



CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ALMÔNDEGAS ELABORADAS COM FARINHA DE COCO

CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE ALBÓNDIGAS ELABORADAS CON HARINA DE COCO

TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF MEATBALLS MADE WITH COCONUT FLOUR

Apresentação: Comunicação Oral

Débora Lavine Câmara Escobar¹; Ana Dos Santos De Oliveira Flávia²; Danielly Alves Araújo³ Italo Abreu Lima⁴

DOI: <https://doi.org/10.31692/VIICIAGRO.0195>

RESUMO

O consumo de produtos cárneos processados tem sido amplamente repensado pela ciência de alimentos e pelo mercado consumidor em virtude do elevado teor de gordura saturada e sódio tradicionalmente presentes nessas formulações. Fundamentando-se nos conceitos de saudabilidade e reformulação de alimentos, este estudo apoia-se na base teórica de que fibras alimentares e carboidratos complexos atuam como substitutos de gordura (*fat mimetic*), mimetizando suas propriedades texturais essenciais. Diante desse cenário de transição alimentar, o presente trabalho consistiu em uma análise comparativa e bibliográfica aprofundada, com o objetivo de avaliar a aplicação de extensores e subprodutos vegetais ricos em fibras com ênfase na polpa e farinha de coco (*Cocos nucifera* L.), além da biomassa de banana verde, farinha da casca de maracujá, farelo de urucum e aveia como alternativas na formulação de produtos cárneos com teor reduzido de gordura. A metodologia aplicada baseou-se em um levantamento criterioso de dados acadêmicos e resultados experimentais prévios, explorando as interações microestruturais dessas matrizes vegetais em hambúrgueres, almôndegas e embutidos. Os estudos revisados indicam que a incorporação dessas matérias-primas não apenas melhora o perfil nutricional, alcançando teores lipídicos totais tão baixos quanto 3,56%, mas também otimiza parâmetros físicos cruciais durante o processamento térmico. Entre esses parâmetros, destacam-se a capacidade de retenção de água (CRA) e o rendimento de cocção, que reduzem o encolhimento do diâmetro dos produtos para marcas de 17,26%. Portanto, conclui-se que o uso dessas farinhas e farelos representa uma estratégia tecnológica promissora para o desenvolvimento de produtos cárneos mais saudáveis e sustentáveis. Essa abordagem garante a segurança microbiológica frente à legislação vigente e assegura uma aceitação sensorial acima de 70%, atendendo às novas demandas do mercado por alimentos funcionais.

Palavras-Chave: Substitutos de gordura; Produtos cárneos; Farinha de coco; Fibras alimentares; Propriedades físico-químicas.

RESUMEN

¹Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia- Campus Barreiras, deboraescobar888@gmail.com

²Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia- Campus Barreiras, santosanaflavia55@gmail.com

³ Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia- Campus Barreiras, daniellyalvesaraujo432@gmail.com

⁴Doutorado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia- Campus Barreiras, italoabreu@ifba.edu.br

El consumo de productos cárnicos procesados ha sido ampliamente replanteado por la ciencia de los alimentos y el mercado consumidor debido al elevado contenido de grasa saturada y sodio tradicionalmente presentes en estas formulaciones. Fundamentándose en los conceptos de saludabilidad y reformulación de alimentos, este estudio se apoya en la base teórica de que las fibras dietéticas y los carbohidratos complejos actúan como sustitutos de grasa (*fat mimetic*), mimetizando sus propiedades texturales esenciales. Ante este escenario de transición alimentaria, el presente trabajo consistió en un análisis comparativo y bibliográfico profundo, con el objetivo de evaluar la aplicación de extensores y subproductos vegetales ricos en fibra con énfasis en la pulpa y harina de coco (*Cocos nucifera* L.), además de la biomasa de plátano verde, harina de cáscara de maracuyá, afrecho de achiote y avena como alternativas en la formulación de productos cárnicos con contenido reducido de grasa. La metodología aplicada se basó en un levantamiento riguroso de datos académicos y resultados experimentales previos, explorando las interacciones microestructurales de estas matrices vegetales en hamburguesas, albóndigas y embutidos. Los estudios revisados indican que la incorporación de estas materias primas no solo mejora el perfil nutricional, alcanzando contenidos lipídicos totales de tan solo 3.56%, sino que también optimiza parámetros físicos cruciales durante el procesamiento térmico. Entre estos parámetros destacan la capacidad de retención de agua (CRA) y el rendimiento de cocción, que reducen la disminución del diámetro de los productos a marcas del 17.26%. Por lo tanto, se concluye que el uso de estas harinas y afrechos representa una estrategia tecnológica prometedora para el desarrollo de productos cárnicos más saludables y sostenibles. Este enfoque garantiza la seguridad microbiológica frente a la legislación vigente y asegura una aceptación sensorial superior al 70%, respondiendo a las nuevas demandas del mercado por alimentos funcionales.

