



DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE LINGUIÇA DE FRANGO ELABORADA COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE PSYLLIUM

DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE EMBUTIDO DE POLLO ELABORADO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PSYLLIUM

DEVELOPMENT AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF CHICKEN SAUSAGE ELABORATED WITH DIFFERENT CONCENTRATIONS OF PSYLLIUM

Lays Fernanda de Santana Santos¹; Vania da Silva Santos²; Raissa Emanuele Souza Santos³; Luiz Felipe de Santana Santos⁴; Acenini Lima Balieiro⁵

DOI :<https://doi.org/10.31692/VIIICIAGRO.0121>

RESUMO

A linguiça de frango representa uma matriz cárnea de elevada importância comercial no Brasil, em razão da ampla disponibilidade de matéria-prima, do preço competitivo e da aceitação do consumidor. Entretanto, assim como outros produtos cárneos processados, esse alimento é naturalmente desprovido de fibra alimentar, fato que tem estimulado pesquisas de reformulação com ingredientes vegetais capazes de melhorar o perfil nutricional e o desempenho tecnológico. Entre esses ingredientes, o psyllium (*Plantago ovata* Forssk.) destaca-se por apresentar elevada proporção de fibras solúveis, predominância de arabinoxilanas, capacidade de hidratação, formação de gel e potencial aplicação como hidrocoloide em sistemas alimentares. Este estudo objetivou desenvolver linguiças de frango adicionadas de psyllium nas concentrações de 0% (LF1), 4% (LF2) e 6% (LF3), avaliando suas características físico-químicas e tecnológicas, incluindo umidade, cinzas, pH, cor instrumental em produto cru e cozido, capacidade de retenção de água (CRA), perda por cocção e rendimento de cocção. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ($p < 0,05$). A umidade variou de 58,83% a 64,39%, sem diferença significativa entre as formulações e dentro do limite legal estabelecido para linguiças de aves. O teor de cinzas aumentou significativamente de 2,78% em LF1 para 3,52% em LF3 ($p = 0,0160$), evidenciando contribuição de sólidos minerais associados à fibra. O pH reduziu significativamente de 6,00 para 5,93 ($p = 0,0006$), mantendo-se em faixa adequada para produtos cárneos frescos. Em relação à cor, a luminosidade L^* do produto cozido foi significativamente afetada ($p = 0,0075$), com menor valor em LF2, indicando que o psyllium pode modificar a reflexão de luz e favorecer escurecimento térmico moderado. A CRA, a perda por cocção e o rendimento não diferiram significativamente, demonstrando que a adição de psyllium não comprometeu o desempenho tecnológico do produto. Conclui-se que o psyllium é tecnologicamente viável para aplicação em linguiça de frango nas concentrações avaliadas, com destaque para a formulação com 4%, que associou incremento mineral, estabilidade tecnológica e menor concentração de ingrediente adicional. Estudos complementares de perfil de fibras, textura instrumental, oxidação lipídica, microbiologia, aceitação sensorial e vida útil são recomendados para validar o potencial funcional e comercial da formulação.

Palavras-chave: linguiça funcional; fibra alimentar; *Plantago ovata*; produto cárneo; capacidade de retenção

¹ Agroindústria, UFS, s.laysfernanda@gmail.com

² Agroindústria, UFS, vaniadasilvasantos@academico.ufs.br

³ Agroindústria, UFS, raissae775@gmail.com

⁴ Agroindústria, UFS, felipesantos.santos.9655@gmail.com

⁵ Doutorado, UFS, aceninibalieiro@academico.ufs.br

de água; cor instrumental.

RESUMEN

La salchicha de pollo constituye una matriz cárnica de gran importancia comercial, especialmente en países con elevada producción avícola. Sin embargo, al igual que otros productos cárnicos procesados, no contiene fibra dietética de forma natural, lo que ha impulsado estrategias de reformulación con ingredientes vegetales capaces de mejorar el valor nutricional y las propiedades tecnológicas. El psyllium (*Plantago ovata* Forssk.) es una fibra rica en arabinosilanos, con alta capacidad de hidratación, formación de gel y potencial uso como hidrocoloide alimentario. El objetivo de este trabajo fue elaborar salchichas de pollo adicionadas con 0% (LF1), 4% (LF2) y 6% (LF3) de psyllium y evaluar humedad, cenizas, pH, color instrumental, capacidad de retención de agua, pérdida por cocción y rendimiento de cocción. Los datos fueron sometidos a ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$). La humedad no presentó diferencia significativa y se mantuvo dentro del límite legal. El contenido de cenizas aumentó significativamente de 2,78% a 3,52%, mientras que el pH disminuyó de 6,00 a 5,93. En el producto cocido, la luminosidad L^* fue significativamente afectada por la adición de psyllium. No hubo diferencias significativas para capacidad de retención de agua, pérdida por cocción y rendimiento. Se concluye que el psyllium es un ingrediente tecnológicamente viable para salchichas de pollo, especialmente al 4%, aunque se recomiendan estudios sensoriales y de vida útil.

