli-insaturados. Em contrapartida, a farinha de casca de maracujá e de caju (PAINS; POSSAMAI, 2023) apresentaram maior neutralidade sensorial, com aceitação média de 6,0 na escala hedônica, indicando que o consumidor tolera a substituição desde que a textura não se torne excessivamente farelenta ou seca.

A utilização de subprodutos do processamento de frutas, como a casca de maracujá (*Passiflora edulis*), surge como alternativa sustentável e com potencial nutricional. A casca de maracujá é rica em pectina, fibra solúvel com propriedades gelificantes e espessantes que podem substituir parcialmente a gordura em produtos cárneos (GONÇALVES; MAGALHÃES, 2018). Adicionalmente, sua composição inclui compostos bioativos como flavonoides, alcaloides e vitaminas do complexo B, que contribuem para o valor funcional do produto final (ZERAIK et al., 2010).

No Brasil, o mercado de hambúrgueres tem apresentado crescimento expressivo nas últimas décadas, impulsionado pela urbanização, mudanças no estilo de vida e expansão das redes de alimentação rápida. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), o consumo de produtos cárneos processados cresceu cerca de 12% entre 2015 e 2020, com destaque para

hambúrgueres e similares. Esse cenário reforça a necessidade de inovação tecnológica e nutricional nesse segmento, de modo a oferecer ao consumidor produtos que aliem praticidade, segurança alimentar e benefícios à saúde.

O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) é uma das frutas tropicais de maior produção no Brasil, que figura como o maior produtor mundial, com uma produção anual superior a 600 mil toneladas (FAO, 2022). O processamento industrial da fruta para obtenção de polpa e suco gera grande volume de resíduos, dos quais a casca representa entre 50 e 70% do peso total do fruto (ZERAİK et al., 2010). Esse subproduto, frequentemente descartado ou subutilizado, possui composição química de elevado interesse nutricional e tecnológico, o que justifica seu aproveitamento em produtos alimentícios.

Do ponto de vista nutricional, a farinha da casca de maracujá (FCM) destaca-se pelo elevado teor de fibras alimentares totais, que pode variar entre 60 e 80% em base seca, sendo a pectina a fração solúvel predominante (FERRARI et al., 2013). A pectina é um polissacarídeo estrutural com propriedades gelificantes, emulsificantes e estabilizantes que, quando incorporada a matrizes cárneas, atua como substituto parcial de gordura, melhora a capacidade de retenção de água e confere textura mais coesa ao produto final (ELLEUCH et al., 2011). Além das fibras, a FCM é fonte relevante de minerais, como cálcio (0,18%), fósforo (0,08%) e magnésio, além de compostos fenólicos, flavonoides e vitaminas do complexo B, que conferem ao produto final características antioxidantes e potencial prebiótico (ZERAİK et al., 2010; EMBRAPA, 2014).

A utilização de farinha de casca de maracujá como ingrediente funcional em produtos cárneos insere-se na perspectiva da economia circular, ao promover o reaproveitamento de resíduos agroindustriais e reduzir o impacto ambiental da cadeia produtiva. Estudos demonstram que a incorporação de subprodutos de frutas tropicais em formulações cárneas pode elevar o valor nutricional, melhorar as características tecnológicas e reduzir custos de formulação, sem comprometer a aceitação sensorial pelo consumidor, desde que as concentrações sejam adequadamente ajustadas (GONÇALVES; MAGALHÃES, 2018; PAINS; POSSAMAI, 2023). A escolha da carne de frango como base do hambúrguer neste estudo justifica-se pelo perfil nutricional mais favorável em relação à carne bovina, com menor teor de gordura saturada e colesterol, o que amplifica o apelo saudável do produto desenvolvido (ABPA, 2023).