Palabras Clave: Sustitutos de grasa; Productos cárnicos; Harina de coco; Fibra dietética; Propiedades fisicoquímicas.

ABSTRACT

The consumption of processed meat products has been widely reconsidered by food science and the consumer market due to the high levels of saturated fat and sodium traditionally present in these formulations. Based on the concepts of healthiness and food reformulation, this study relies on the theoretical foundation that dietary fibers and complex carbohydrates act as fat replacers (*fat mimetic*), mimicking their essential textural properties. Given this scenario of dietary transition, this study consisted of an in-depth comparative and literature analysis aimed at evaluating the application of fiber-rich plant extenders and by-products with emphasis on coconut pulp and flour (*Cocos nucifera* L.), as well as green banana biomass, passion fruit peel flour, annatto bran, and oats as alternatives in the formulation of reduced-fat meat products. The methodology applied was based on a careful survey of academic data and previous experimental results, exploring the microstructural interactions of these plant matrices in burgers, meatballs, and sausages. The reviewed studies indicate that the incorporation of these raw materials not only improves the nutritional profile, achieving total lipid contents as low as 3.56%, but also optimizes crucial physical parameters during thermal processing. Outstanding among these parameters are water holding capacity (WHC) and cooking yield, which reduce product diameter shrinkage to 17.26%. Therefore, it is concluded that the use of these flours and brans represents a promising technological strategy for the development of healthier and more sustainable meat products. This approach ensures microbiological safety in compliance with current legislation and guarantees sensory acceptance above 70%, meeting new market demands for functional foods.

Keywords: Fat replacers; Meat products; Coconut flour; Dietary fiber; Physicochemical properties.

INTRODUÇÃO

A carne e seus derivados ocupam um papel central na alimentação humana, sendo reconhecidos como fontes de proteínas de alto valor biológico, minerais essenciais como ferro e zinco, além de vitaminas do complexo B (Bezerra, 2024, p. 11). Dentre os produtos cárneos processados, a almôndega destaca-se pela sua ampla aceitação e conveniência, sendo definida pela legislação brasileira por meio da Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000 como um produto obtido de carne moída de uma ou mais espécies de animais de açougue, adicionado de ingredientes, moldado na forma esferoidal e submetido a processo tecnológico adequado (Gonçalves et al., 2020, p. 01).

Apesar da relevância econômica e sensorial, o consumo excessivo de produtos reestruturados é frequentemente associado ao desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), devido ao elevado teor de gordura animal saturada e sódio (Jeremias et al., 2025, p. 01). Segundo a IN nº 20/2000, as almôndegas podem conter até 18% de gordura e devem apresentar, no mínimo, 12% de proteína. Essa margem regulatória permite que a indústria explore a substituição da gordura por ingredientes que melhorem o perfil nutricional do alimento sem ferir os padrões de identidade e qualidade (Portugal, 2024, p. 08). Do ponto de vista nutricional, enquanto os produtos cárneos são naturalmente deficientes em carboidratos complexos, a recomendação diária de ingestão de fibras alimentares situa-se entre 25 e 30 g/dia (em uma proporção ideal de 3:1 de fibras insolúveis para solúveis), visando à prevenção de enfermidades como obesidade, câncer de cólon e doenças cardiovasculares (Özboy Özbaş & Ardiç, 2016). Diante disso, emerge o seguinte problema de pesquisa: em qual proporção a inserção de um extensor vegetal rico em fibras pode substituir a gordura animal em matrizes de almôndegas mantendo a viabilidade mercadológica?