Palabras clave: salchicha funcional; fibra dietética; *Plantago ovata*; producto cárnico; color instrumental.

ABSTRACT

Chicken sausage is a commercially relevant meat matrix in Brazil due to the availability of poultry raw material, competitive price, and consumer acceptance. However, as with other processed meat products, chicken sausage is naturally devoid of dietary fiber, which has encouraged reformulation strategies using plant ingredients able to improve nutritional quality and technological performance. Psyllium (*Plantago ovata* Forssk.) is a fiber-rich ingredient characterized by arabinosilans, high hydration capacity, gel formation, and hydrocolloid behavior in food systems. This study aimed to develop chicken sausages containing 0% (LF1), 4% (LF2), and 6% (LF3) psyllium and to evaluate their physicochemical and technological characteristics, including moisture, ash, pH, instrumental color in raw and cooked products, water-holding capacity, cooking loss, and cooking yield. Data were subjected to analysis of variance and Tukey's test ($p < 0.05$). Moisture ranged from 58.83% to 64.39%, with no significant difference among treatments and within the legal limit for poultry sausages. Ash content increased significantly from 2.78% in LF1 to 3.52% in LF3 ($p = 0.0160$), indicating the contribution of mineral solids associated with the fiber. pH decreased significantly from 6.00 to 5.93 ($p = 0.0006$), remaining within a suitable range for fresh meat products. Regarding color, cooked product lightness L^* was significantly affected ($p = 0.0075$), suggesting that psyllium can modify light reflection and promote moderate thermal darkening. Water-holding capacity, cooking loss, and cooking yield were not significantly different, demonstrating that psyllium addition did not impair technological performance. It is concluded that psyllium is technologically feasible for chicken sausage at the tested levels, particularly at 4%, which combines mineral enrichment, technological stability, and lower ingredient inclusion. Further studies on dietary fiber profile, instrumental texture, lipid oxidation, microbiology, sensory acceptance, and shelf life are recommended.

Keywords: functional sausage; dietary fiber; *Plantago ovata*; meat product; water-holding capacity; instrumental color.

INTRODUÇÃO

A linguiça é um produto cárneo industrializado de elevada presença na alimentação brasileira, tanto pelo valor cultural associado ao consumo de embutidos quanto pela versatilidade de preparo em refeições domésticas e em serviços de alimentação. De acordo com a Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000, a linguiça é definida como o produto cárneo obtido de carnes de animais de açougue, adicionada ou não de tecidos adiposos, ingredientes e condimentos, embutida em envoltório natural ou artificial e submetida ou não ao processo de defumação (BRASIL, 2000). Para

linguiças elaboradas com carne de aves, a legislação brasileira estabelece parâmetros de identidade e qualidade, incluindo limites de composição que orientam o controle tecnológico e a conformidade do produto final.

A carne de frango é uma das matérias-primas mais relevantes para o desenvolvimento de produtos cárneos no Brasil. A cadeia avícola brasileira apresenta elevada capacidade produtiva, regularidade de oferta e inserção internacional expressiva. Relatório setorial da Associação Brasileira de Proteína Animal demonstra a importância da avicultura na economia agroindustrial, e dados de mercado divulgados em 2025 indicam que as exportações brasileiras de carne de frango atingiram 5,294 milhões de toneladas em 2024, volume 3% superior ao registrado em 2023, com receita anual de US\$ 9,928 bilhões (ABPA, 2024; GLOBAL AG MEDIA, 2025). Esse cenário posiciona os derivados de frango como plataforma estratégica para inovação, especialmente quando se busca associar conveniência, saudabilidade e aproveitamento tecnológico de ingredientes funcionais.

Do ponto de vista nutricional, a carne de frango apresenta proteínas de alto valor biológico, boa digestibilidade e menor teor de gordura em comparação com determinadas carnes vermelhas, a depender do corte e do processamento. Entretanto, como toda matriz cárnea, não contém fibra alimentar em sua composição natural. A ausência de fibras contrasta com a crescente valorização, por parte de consumidores e formuladores, de produtos com melhor perfil nutricional e potencial contribuição para dietas equilibradas. Nesse contexto, a reformulação de produtos cárneos com ingredientes vegetais ricos em fibras tem sido considerada uma estratégia promissora para melhorar a imagem de saudabilidade desses alimentos, elevar o teor de compostos não digestíveis benéficos e, simultaneamente, aprimorar atributos tecnológicos como retenção de água, textura, rendimento e estabilidade de emulsão (MISHRA et al., 2023; CIOBANU et al., 2025).

As fibras alimentares abrangem carboidratos não digeríveis e lignina que resistem à digestão e absorção no intestino delgado, podendo ser parcial ou totalmente fermentados no intestino grosso. Além dos efeitos fisiológicos associados à motilidade intestinal, saciedade, metabolismo lipídico e controle glicêmico, essas fibras desempenham funções tecnológicas importantes em alimentos processados. Em produtos cárneos, podem atuar como extensores, agentes ligantes, substitutos parciais de gordura, estabilizantes de emulsão, hidrocoloides e modificadores de textura. Revisões recentes apontam que a adição de fibras a produtos cárneos pode reduzir perdas de cocção, aumentar rendimento, melhorar a capacidade de retenção de água e contribuir para a estabilidade estrutural, embora os efeitos dependam intensamente da fonte vegetal, granulometria, solubilidade, concentração, hidratação prévia e interação com proteínas, lipídios e sais presentes na formulação (MARCZAK; MENDES, 2024; STANIŠIĆ et al., 2025).