Outro aspecto relevante é a tendência mundial de consumo consciente e sustentável, impulsionada pela crescente preocupação ambiental e pelo movimento do desperdício zero (zero waste). A valorização de subprodutos da agroindústria como ingredientes alimentícios responde diretamente a essa demanda e está alinhada com as metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) e o ODS 12 (Consumo e

Produção Responsáveis) (ONU, 2015). Nesse sentido, o desenvolvimento de hambúrgueres funcionais enriquecidos com FCM representa não apenas uma estratégia tecnológica, mas também uma contribuição social e ambiental relevante.

Apesar do crescente interesse científico pelo aproveitamento de resíduos frutíferos em produtos cárneos, ainda são escassos os trabalhos que avaliam a aplicação de FCM especificamente em hambúrgueres à base de carne de frango. A maioria dos estudos disponíveis concentra-se em hambúrgueres bovinos (GONÇALVES; MAGALHÃES, 2018; MARTINS *et al.*, 2021) ou em produtos de panificação (FERRARI *et al.*, 2013), deixando uma lacuna de conhecimento quanto ao comportamento dessa farinha em formulações com carne de aves, que apresentam composição proteica e lipídica distintas. Essa diferença de matriz pode influenciar de forma particular as interações entre a FCM e as proteínas miofibrilares do frango, impactando propriedades como capacidade de retenção de água (CRA), textura e rendimento de cocção de maneira diferente do observado em carnes bovinas.

Nesse contexto, comunidades industrial e científica vêm investindo no desenvolvimento de novos produtos que, além de atenderem à demanda por conveniência, possam oferecer benefícios à saúde do consumidor (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Diante do exposto, este trabalho objetivou desenvolver hambúrgueres de frango enriquecidos com farinha da casca de maracujá em diferentes concentrações e avaliar suas características físico-químicas e tecnológicas, verificando a adequação ao Padrão de Identidade e Qualidade vigente.

METODOLOGIA

A condução do experimento foi realizada no Laboratório Multiusuário da Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, em Nossa Senhora da Glória, Sergipe. A carne de frango e a farinha da casca de maracujá foram adquiridas em comércio local. Foram desenvolvidas quatro formulações de hambúrgueres, respeitando o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) estabelecido pela Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000 (BRASIL, 2000): uma formulação controle (F0), sem adição de farinha da casca de maracujá, e formulações com adição de 2% (F1) e 4% (F2). As formulações desenvolvidas estão apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01. Formulações dos hambúrgueres de frango com adição da farinha da casca de maracujá (FCM).

Ingredientes	F0 (Controle 0%)	F1 (2%)	F2 (4%)
Carne de frango moída	86,0%	84,0%	82,0%
Gordura animal (toucinho)	5,0%	5,0%	5,0%
Farinha da casca de maracujá	0,0%	2,0%	4,0%
Água gelada	6,0%	6,0%	6,0%
Sal	1,5%	1,5%	1,5%
Condimentos	1,5%	1,5%	1,5%

Fonte: Os autores (2025).

A carne e a gordura vegetal foram homogeneizados em moedor de carne com disco de 5 mm, intercalando os ingredientes durante a moagem. Em seguida, os ingredientes secos foram incorporados à massa e misturados manualmente por 3 minutos para garantir homogeneização uniforme. Os hambúrgueres foram moldados manualmente em unidades de aproximadamente 50 g e envoltos individualmente em filme de polietileno. As amostras foram armazenadas a -18°C por aproximadamente 48 horas até o momento das análises.

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata. A umidade foi determinada por secagem em estufa a 105°C até peso constante (AOAC, 1990); o teor de cinzas, por carbonização e incineração em mufla a 550°C até peso constante (AOAC, 1990). O pH foi determinado pelo método potenciométrico, utilizando-se medidor de pH calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