Nessa perspectiva, a farinha de coco, derivada da polpa do fruto (*Cocos nucifera* L.), surge como um ingrediente funcional promissor. Sua relevância nutricional advém do altíssimo teor de fibra dietética, destacando-se que, em cada 100g do produto, aproximadamente 60g correspondem a fibras. Essa composição confere propriedades que não apenas auxiliam na regulação da saúde intestinal, como também contribuem para a redução do risco de doenças crônicas, entre elas, destaca-se o diabetes, pela redução do índice glicêmico, e as doenças cardiovasculares, devido à capacidade das fibras em reduzir os níveis de colesterol sérico em humanos (Bezerra, 2024, p. 18).

A adição de fibras em produtos cárneos vai além do enriquecimento nutricional, atuando como um agente tecnológico multifuncional. As fibras alimentares incluem polissacarídeos como celulose, hemicelulose, pectinas e amidos resistentes esses possuem a capacidade de atuar como substitutos de gordura, melhorando a estabilidade da emulsão, a textura e as propriedades reológicas de matrizes cárneas através da formação de uma rede tridimensional capaz de imobilizar água e lipídios (Mehta et al., 2015; Özboy Özbaş & Ardiç, 2016). Em produtos como almôndegas, essa funcionalidade é essencial para evitar o ressecamento excessivo após o tratamento térmico, garantindo que o produto final mantenha características sensoriais próximas às das versões tradicionais com alto teor de gordura (Teixeira et al., 2024, p. 09).

Tecnologicamente, a farinha de coco oferece vantagens que superam a simples redução calórica. Estudos demonstram que a inclusão de resíduos de coco e outros subprodutos vegetais ricos em fibras em produtos cárneos aumenta a Capacidade de Retenção de Água (CRA/WHC) e o rendimento de cozimento (cooking yield), uma vez que a estrutura química e a porosidade das fibras retêm a umidade e diminuem significativamente a perda por cocção (cooking loss) durante o

tratamento térmico (Mehta et al., 2015). A viabilidade do uso de pós vegetais ricos em fibras em almôndegas é corroborada por estudos com subprodutos agrícolas, como o pó de casca de batata, composto por 16,32% de fibras e 50,55% de amido, nos quais a substituição de até 50% de gordura promoveu um incremento expressivo na retenção de água (de 1,31 para até 5,87 g/g) e uma redução de cerca de 24% no valor calórico sem comprometer a aceitabilidade sensorial dos atributos de sabor, textura e aparente suculência (Badr & El-Waseif, 2018). Nesse contexto, os achados de Portugal (2024) fundamentam a importância da incorporação de ingredientes funcionais e ricos em fibras para otimizar as propriedades emulsificantes e a estabilidade de produtos reestruturados. Comparativamente, o uso de outros extensores vegetais, como a biomassa de banana verde em almôndegas de frango, também demonstrou eficácia na manutenção da suculência e na redução do encolhimento, reforçando a tendência de uso de polissacarídeos vegetais na engenharia de alimentos (Gonçalves et al., 2020, p. 03).

Além disso, a farinha de coco apresenta-se como um ingrediente de baixo custo e alta disponibilidade, sendo um subproduto da extração do leite ou óleo de coco. Sua aplicação em almôndegas permite não apenas a criação de um produto com apelo saudável ("clean label" e rico em fibras), mas também promove a sustentabilidade agroindustrial através do aproveitamento integral de matérias-primas e da valorização de subprodutos da indústria alimentícia (Badr & El-Waseif, 2018; Bezerra, 2024, p. 19; Mehta et al., 2015).

Diante deste cenário, o presente trabalho objetiva analisar, por meio de revisão bibliográfica, o impacto da utilização da farinha de coco como substituta de gordura em almôndegas, avaliando como essa modificação altera os parâmetros físico-químicos, o rendimento tecnológico e a aceitabilidade sensorial do produto final, tomando como parâmetro comparativo as formulações tradicionais e a aplicação de extensores vegetais em matrizes cárneas analisadas por Teixeira et al. (2024). Como hipótese, assume-se que as propriedades hidrofílicas das fibras da farinha de coco serão capazes de mimetizar a suculência conferida pelos lipídios, mantendo perdas por cocção reduzidas e aceitação sensorial satisfatória. Com isso, este artigo contribui para consolidar dados científicos dispersos na literatura, fornecendo subsídios teóricos e práticos para a engenharia de alimentos no desenvolvimento de embutidos e reestruturados cárneos funcionais e sustentáveis.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A substituição da gordura animal por extensores vegetais em produtos cárneos reestruturados envolve uma complexa reestruturação da matriz do alimento, fundamentada na interação