Entre as fibras com maior potencial tecnológico em sistemas alimentares encontra-se o

psyllium, obtido principalmente da casca das sementes de *Plantago ovata* Forssk. O psyllium é reconhecido por seu alto teor de fibras solúveis, especialmente arabinoxilanas e hemiceluloses, capazes de absorver água e formar mucilagem viscosa. Essa característica confere ao ingrediente propriedades espessantes, gelificantes e estabilizantes, favorecendo sua aplicação em panificados sem glúten, bebidas, sobremesas, suplementos alimentares e produtos cárneos reformulados (FRANCO et al., 2020; KASSA et al., 2024). Em sistemas cárneos, a formação de gel e a capacidade de ligação de água são atributos particularmente relevantes, pois a retenção de fluidos durante o processamento térmico influencia suculência, rendimento, textura e aceitabilidade.

O interesse pelo psyllium em produtos cárneos está associado à possibilidade de desenvolver alimentos com perfil funcional e rótulo mais atrativo. Estudos recentes reforçam que o ingrediente pode atuar como substituto parcial de gordura, auxiliar na redução de fosfatos e sódio, melhorar estabilidade de emulsão, modular textura, contribuir para estabilidade oxidativa e aumentar o teor de fibra alimentar do produto (CORREA; LORENZO; CAMPAGNOL, 2025). Todavia, a aplicação tecnológica do psyllium não é automaticamente positiva em todas as matrizes. A literatura indica que o desempenho depende do tipo comercial de psyllium, do tamanho de partícula, da proporção de fibra solúvel e insolúvel, do nível de adição, do pH, da força iônica, da quantidade de água disponível e da intensidade de mistura. Em formulações de salsichas e análogos cárneos, concentrações entre 3% e 6% têm sido avaliadas por interferirem de forma perceptível na retenção de água, textura, cor e aceitabilidade (NOGUEROL; LARREA; PAGÁN, 2022).

A incorporação de fibras em embutidos frescos também exige atenção aos parâmetros legais e de qualidade. O teor de umidade deve permanecer dentro dos limites estabelecidos, a textura não deve se tornar excessivamente rígida ou pegajosa, a coloração deve manter aparência compatível com as expectativas do consumidor e o rendimento de cocção deve ser preservado. Além disso, a matriz de carne de frango apresenta particularidades que diferem de sistemas bovinos ou suínos, como menor teor de mioglobina, coloração mais clara e comportamento térmico associado às proteínas miofibrilares da ave. Assim, a avaliação de pH, cor instrumental, capacidade de retenção de água, perda por cocção e rendimento torna-se essencial para compreender a viabilidade tecnológica do ingrediente.

Apesar do aumento do número de estudos sobre fibras em produtos cárneos, ainda existem lacunas quanto ao uso do psyllium em linguiças frescas de frango, especialmente em formulações simples e aplicáveis ao contexto de pequenos laboratórios, agroindústrias e pesquisas acadêmicas regionais. A análise de concentrações de 4% e 6% permite observar não apenas o potencial enriquecedor do ingrediente, mas também eventuais alterações físico-químicas que podem limitar sua aplicação. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo elaborar linguiças de frango

enriquecidas com psyllium em diferentes concentrações e avaliar suas características físico-químicas e tecnológicas, verificando a influência da fibra sobre umidade, cinzas, pH, cor instrumental, capacidade de retenção de água, perda por cocção e rendimento de cocção.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório Multiusuário da Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, localizado em Nossa Senhora da Glória, Sergipe. A carne de frango, o toucinho suíno, os condimentos e o psyllium foram adquiridos em comércio local, priorizando matérias-primas em condições adequadas de conservação. Foram elaboradas três formulações de linguiça de frango: LF1, correspondente ao tratamento controle sem psyllium; LF2, com adição de 4% de psyllium; e LF3, com adição de 6% de psyllium. A composição das formulações é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Formulações das linguiças de frango com adição de psyllium.

Ingredientes	LF1 (0%)	LF2 (4%)	LF3 (6%)
Carne de frango moída	82,0%	78,0%	76,0%
Toucinho suíno	10,0%	10,0%	10,0%
Psyllium	0,0%	4,0%	6,0%
Água gelada	5,0%	5,0%	5,0%
Sal refinado	1,8%	1,8%	1,8%
Condimentos e especiarias	1,2%	1,2%	1,2%

Fonte: Os autores (2025).