A cor instrumental foi determinada nos produtos cru e cozido por colorímetro digital, sendo os resultados expressos nas coordenadas L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho) e b* (intensidade de amarelo) do sistema CIELAB, conforme Yam e Papadakis (2004). Para as medidas de rendimento de cocção e porcentagem de encolhimento, seguiu-se a metodologia proposta por Berry (1997). Os hambúrgueres, após descongelamento, foram cozidos em air fryer a 180°C por 14 minutos (7 min de cada lado) até atingirem temperatura interna de 72°C, controlada com termopar. O rendimento de cocção foi calculado conforme a Equação 1:

$$\text{Rendimento (\%)} = (\text{Peso da amostra cozida} / \text{Peso da amostra crua}) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada conforme Grau e Hamm (1953). Amostras de 5 g foram pesadas em triplicata, colocadas em papel filtro quantitativo alocado em tubos tipo

Falcon e centrifugadas a 3.500 rpm por 10 minutos. Após a centrifugação, as amostras foram retiradas cuidadosamente dos papéis-filtro e pesadas. A CRA foi calculada conforme a Equação 2:

$$\text{CRA (\%)} = (\text{Peso da amostra após centrifugação} / \text{Peso da amostra antes da centrifugação}) \times 100$$

(Equação 2)

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando software estatístico R (versão 4.3.0).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físico-químicas das formulações de hambúrguer de frango enriquecido com farinha da casca de maracujá estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 02. Características físico-químicas (média $\pm$ desvio padrão) de formulações de hambúrguer de frango enriquecido com farinha da casca de maracujá.

Parâmetros	F0 (Controle)	F1 (2% FCM)	F2 (4% FCM)
pH	6,06 $\pm$ 0,06a	5,92 $\pm$ 0,06b	5,69 $\pm$ 0,01c
Umidade (%)	51,34 $\pm$ 0,91a	47,37 $\pm$ 5,53ab	42,92 $\pm$ 3,09b
Cinzas (%)	4,43 $\pm$ 0,94a	4,67 $\pm$ 0,42a	7,26 $\pm$ 1,99b

F0: controle – sem farinha; F1: 2% de FCM; F2: 4% de FCM. Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Com relação ao pH dos hambúrgueres, foi observada diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$). O pH diminuiu de 6,06 (F0) para 5,92 (F1) e 5,69 (F2), refletindo o efeito acidificante dos compostos bioativos da farinha de casca de maracujá, rica em ácidos orgânicos como os ácidos cítrico e málico, que atuam como tamponantes naturais (Zeraik *et al.*, 2010). Os valores obtidos estão dentro da faixa recomendada para hambúrgueres (5,5–6,2), promovendo maior estabilidade microbiológica e redução da oxidação lipídica, resultados semelhantes aos obtidos por Serdaroğlu *et al.* (2017) em reestruturados cárneos com substituição de gordura por óleo de semente de abóbora.

A umidade apresentou redução progressiva com o aumento da concentração de FCM, passando de

51,34% (F0) para 42,92% (F2). Esse comportamento está associado ao elevado teor de fibras solúveis presentes na farinha de casca de maracujá, especialmente pectina (>20%), que absorve água livre, reduzindo a umidade disponível na matriz cárnea. Esse fenômeno é favorável para *shelf-life* do produto e contribui para textura mais firme, em consonância com a literatura sobre enriquecimento com resíduos frutíferos, que reporta umidade de 45–55% em formulações similares (MARTINS *et al.*, 2021). A redução da umidade observada em F2 foi estatisticamente significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).

O teor de cinzas aumentou com a adição de FCM, de 4,43% (F0) para 7,26% (F2), diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para F2. Esse incremento indica maior aporte mineral promovido pela farinha da casca de maracujá, que contém minerais como cálcio, fósforo e ferro em quantidades relevantes (EMBRAPA, 2014). Esse aumento no teor de cinzas é um indicativo positivo do ponto de vista nutricional, embora seja necessário verificar a biodisponibilidade desses minerais na matriz do produto final.

Os resultados de CRA, rendimento e perda por cocção estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 03. Capacidade de retenção de água (CRA), rendimento de cocção e perda por cocção para as formulações de hambúrguer de frango.