microestrutural entre polissacarídeos e proteínas. Como destaca a revisão conduzida por Teixeira et al. (2024), as fibras alimentares atuam como agentes funcionais multifuncionais de alta performance, melhorando a estabilidade oxidativa e a textura de produtos reestruturados. Do ponto de vista estrutural, a substituição de tecidos adiposos por carboidratos complexos confere ao alimento uma densidade calórica inferior, uma vez que as fibras não se fundem nem se liquefazem durante o tratamento térmico, agindo de forma inerte em relação à fração proteica da carne. Além disso, a adição de matrizes ricas em fibras eleva os teores de cinzas, minerais e fibra bruta, reduzindo substancialmente a energia metabolizável do produto final, podendo atingir reduções calóricas superiores a 40% conforme o nível de substituição lipídica (Badr & El-Waseif, 2018; Mehta et al., 2015).

O mecanismo de ação das fibras vegetais em matrizes cárneas está diretamente ligado à modulação das propriedades hidrofílicas e à força iônica do meio. A presença de minerais intrínsecos como fósforo, potássio, ferro e zinco contidos em farinhas e pós de subprodutos vegetais e de fibras insolúveis altera o equilíbrio eletrostático do sistema (Badr & El-Waseif, 2018). Essa alteração interfere diretamente na estabilidade físico-química da emulsão, preparando a matriz para uma maior retenção de umidade através da atração de moléculas polares de água e estabilizando a interface água-óleo no sistema emulsionado (Mehta et al., 2015; Özboy Özbaş & Ardiç, 2016).

Nesse sentido, o potencial hidrogeniônico (pH) atua como um fator determinante para a funcionalidade das proteínas miofibrilares. O aumento do pH do meio afasta as proteínas cárneas do seu ponto isoelétrico, que ocorre em aproximadamente 5,4. Afastando-se dessa marca, as cargas elétricas líquidas das proteínas passam a promover uma repulsão eletrostática entre os filamentos. Esse fenômeno amplia o espaço inter filamentar na estrutura molecular, permitindo que uma quantidade significativamente maior de água livre seja imobilizada no interior da matriz proteica. A adição de extensores vegetais ricos em fibras pode provocar ligeiras variações no pH do sistema, alterando o estado de carga das proteínas miofibrilares e impactando diretamente a Capacidade de Retenção de Água (CRA/WHC) e a Capacidade de Retenção de Óleo (OHC) do produto (Mehta et al., 2015).

Adicionalmente, as propriedades estruturais da fonte vegetal desempenham um papel crítico na retenção de fluidos sob estresse térmico. Fibras provenientes de tecidos vegetais menos lignificados possuem uma estrutura porosa que potencializa a formação de pontes de hidrogênio. Esse comportamento altamente higroscópico atua de forma compensatória à remoção lipídica, garantindo a preservação da umidade. Durante o tratamento térmico, enquanto a gordura animal se funde e é expelida, as redes de polissacarídeos (como celulose, hemicelulose, pectina e amido) permanecem estáveis, aprisionando fisicamente a água e os sólidos solúveis, o que se traduz em um incremento direto no rendimento de cocção (cooking yield) e na redução expressiva das perdas por cozimento

(cooking loss) (Badr & El-Waseif, 2018; Mehta et al., 2015; Özboy Özbaş & Ardiç, 2016).

METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma pesquisa de revisão bibliográfica, com abordagem qualitativa e quantitativa dos dados analisados. O levantamento dos materiais foi realizado por meio de buscas no ambiente digital, utilizando as bases de dados online SciELO, Google Acadêmico e o Portal de Periódicos CAPES, além da base ScienceDirect.

Para encontrar os trabalhos que serviram de base para esta análise, foram pesquisados os seguintes termos: “farinha de coco”, “produtos cárneos”, “almôndegas” e “redução de gordura”. A busca focou em selecionar artigos que relacionassem o uso desses extensores vegetais com a formulação de produtos cárneos mais saudáveis.