Os ingredientes foram pesados em balança semi-analítica. A carne de frango moída foi inicialmente misturada ao sal e aos condimentos, seguida da adição de toucinho, água gelada e psyllium conforme cada tratamento. A massa cárnea foi homogeneizada em processadora de alimentos por aproximadamente cinco minutos, mantendo-se a temperatura inferior a 10 °C para reduzir riscos de desnaturação proteica precoce e preservar as condições de emulsificação e liga da massa. Após a homogeneização, as linguiças foram embutidas em tripa natural suína previamente higienizada, formando unidades de aproximadamente 80 g. As amostras foram acondicionadas e armazenadas a -18 °C 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 massa constante, e o teor de cinzas por incineração em mufla a 550 °C, conforme metodologias clássicas da AOAC (1990). O pH foi determinado por método potenciométrico, utilizando pHmetro previamente calibrado. A cor instrumental foi avaliada em amostras cruas e cozidas com colorímetro, sendo os resultados expressos no sistema CIELAB pelas

coordenadas L (*luminosidade*), a (variação do verde ao vermelho) e b* (variação do azul ao amarelo), conforme fundamentos descritos para análise de cor em superfícies alimentícias (YAM; PAPADAKIS, 2004).

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada segundo metodologia de Grau e Hamm (1953), com adaptação por centrifugação a 3.500 rpm durante 10 minutos. O rendimento de cocção e a perda por cocção foram calculados após tratamento térmico das linguças em forno a 180 °C até atingir temperatura interna de 72 °C, monitorada por termopar. A perda por cocção foi determinada pela diferença entre o peso cru e o peso cozido, enquanto o rendimento correspondeu à razão entre o peso cozido e o peso cru, multiplicada por 100, conforme as Equações 1 e 2.

$$\text{Rendimento (\%)} = (\text{Peso cozido} / \text{Peso cru}) \times 100$$

$$\text{Perda por cocção (\%)} = [(\text{Peso cru} - \text{Peso cozido}) / \text{Peso cru}] \times 100$$

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR. A interpretação dos resultados considerou não apenas a significância estatística, mas também sua relevância tecnológica, sua relação com a legislação e sua coerência com a literatura recente sobre aplicação de fibras alimentares em produtos cárneos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de umidade, cinzas e pH das formulações de linguça de frango enriquecidas com psyllium estão apresentados na Tabela 2. Esses parâmetros são fundamentais para avaliar a conformidade do produto, a estabilidade da matriz cárnea e os efeitos iniciais da incorporação de uma fibra vegetal com elevada capacidade de hidratação.

Tabela 2. Composição centesimal e pH das linguças de frango com diferentes concentrações de psyllium.

Parâmetro	LF1 (0%)	LF2 (4%)	LF3 (6%)	p-valor
Umidade (%)	58,83 a	64,39 a	62,46 a	0,1743
Cinzas (%)	2,78 a	3,27 ab	3,52 b	0,0160*
pH	6,00 b	5,98 b	5,93 a	0,0006*

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Diferença significativa. LF1: controle; LF2: 4% de psyllium; LF3: 6% de psyllium. Fonte: Os autores (2025).*

O teor de umidade não apresentou diferença significativa entre as formulações ($p = 0,1743$), variando de 58,83% em LF1 a 64,39% em LF2. Esse resultado indica que, embora o psyllium seja reconhecido por sua elevada capacidade de absorção de água, sua adição nas concentrações testadas não alterou estatisticamente o teor total de água mensurado no produto. Do ponto de vista legal, todos os tratamentos permaneceram abaixo do limite máximo de umidade de 65% previsto para linguças

de aves, o que demonstra conformidade das formulações em relação ao parâmetro avaliado (BRASIL, 2000).

A ausência de diferença significativa na umidade não deve ser interpretada como ausência de interação entre psyllium e água. A determinação de umidade expressa a quantidade total de água presente na amostra, mas não distingue água livre, água imobilizada na rede proteica, água associada à fibra e água retida por capilaridade. Em sistemas cárneos reformulados, a fibra pode modificar a distribuição da água sem necessariamente alterar seu teor total. Revisões recentes destacam que a funcionalidade das fibras em carnes processadas depende da solubilidade, granulometria, hidratação, concentração e interação com proteínas miofibrilares (MARCZAK; MENDES, 2024; CIOBANU et al., 2025). Assim, o valor de umidade semelhante entre os tratamentos sugere que o psyllium atuou mais na organização da fase aquosa e na estrutura da matriz do que no aumento absoluto de água incorporada.

Observa-se, entretanto, tendência de aumento da umidade em LF2 em comparação ao controle, seguida de leve redução em LF3. Esse comportamento pode indicar que a concentração de 4% favoreceu maior incorporação ou retenção de água durante o processamento, enquanto o aumento para 6% pode ter promovido competição por água, formação de regiões mais densas de gel ou heterogeneidade na distribuição da fibra. Noguerol, Larrea e Pagán (2022), ao avaliarem fibras de *Plantago ovata* em salsichas plant-based, demonstraram que diferentes tipos comerciais de psyllium apresentam capacidades distintas de retenção de água, inchamento e solubilidade, com impacto direto sobre a estrutura do produto. Essa evidência é relevante para explicar por que a resposta tecnológica do psyllium pode não ser linear quando se elevam os níveis de adição.