Parâmetros (%)	F0 (Controle)	F1 (2% FCM)	F2 (4% FCM)
CRA (%)	43,14±2,15a	37,48±1,81a	41,40±4,05a
Rendimento (%)	55,95±1,57a	57,37±2,41a	58,11±1,53a
Perda por cocção (%)	44,04±1,57a	42,62±2,41a	41,88±1,53a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

A CRA variou entre 37,48% (F1) e 43,14% (F0), sem diferença estatística entre os tratamentos ($p > 0,05$). A ligeira redução da CRA em F1 pode refletir interações iniciais entre a farinha e a matriz proteica que reduzem momentaneamente a disponibilidade de água livre, enquanto o aumento em F2 (41,40%) sugere que, em maior concentração, as fibras da FCM passam a reter água de forma mais efetiva, promovendo maior ligação estrutural na matriz cárnea (Elleuch *et al.*, 2011). Tecnicamente, a manutenção de CRA estável indica que a fibra adicionada não compromete a suculência intrínseca do produto cru (Seabra *et al.*, 2005; Córdova *et al.*, 2005). Os valores obtidos são inferiores aos reportados por Gonçalves e Magalhães (2018), que encontraram CRA entre 61,63% e 64,29% em hambúrgueres bovinos com FCM, possivelmente em razão das diferenças na composição proteica

entre carnes de frango e bovino.

O rendimento de cocção aumentou progressivamente com a adição de FCM: 55,95% (F0), 57,37% (F1) e 58,11% (F2), sem diferença estatística entre os tratamentos ($p>0,05$). Esse comportamento é esperado com a incorporação de fibras hidrofílicas, que retêm água durante a mistura e o processamento, reduzindo a perda de massa nas etapas anteriores à cocção e elevando o rendimento final. Para aplicações industriais, um ganho de 2–3 pontos percentual no rendimento pode ser economicamente relevante, pois reduz o custo por unidade produzida e melhora o aproveitamento da matéria-prima (Vidal; Prestes, 2014). Oliveira *et al.* (2013) observaram comportamento semelhante ao utilizar farinha de linhaça dourada como substituto de gordura em hambúrguer bovino com teor reduzido de sódio.

A perda por cocção diminuiu progressivamente: 44,04% (F0), 42,62% (F1) e 41,88% (F2), coerentemente com o aumento do rendimento, embora sem significância estatística. Essa tendência indica que a FCM contribui para reduzir a expulsão de fluidos durante o cozimento, efeito atribuído às fibras solúveis (especialmente pectina) que retêm água e formam uma matriz que limita a migração de sucos. Menor perda por cocção costuma relacionar-se a maior suculência percebida e melhor rendimento energético do produto final (Paula *et al.*, 2019).

Os parâmetros instrumentais de cor L^* , a^* e b^* das formulações de hambúrguer de frango cru e cozido estão apresentados na Tabela 4. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as formulações para nenhum dos parâmetros avaliados ($p>0,05$), tanto no produto cru quanto no cozido, indicando que a adição de FCM nas concentrações testadas não provocou alterações expressivas na coloração superficial dos hambúrgueres em relação ao controle.

Tabela 04. Parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* , b^*) das formulações de hambúrguer de frango cru.

Parâmetros	Cru			Cozido		
	F0	F1	F2	F0	F1	F2
L	42,03±5,01 ^a	50,4±7,3 ^a	49,55±8,8 ^a	64,18±11,19 ^a	62,31±13,30 ^a	54,70±8,88 ^a
a	-1,22±2,60 ^a	2,4±0,2 ^a	5,84±0,56 ^a	17,09±7,89 ^a	5,62±0,24 ^a	13,57±9,75 ^a
b	23,10±3,35 ^a	34,5±4,4 ^a	36,10±0,47 ^a	38,92±8,90 ^a	40,72±4,22 ^a	31,92±6,57 ^a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