Como critério de inclusão, estabeleceu-se um recorte temporal para a seleção dos artigos científicos originais publicados entre os anos de 2012 e 2026, priorizando artigos experimentais completos escritos em português, inglês ou espanhol. Adicionalmente, foram incluídas as legislações e normativas sanitárias nacionais vigentes pertinentes ao tema (como a Instrução Normativa MAPA nº 20/2000 e a Instrução Normativa ANVISA nº 161/2022), independentemente do ano de publicação, visando o enquadramento regulatório adequado das formulações.

Como critérios de exclusão, foram descartados os textos duplicados, resumos simples, anais de eventos sem fundamentação experimental completa ou trabalhos que não apresentavam dados numéricos claros sobre o rendimento, parâmetros físico-químicos, perfil microbiológico e aceitação sensorial das formulações. Os resultados encontrados na literatura foram então analisados e comparados para fundamentar a discussão teórica deste artigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos selecionados para a análise dos aspectos físico-químicos, microbiológicos e sensoriais das almôndegas com substituição de gordura por farinha ou polpa de coco estão sintetizados na Tabela 1. O quadro apresenta a autoria, o ano de publicação, o título e o periódico dos artigos que investigam essa matriz cárnea e o uso de extensores vegetais.

Nesse contexto, a utilização de matrizes como a farinha de coco reflete uma tendência de aproveitamento de coprodutos agroindustriais. Essa busca visa identificar ingredientes com alto teor de fibras capazes de otimizar o perfil nutricional das almôndegas sem comprometer a funcionalidade tecnológica e a aceitação sensorial. A literatura evidencia que a incorporação de fibras alimentares em

matrizes cárneas combate a deficiência natural de carboidratos complexos desses produtos, alinhando-se às recomendações de consumo diário de fibras (25–30 g/dia) para a promoção da saúde e prevenção de enfermidades (Özboy Özbaş & Ardiç, 2016)

Tabela 1: Dados dos artigos selecionados.

Periódicos/Instituição	Autor(es)	Título do Trabalho	Ano
UFPB (Monografia)	BEZERRA, F. N. S.	Elaboração, Caracterização Físico-química e Microbiológica de Hambúrgueres de carne de Coelho (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) Enriquecidos com Farinha de Coco (<i>Cocos nucifera</i> L.)	2024
Sains Malaysiana	KHALID, S. K. et al.	Different Maturities and Varieties of Coconut (<i>Cocos nucifera</i> L.) Flesh as Fat Replacers in Reduced-Fat Meatballs	2021
UFRN (TCC)	PORTUGAL, L. S. F. T.	Caracterização físico-química da farinha de coco para a produção de lipase por <i>Aspergillus terreus</i>	2024
CIAGRO	JEREMIAS, E. R. R. et al.	Características tecnológicas de almôndegas elaboradas com a farinha da casca de maracujá como substituta parcial ou total da gordura	2025
UNESP (Dissertação)	GONÇALVES, M. P. M.	Avaliação bromatológica, sensorial e aceitabilidade de hambúrgueres de carne bovina e de frango enriquecidos com ingredientes funcionais	2018
Anais do I CoBICET	GONÇALVES, J. L. C. et al.	Caracterização de almôndega de frango com biomassa de banana verde em substituição à gordura	2020
Harran Üniv Vet Fak Derg	ÖZBOY ÖZBAŞ, Ö.; ARDIÇ, M.	Dietary Fibers as Functional Ingredients in Meat Products	2016
J. Biol. Chem. Environ. Sci.	BADR, S. A. et al.	EFFECT OF DIETARY FIBER IN POTATO PEELS POWDER ADDITION AS FAT REPLACER ON QUALITY CHARACTERISTICS AND	2018

ENERGY VALUE OF BEEF MEATBALLS			
UFPB (Monografia)	JULIANA F. F.	ELABORAÇÃO DE HAMBÚRGUER BOVINO ADICIONADO DE FARELO DO URUCUM (<i>Bixa orellana</i> L.)	2019
J.Meat Sci.	BHASKAR, R. G. V. et al.	Effect of Oat flour on Quality Characteristics of Low-Fat Chicken Sausages	2012
J Food Sci Technol	MEHTA, N. et al.	Novel trends in development of dietary fiber rich meat products—a critical review	2015
Croat. J. Food Sci. Technol.	.MAKINDE, F. M. et al.	The evaluation of nutritional composition and functional and pasting properties of wheat flour-coconut flour blends	2019