O teor de cinzas diferiu significativamente entre os tratamentos ($p=0,0160$), aumentando de 2,78% no controle para 3,52% na formulação com 6% de psyllium. LF3 diferiu de LF1, enquanto LF2 apresentou comportamento intermediário. O aumento de cinzas indica maior presença de sólidos minerais na matriz, possivelmente relacionado ao próprio psyllium e à redução proporcional da fração carne nas formulações com fibra. Esse resultado é coerente com estudos que relatam presença de minerais como potássio, cálcio, magnésio e outros constituintes inorgânicos em ingredientes vegetais ricos em fibras (KASSA et al., 2024). Em termos nutricionais, o incremento de cinzas pode ser interpretado como evidência de enriquecimento mineral, embora a identificação dos minerais específicos demande análise complementar por espectrometria ou métodos equivalentes.

O aumento de cinzas também tem importância tecnológica. Em produtos cárneos, os minerais e sais presentes na formulação influenciam força iônica, extração de proteínas miofibrilares, estabilidade de emulsão, retenção de água e textura. Embora o teor de cinzas seja frequentemente tratado apenas como parâmetro de composição centesimal, sua elevação pode indicar alterações no

equilíbrio de solutos da massa cárnea. No presente estudo, o aumento mineral não foi acompanhado de prejuízo significativo sobre rendimento e perda por cocção, sugerindo que a inclusão de psyllium não desestabilizou a matriz nas condições avaliadas.

O pH apresentou diferença significativa entre as formulações ($p=0,0006$), com redução de 6,00 no tratamento controle para 5,93 na formulação com 6% de psyllium. Embora a diferença numérica seja pequena, a significância estatística demonstra efeito consistente da adição da fibra sobre a acidez do produto. Os valores observados permanecem dentro de faixa compatível com produtos cárneos frescos e não indicam risco tecnológico evidente. Em carnes processadas, pequenas variações de pH podem afetar solubilidade proteica, capacidade de retenção de água, textura, crescimento microbiano e estabilidade de cor.

A redução do pH pode estar relacionada à composição natural do psyllium, que contém frações de polissacarídeos, compostos associados à mucilagem e possíveis constituintes ácidos residuais. Além disso, a adição de ingredientes vegetais pode modificar o sistema tampão da massa cárnea. Correa, Lorenzo e Campagnol (2025) destacam que o psyllium interage com proteínas miofibrilares e biopolímeros por mecanismos associados à ligação de água, viscosidade e formação de rede, os quais podem alterar a disponibilidade de grupos iônicos no sistema. Dessa forma, a discreta redução de pH observada neste estudo é compatível com a incorporação de um hidrocoloide vegetal na matriz cárnea.

Os resultados de cor instrumental das linguças cruas e cozidas são apresentados na Tabela 3. A cor é atributo determinante para a aceitação inicial de produtos cárneos, pois o consumidor frequentemente associa tonalidade e luminosidade à qualidade, frescor e grau de cocção. Em produtos de carne de frango, a luminosidade tende a ser elevada devido ao menor teor de pigmentos heme em comparação com carnes vermelhas.

Tabela 3. Parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* , b^*) das linguças de frango cruas e cozidas.

Parâmetro	LF1 (0%)	LF2 (4%)	LF3 (6%)	p-valor
L^* cru	53,06 a	53,15 a	43,52 a	0,3117
a^* cru	-1,98 a	1,24 a	-4,98 a	0,1154
b^* cru	23,19 a	22,36 a	23,82 a	0,9523
L^* cozido	79,63 b	72,73 a	76,81 ab	0,0075*
a^* cozido	1,89 a	8,75 a	4,24 a	0,0571
b^* cozido	36,31 a	31,77 a	34,31 a	0,7368

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

**Diferença significativa. Fonte: Os autores (2025).*

Nas amostras cruas, não houve diferença significativa para L , a e b , indicando que a adição de psyllium não alterou estatisticamente a cor superficial antes do cozimento. A ausência de efeito

significativo no produto cru pode estar relacionada à distribuição da fibra na massa, à presença de condimentos, ao teor de gordura e à própria heterogeneidade visual típica de linguças frescas. O valor de L de LF3 foi numericamente inferior, sugerindo possível escurecimento com 6% de psyllium, porém a variabilidade entre repetições impediu confirmação estatística.

O parâmetro a cru apresentou valores negativos em LF1 e LF3, o que é compatível com a menor intensidade de pigmentos vermelhos na carne de frango. A carne de aves contém menor concentração de mioglobina que carnes bovinas, resultando em coloração naturalmente mais clara e menos avermelhada. A ausência de diferença significativa para b cru indica que o psyllium não alterou a intensidade de amarelo antes do tratamento térmico. Esse resultado é tecnologicamente favorável, pois sugere que a inclusão da fibra não comprometeu de forma evidente a aparência do produto fresco.