O parâmetro L^* (luminosidade) variou de 42,03 (F0) a 50,40 (F1) e 49,55 (F2) nos hambúrgueres crus, com tendência de aumento nas formulações com FCM em relação ao controle, embora sem significância estatística. A farinha de casca de maracujá apresenta coloração creme-amarelada, que

pode ter contribuído para o leve acréscimo de luminosidade nas formulações enriquecidas. Após a cocção, os valores de L^* aumentaram consideravelmente em todas as formulações — 64,18 (F0), 62,31 (F1) e 54,70 (F2) —, o que é esperado em produtos cárneos submetidos ao calor, em decorrência da desnaturação proteica e da perda de umidade superficial, que tornam a superfície do produto mais clara e opaca (Ramos; Gomide, 2007). Observou-se ainda uma tendência de redução de L^* com o aumento da concentração de FCM no produto cozido, sugerindo que a farinha pode interferir discretamente nas reações de escurecimento superficial durante a cocção, possivelmente pela presença de açúcares redutores e compostos fenólicos que participam de reações de Maillard (Martins *et al.*, 2021).

O parâmetro a^* (intensidade de vermelho) apresentou valores negativos ou próximos de zero no produto cru para F0 (-1,22), o que é coerente com a cor característica da carne de frango, que apresenta menor teor de mioglobina e pigmentação avermelhada menos intensa em comparação com carnes vermelhas (Ramos; Gomide, 2007).

As formulações F1 (2,40) e F2 (5,84) exibiram valores de a^* progressivamente maiores no produto cru, indicando que a adição de FCM contribuiu para um discreto aumento da tonalidade avermelhada, possivelmente associado à presença de compostos carotenoides e fenólicos da casca de maracujá (Zeraik *et al.*, 2010). No produto cozido, os valores de a^* aumentaram substancialmente em todas as formulações — 17,09 (F0), 5,62 (F1) e 13,57 (F2) —, reflexo das reações de Maillard e da caramelização superficial promovidas pelo calor, que intensificam a coloração amarronzada e avermelhada da superfície dos hambúrgueres (Elmore *et al.*, 2000). A maior amplitude de a^* observada em F0 cozido pode indicar que, na ausência de FCM, a superfície cárnea fica mais exposta ao calor, favorecendo reações de escurecimento mais intensas.

O parâmetro b^* (intensidade de amarelo) foi o que apresentou valores mais elevados dentre os parâmetros cromáticos em todas as formulações, tanto cruas quanto cozidas, o que é esperado em produtos de carne de frango, naturalmente mais amarelados devido à deposição de carotenoides na musculatura (FLETCHER, 2002). Nos hambúrgueres crus, os valores de b^* aumentaram com a adição de FCM — 23,10 (F0), 34,50 (F1) e 36,10 (F2) —, indicando contribuição direta da farinha de casca de maracujá para a intensidade de amarelo do produto, coerente com a coloração característica dessa farinha, rica em flavonoides e carotenoides (FERRARI *et al.*, 2013). No produto cozido, os valores de b^* mantiveram-se elevados — 38,92 (F0), 40,72 (F1) e 31,92 (F2) —, com ligeira redução em F2, o que pode ser explicado pela maior participação de compostos da FCM nas reações de escurecimento térmico nessa concentração, consumindo parte dos pigmentos amarelos disponíveis (MARTINS *et al.*, 2021).

De maneira geral, as alterações de cor observadas com a adição de FCM são tecnologicamente

esperadas e não comprometem a identidade visual do produto. A ausência de diferença estatística entre as formulações sugere que a incorporação de até 4% de FCM não prejudica a uniformidade de cor dos hambúrgueres de frango, sendo uma característica favorável para a aceitação comercial do produto.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a adição de 4% de farinha da casca de maracujá representa a melhor relação entre melhoria tecnológica e adequação físico-química, constituindo uma alternativa sustentável para o aproveitamento de resíduos agroindustriais e para o desenvolvimento de hambúrgueres com maior apelo funcional. Estudos complementares envolvendo análises sensoriais, microbiológicas e avaliação do perfil de fibras são recomendados para confirmar o potencial desse ingrediente em escala industrial.