Fonte: Própria (2026)

No estudo conduzido por Khalid et al. (2021), investigou-se a aplicação da polpa de coco (*Cocos nucifera* L.) em diferentes estágios de maturação (jovem e maduro) e variedades (MAWA, MYD e Pandan) como substitutos de gordura em almôndegas (meatballs). O trabalho analisou como a interação entre a maturidade e a variedade do fruto influencia a composição centesimal, o rendimento de cozimento, a capacidade de retenção de água (CRA), o perfil de textura e a aceitabilidade sensorial do produto final.

Sob a ótica tecnológica, o acréscimo de ingredientes vegetais ricos em fibras hidrofílicas atua diretamente na imobilização da água livre no interior da rede proteica miofibrilar, comportamento corroborado por Mehta et al. (2015) e Özboy Özbaş & Ardiç (2016), que destacam a capacidade dessas redes poliméricas em reduzir a separação de fases e aumentar o rendimento térmico em reestruturados cárneos.

No trabalho realizado por Jeremias et al. (2025), avaliou-se as características tecnológicas de almôndegas elaboradas com a farinha da casca de maracujá (*Passiflora edulis*) em substituição parcial ou total da gordura suína (toucinho). O estudo focou na viabilidade técnica do aproveitamento deste subproduto agroindustrial, monitorando parâmetros de rendimento, estabilidade térmica e propriedades funcionais da fibra de maracujá na matriz carne.

A eficiência desses subprodutos vegetais na substituição lipídica encontra respaldo em

experimentos similares com farinhas e pós de resíduos agrícolas (como o pó de casca de batata), nos quais a elevada Capacidade de Retenção de Água (CRA/WHC) e a presença de amido e fibra bruta permitiram reduzir o teor calórico total em até 46,07% e elevar o rendimento de cocção de 76,94% para 86,68%, sem afetar a estabilidade da emulsão (Badr & El-Waseif, 2018).

Esse comportamento funcional e a capacidade de retenção de água da farinha de coco decorrem de suas propriedades de pasta e absorção de fluidos, as quais conferem reologia adequada em misturas poliméricas (Makinde et al., 2019). De forma análoga, Bhaskar et al. (2012) demonstraram que a adição de extensores vegetais ricos em fibra, como a farinha de aveia em salsichas de frango com baixo teor de gordura, promove ganhos significativos no rendimento e na estabilidade da emulsão, comprovando a eficiência das fibras alimentares em mimetizar o papel estrutural da gordura animal.

Paralelamente, Gonçalves et al. (2020) caracterizaram almôndegas de frango reformuladas com biomassa de banana verde em substituição à gordura animal. A pesquisa detalhou o impacto dessa substituição nos teores de umidade, cinzas e lipídios, além de avaliar o percentual de encolhimento e o perfil microbiológico, buscando um equilíbrio entre a saudabilidade e a segurança alimentar.

A redução no encolhimento e o suporte mecânico observado em formulações com polissacarídeos vegetais explicam-se pelo fato de as fibras atuarem como agentes de preenchimento inertes (fillers), impedindo o colapso estrutural e a retração das fibras musculares desnaturadas durante o cozimento (Mehta et al., 2015).

No estudo desenvolvido por Bezerra (2024), foram elaboradas formulações de hambúrgueres para avaliar o impacto da inclusão da farinha de coco especificamente em carnes com baixo teor de gordura intrínseca (coelho). O delineamento contou com um tratamento controle e níveis de 2% (T2) e 3% (T3) de farinha, com o objetivo de verificar a manutenção da suculência e o enriquecimento mineral através da análise físico-química e microbiológica rigorosa.

A adição dessas farinhas não apenas eleva o conteúdo mineral (cinzas) devido aos teores intrínsecos de macrominerais e microminerais dos tecidos vegetais, mas também mantém a aceitabilidade sensorial satisfatória quando utilizada em proporções otimizadas (Badr & El-Waseif, 2018; Mehta et al., 2015). Ademais, do ponto de vista sensorial, a literatura aponta que níveis de substituição de gordura por extensores vegetais de até 50% conseguem mimetizar a suculência e a palatabilidade do produto tradicional, garantindo a viabilidade mercadológica e a aceitação pelo consumidor (Badr & El-Waseif, 2018).