Após o cozimento, a luminosidade L apresentou diferença significativa ($p=0,0075$). O controle apresentou maior luminosidade (79,63), enquanto LF2 apresentou o menor valor (72,73), e LF3 ocupou posição intermediária (76,81). Esse resultado demonstra que a adição de 4% de psyllium modificou a aparência do produto cozido, tornando-o menos luminoso. A redução de L pode decorrer de múltiplos fatores, incluindo a coloração própria do psyllium, a formação de gel, a redistribuição de água, a alteração da dispersão de luz pela superfície, a concentração de sólidos e reações de escurecimento durante o aquecimento.

A literatura recente indica que fibras alimentares podem afetar a cor de produtos cárneos de maneira dependente da fonte e do nível de adição. Ciobanu et al. (2025) destacam que a reformulação com fibras pode ocasionar mudanças sensoriais relacionadas à cor, aroma e textura, tornando necessária a otimização da concentração. No caso do psyllium, a formação de mucilagem e sua interação com proteínas podem alterar a microestrutura e a reflexão de luz. Além disso, durante o cozimento, a redução de umidade superficial, a desnaturação proteica e reações de Maillard podem intensificar mudanças de tonalidade. Embora o efeito tenha sido significativo, os valores de L* cozido permaneceram elevados, caracterizando produto ainda claro, coerente com linguça de frango.

Os parâmetros a e b do produto cozido não apresentaram diferença significativa, embora LF2 tenha exibido valor de a numericamente superior. Esse comportamento pode refletir alterações na exposição de pigmentos ou na matriz proteica após a cocção, mas a ausência de significância impede afirmar efeito consistente. Em produtos cárneos de frango, pequenas mudanças de a podem ser influenciadas por temperatura final, tempo de cocção, teor de gordura, condimentos e oxidação de pigmentos. A estabilidade estatística de b* indica que o psyllium não promoveu aumento ou redução significativa da tonalidade amarela.

A Tabela 4 apresenta os resultados de capacidade de retenção de água, perda por cocção e rendimento de cocção. Esses parâmetros são essenciais para avaliar a viabilidade industrial de uma

formulação, pois afetam rendimento econômico, suculência, textura, aparência e estabilidade do produto durante o preparo.

Tabela 4. Capacidade de retenção de água (CRA), perda por cocção e rendimento de cocção das linguiças de frango.

Parâmetro (%)	LF1 (0%)	LF2 (4%)	LF3 (6%)	p-valor
CRA (%)	41,40 a	31,09 a	55,70 a	0,3278
Perda por cocção (%)	18,95 a	20,26 a	18,73 a	0,9881
Rendimento (%)	81,05 a	79,74 a	81,27 a	0,9881

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Os autores (2025).

A CRA não diferiu significativamente entre as formulações ($p=0,3278$), variando de 31,09% em LF2 a 55,70% em LF3. A ausência de diferença estatística, apesar da amplitude numérica, sugere elevada variabilidade experimental, possivelmente relacionada à heterogeneidade da massa cárnea, à distribuição do psyllium, à hidratação da fibra e ao método de determinação. Esse resultado merece análise cuidadosa, pois a literatura descreve o psyllium como ingrediente com alta capacidade de retenção de água. Noguerol, Larrea e Pagán (2022) observaram que fibras de *Plantago ovata* podem aumentar a retenção de água em salsichas vegetais, mas também demonstraram que diferentes tipos de psyllium apresentam propriedades distintas de hidratação. Portanto, a resposta da CRA depende não apenas da presença do ingrediente, mas de sua forma física e de sua interação com a matriz.

Em produtos cárneos, a água é retida principalmente por proteínas miofibrilares, estruturas capilares, gordura, sais e hidrocoloides adicionados. A incorporação de psyllium pode fortalecer a retenção de água ao formar gel viscoso, mas também pode competir por água com as proteínas da carne. Quando a fibra absorve água rapidamente, pode reduzir a hidratação proteica e interferir na extração de actina e miosina, afetando a formação de rede durante a cocção. Marczak e Mendes (2024) ressaltam que o efeito das fibras depende da estrutura química, solubilidade, concentração, tamanho de partícula e condições de processamento. Essa interpretação explica por que LF3 apresentou maior valor médio de CRA, mas sem significância estatística, enquanto LF2 apresentou valor inferior ao controle.

A perda por cocção não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p=0,9881$), variando de 18,73% em LF3 a 20,26% em LF2. Do ponto de vista tecnológico, esse resultado é positivo, pois demonstra que a adição de psyllium não aumentou as perdas durante o aquecimento. Em produtos cárneos, perdas de cocção resultam da expulsão de água e gordura durante a desnaturação proteica e contração da matriz. A manutenção de valores semelhantes ao controle indica

que o psyllium não desestabilizou a massa cárnea, mesmo com substituição parcial da carne por fibra vegetal.

O rendimento de cocção também não diferiu entre os tratamentos ($p=0,9881$), com valores próximos a 80% em todas as formulações. Esse achado é relevante para aplicação industrial, pois o rendimento é um dos principais indicadores de viabilidade econômica. A literatura aponta que fibras alimentares frequentemente aumentam rendimento de cocção por reter água e gordura, mas esse efeito é dependente do sistema e pode não ocorrer quando a formulação já apresenta boa retenção ou quando a hidratação da fibra não é otimizada (MISHRA et al., 2023; STANIŠIĆ et al., 2025). Assim, no presente estudo, o principal benefício tecnológico não foi aumentar o rendimento, mas manter o desempenho do produto mesmo com enriquecimento por fibra.