REFERÊNCIAS

- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990.
- BASTOS, S. C. et al. Pré-emulsionado de óleo de canola como substituto da gordura animal em hambúrgueres bovinos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 553–558, 2014.
- BERRY, B. W. Fat level and freezing temperature affect sensory, shear, cooking and compositional properties of ground beef patties. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 59, n. 4, p. 95–98, 1997.
- BERTUZZI, A. S. Substituição de gordura por farinhas vegetais em hambúrgueres: impacto nas características sensoriais e físico-químicas. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de hambúrguer. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 ago. 2000.
- CÓRDOVA, U. A. et al. Substituição de gordura por fibra de maracujá em hambúrgueres: efeito sobre propriedades tecnológicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 3, p. 417–422, 2005.
- ELLEUCH, M. et al. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. *Food Chemistry*, Oxford, v. 124, n. 2, p. 411–421, 2011.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Composição química e valor nutricional da casca de maracujá-amarelo. Brasília: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014. (Comunicado Técnico, 204).

FORKER, A. et al. Healthy eating: consumer understanding and practice of low-fat diets. *Journal of Consumer Affairs*, v. 46, n. 2, p. 185–207, 2012.

FRIEDRICH, M. T. et al. Hambúrgueres bovinos adicionados de farinhas de semente e polpa de abóbora cabotiá (*Cucurbita maxima*): características físico-químicas e sensoriais. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 5020–5039, 2022.

GONÇALVES, A. C. A.; MAGALHÃES, A. S. Farinha da casca de maracujá (*Passiflora edulis*) como substituto de gordura em hambúrguer bovino. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 29, n. 1, p. 34–42, 2018.

GRAU, R.; HAMM, R. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaften*, Berlin, v. 40, n. 1, p. 29–30, 1953.

MARTINS, I. B. A. et al. Physicochemical and sensory characteristics of beef burgers with partial replacement of fat by passion fruit peel flour. *LWT – Food Science and Technology*, London, v. 142, p. 111074, 2021.

OLIVEIRA, D. F. et al. Farinha de linhaça dourada como substituto de gordura em hambúrguer bovino com teor reduzido de sódio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 33, n. 1, p. 118–125, 2013.

OLIVEIRA, S. M. et al. Fibras alimentares: propriedades físico-químicas, fisiológicas e tecnológicas aplicadas a produtos cárneos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2169–2186, 2014.

PAINS, G.; POSSAMAI, E. Hambúrguer bovino enriquecido com farinha de caju: avaliação sensorial e físico-química. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, Ponta Grossa, v. 17, n. 1, p. 40–55, 2023.

PAULA, C. A. et al. Fibras alimentares em produtos cárneos: aspectos tecnológicos e nutricionais. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 78, p. e1769, 2019.

SEABRA, L. M. J. et al. Dika nut (*Irvingia gabonensis*) by-products as fat replacers in hamburger. *Meat Science*, Amsterdam, v. 69, n. 4, p. 405–411, 2005.

SERDAROĞLU, M. et al. The effects of replacing beef fat with pumpkin seed oil on quality characteristics of beef patties. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, Seoul, v. 37, n. 5, p. 726–736, 2017.

SILVA, A. L. et al. Prebióticos e fibras: efeitos sobre a saúde humana e aplicações em alimentos funcionais. *Revista Brasileira de Nutrição Funcional*, São Paulo, v. 18, n. 76, p. 10–18, 2018.

VIDAL, V. A. S.; PRESTES, R. C. Substitutos de gordura de origem vegetal em produtos cárneos reestruturados: impactos sobre rendimento, textura e sensorialidade. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1683–1700, 2014.

YAM, K. L.; PAPADAKIS, S. E. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 61, n. 1, p. 137–142, 2004.

ZERAIK, M. L. et al. Maracujá: um alimento funcional? Revista Brasileira de Farmacognosia, Curitiba, v. 20, n. 3, p. 459–471, 2010.