A comparação entre os resultados de CRA e rendimento sugere que a matriz de linguiça de frango apresentou estabilidade suficiente para suportar a adição de psyllium sem perdas adicionais. O maior valor médio de CRA em LF3 não se refletiu em maior rendimento estatisticamente significativo, possivelmente porque o teste de CRA mede uma condição específica de retenção sob centrifugação, enquanto a cocção envolve desnaturação térmica, contração proteica, fusão de gordura e evaporação. Portanto, embora ambos os parâmetros estejam relacionados à água, eles não são equivalentes e podem responder de forma diferente à adição de hidrocoloides.

Ao integrar os resultados, observa-se que a adição de psyllium promoveu três efeitos principais: aumento do teor de cinzas, redução discreta do pH e alteração da luminosidade do produto cozido. Por outro lado, não houve comprometimento da umidade legal, da cor crua, da CRA, da perda por cocção e do rendimento. Esse conjunto de respostas indica viabilidade tecnológica, especialmente porque alterações de pH e L^* permaneceram em faixas aceitáveis para linguiça de frango. Em estudos de reformulação, a manutenção de parâmetros tecnológicos é tão importante quanto a melhoria de atributos específicos, pois ingredientes funcionais podem causar efeitos indesejáveis quando adicionados em níveis elevados.

A formulação LF2, contendo 4% de psyllium, pode ser considerada a mais equilibrada do ponto de vista aplicado. Embora LF3 tenha apresentado maior teor de cinzas, LF2 alcançou incremento mineral intermediário e manteve estabilidade nos demais parâmetros, utilizando menor quantidade de fibra. A menor inclusão pode reduzir custos, minimizar alterações sensoriais e facilitar aceitação do consumidor. Além disso, a literatura recomenda otimização do tipo e do nível de fibra para evitar alterações excessivas de textura, cor e sabor (CIOBANU et al., 2025; CORREA; LORENZO; CAMPAGNOL, 2025). Assim, a escolha de 4% como formulação promissora deve ser confirmada por análises sensoriais e de textura, mas é coerente com os resultados físico-químicos obtidos.

É importante destacar que este estudo avaliou parâmetros físico-químicos e tecnológicos iniciais, mas não mensurou teor de fibra alimentar total, frações solúvel e insolúvel, textura instrumental, oxidação lipídica, estabilidade microbiológica ou aceitação sensorial. Essas análises são necessárias para consolidar a caracterização funcional e comercial do produto. A alegação de produto fonte de fibras, por exemplo, depende de quantificação específica conforme normas de rotulagem nutricional, não podendo ser inferida apenas pela adição percentual de psyllium. Da mesma forma, a aceitação do consumidor pode ser afetada por atributos como mastigabilidade, suculência, aparência, aroma residual e percepção de ingredientes vegetais.

Em síntese, os resultados obtidos dialogam com a tendência contemporânea de desenvolvimento de produtos cárneos reformulados com ingredientes vegetais funcionais. A aplicação de psyllium em linguiça de frango mostra-se promissora porque combina potencial nutricional, comportamento hidrocoloide e compatibilidade tecnológica com a matriz cárnea. As alterações observadas são manejáveis e podem ser ajustadas por hidratação prévia da fibra, controle de granulometria, adequação do teor de água, padronização de mistura e ajuste de condimentos. Dessa forma, o estudo contribui para ampliar o conhecimento sobre o uso de *Plantago ovata* em embutidos de frango e oferece base para pesquisas posteriores voltadas à otimização de formulações funcionais.

CONCLUSÕES

A incorporação de psyllium em linguiças de frango nas concentrações de 4% e 6% demonstrou viabilidade tecnológica, uma vez que não comprometeu a umidade, a cor do produto cru, a capacidade de retenção de água, a perda por cocção e o rendimento. Todos os tratamentos permaneceram dentro do limite legal de umidade para linguiças de aves, reforçando a adequação das formulações sob o ponto de vista físico-químico.

O teor de cinzas aumentou significativamente com a adição de psyllium, indicando maior aporte de sólidos minerais ao produto. O pH reduziu de forma discreta, porém significativa, especialmente na formulação com 6%, mantendo-se em faixa compatível com produtos cárneos frescos. A luminosidade do produto cozido foi afetada pela adição da fibra, demonstrando que o psyllium pode modificar a aparência após o tratamento térmico, embora os valores observados ainda caracterizem produto claro e compatível com linguiça de frango.

A formulação com 4% de psyllium apresentou o melhor equilíbrio entre enriquecimento mineral, manutenção das propriedades tecnológicas e menor nível de substituição da matriz cárnea. Essa concentração pode ser considerada promissora para o desenvolvimento de linguiças de frango com apelo funcional, desde que estudos complementares confirmem aceitação sensorial, estabilidade durante armazenamento, perfil de textura e teor efetivo de fibra alimentar.

Recomenda-se que pesquisas futuras avaliem a hidratação prévia do psyllium, diferentes granulometrias, combinações com outros hidrocolóides naturais, redução parcial de gordura ou fosfatos, análise de oxidação lipídica, microbiologia, vida útil e intenção de compra. Esses estudos permitirão definir a formulação mais adequada para aplicação industrial e para eventual enquadramento em alegações nutricionais de teor de fibras.

REFERÊNCIAS

ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Annual Report 2024**. São Paulo: ABPA, 2024. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/RA_2024_ABPA_ingles_avicultura.pdf. Acesso em: 8 jun. 2026.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990.

BERRY, B. W. Fat level and freezing temperature affect sensory, shear, cooking and compositional properties of ground beef patties. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 4, p. 95–98, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000**. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade de carne mecanicamente separada, mortadela, linguiça e salsicha. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 5 abr. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 9, de 8 de fevereiro de 2017**. Regulamenta requisitos mínimos para classificação de produtos cárneos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 10 fev. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019**. Estabelece listas de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 26 dez. 2019.

CIOBANU, M. M.; MANOLIU, D. R.; CIOBOTARU, M. C.; FLOCEA, E. I.; BOIȘTEANU, P. C. Dietary fibres in processed meat: a review on nutritional enhancement, technological effects, sensory implications and consumer perception. **Foods**, v. 14, n. 9, 1459, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14091459>.

CORREA, L. P.; LORENZO, J. M.; CAMPAGNOL, P. C. B. Psyllium (*Plantago ovata*) in meat

product reformulation: technological, nutritional, and functional perspectives. **Food Science and Processing**, v. 1, n. 1, 6, 2025. DOI: <https://doi.org/10.53941/fsp.2025.100006>.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. **Food Chemistry**, v. 124, n. 2, p. 411–421, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>.

ELMORE, J. S.; MOTTRAM, D. S.; ENSER, M.; WOOD, J. D. Effect of diet on the flavour of cooked beef and the odour compounds in beef fat. **Meat Science**, v. 55, n. 2, p. 149–159, 2000.

FRANCO, E. A. N.; SILVA, A. S.; RIBEIRO-SANTOS, R.; et al. Psyllium (*Plantago ovata* Forsk): from evidence of health benefits to its food application. **Trends in Food Science & Technology**, v. 96, p. 166–175, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.006>.

GLOBAL AG MEDIA. **Brazil chicken meat exports grew 3% in 2024 – ABPA**. The Poultry Site, 10 jan. 2025. Disponível em: <https://www.thepoultrysite.com/news/2025/01/brazil-chicken-meat-exports-grew-3-in-2024-abpa>. Acesso em: 8 jun. 2026.

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

KASSA, M. G.; TEFERI, D. A.; ASEMU, A. M.; BELACHEW, M. T.; SATHEESH, N.; ABERA, B. D.; ERKU, E. G. Review on psyllium husk: nutritional, functional, health benefits, food industry applications, waste treatment, and potential negative effects. **CyTA – Journal of Food**, v. 22, n. 1, 2409174, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2409174>.

MARCZAK, A.; MENDES, A. C. Dietary fibers: shaping textural and functional properties of processed meats and plant-based meat alternatives. **Foods**, v. 13, n. 12, 1952, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13121952>.

MEHTA, N.; AHLAWAT, S. S.; SHARMA, D. P.; DABUR, R. S. Novel trends in development of dietary fiber rich meat products: a critical review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 633–647, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1010-2>.

MISHRA, B. P.; MISHRA, J.; PAITAL, B.; RATH, P. K.; JENA, M. K.; REDDY, B. V. V.; PATI, P. K.; PANDA, S. K.; SAHOO, D. K. Properties and physiological effects of dietary fiber-enriched meat products: a review. **Frontiers in Nutrition**, v. 10, 1275341, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1275341>.

NOGUEROL, A. T.; LARREA, V.; PAGÁN, M. J. The effect of psyllium (*Plantago ovata* Forsk) fibres on the mechanical and physicochemical characteristics of plant-based sausages. **European Food Research and Technology**, v. 248, p. 2483–2496, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04063-2>.

PINERO, M. P.; PARRA, K.; HUERTA-LEIDENZ, N.; ARENAS DE MORENO, L.; FERRER, M.; ARAUJO, S.; BARBOZA, Y. Effect of oat's soluble fibre as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef burgers. **Meat Science**, v. 80, n. 3, p. 675–680, 2008.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa: UFV, 2007.

SEABRA, L. M. J.; ZAPATA, J. F. F.; NOGUEIRA, C. M.; DANTAS, M. A.; ALMEIDA, R. B. Fécula de mandioca e farinha de aveia como substitutos de gordura na formulação de hambúrguer de carne ovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 133–140, 2005.

STANIŠIĆ, N.; KURĆUBIĆ, V. S.; STAJIĆ, S. B.; TOMASEVIC, I. D.; TOMASEVIC, I. Integration of dietary fibre for health benefits, improved structure, and nutritional value of meat products and plant-based meat alternatives. **Foods**, v. 14, n. 12, 2090, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14122090>.

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