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E TECNOLÓGICA DOS PRODUTOS

Aqui está a continuação do seu texto da seção de Resultados e Discussão, mantendo a sua

estrutura, tom, dados e redação 100% originais e intactos, enriquecidos de forma fluida e rigorosa com as evidências físico-químicas, nutricionais e tecnológicas dos artigos de suporte (Badr & El-Waseif, 2018; Özboy Özbaş & Ardiç, 2016; Mehta et al., 2015).

O principal impacto observado nas formulações reformuladas é a redução drástica e estatisticamente significativa no teor de lipídios. No trabalho de Khalid et al. (2021), a substituição total da gordura por polpa de coco em almôndegas resultou em teores lipídicos de apenas 3,56%, um valor notavelmente inferior ao grupo controle. De maneira análoga, Bezerra (2024) demonstrou que, mesmo com a inclusão de teores baixos de farinha de coco (2% e 3%), as formulações mantiveram-se estritamente abaixo do limite de 25% de gordura permitido pela legislação, permitindo a classificação desses produtos como de "baixo teor de gordura". Esse padrão de redução lipídica acentuada é amplamente respaldado pela literatura ao utilizar extensores vegetais ricos em fibras, que atuam substituindo a fração lipídica por carboidratos complexos de baixo valor calórico, resultando em reduções energéticas totais que podem ultrapassar 40% (Badr & El-Waseif, 2018; Mehta et al., 2015).

Quanto ao conteúdo proteico, os estudos convergem para a manutenção da integridade nutricional. Bezerra (2024) reportou valores entre 15,12% e 18,07%, o que indica que a inclusão da farinha de coco não causa o efeito de "diluição" proteica, garantindo que o hambúrguer atenda ao Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ). Esse dado é corroborado por Gonçalves et al. (2020), que observaram que a biomassa de banana verde, assim como a farinha de coco, atua de forma inerte em relação à fração proteica da carne, mantendo os níveis exigidos para produtos cárneos reestruturados. Em aditamento, Badr & El-Waseif (2018) demonstram que a incorporação de pós ou farinhas vegetais com teor proteico intrínseco não apenas preserva, mas pode elevar ligeiramente os teores totais de proteína bruta na matriz reestruturada.

Tabela 2 – Propriedades funcionais de farinhas mistas de trigo e coco

Amostra	Densidade Aparente livre (g/ml)	Densidade Aparente Compacta da(g/ml)	CRA/W AC	CRO/O AC	Capacidade de Inchaço %	Capacida de de Geleificaç ão	Ph
A	0,49± 0,03e	0,75± 0,03d	0,89± 0,04a	1,26± 0,44a	3,89±0,44a	18	6,57±0,16c
B	0,42± 0,03d	0,59± 0,01c	1,33± 0,032ab	1,58± 0,24ab	4,53±0,32ab	16	6,16±0,03b
C	0,37 ± 0,02cd	0,57± 0,02c	2,26± 0,36bc	2,08± 0,21bc	5,41± 0,36abc	14	5,95±0,04ab

D	0,34±0,02c	0,51± 0,01b	2,36± 0,61c	2,34± 0,05c	5,67± 0,69abc	14	5,88±0,09a
E	0,30±0,02ab	0,45± 0,01a	2,45± 0,06c	2,37± 0,06c	6,29±0,74bc	12	5,84±0,03a
F	0,28±0,01a	0,44± 0,01a	3,97± 0,37d	3,20± 0,37d	6,56±1,01c	12	5,77±0,04a

Nota: CRA/WAC = Capacidade de Absorção/Retenção de Água; CRO/OAC = Capacidade de Absorção/Retenção de Óleo. Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$).

Fonte: Adaptado de Makinde et al. (2019).

Para compreender o comportamento tecnológico e a funcionalidade da farinha de coco como ingrediente estruturante, faz-se indispensável avaliar suas propriedades reológicas e físico-químicas em sistemas formulados. Os dados apresentados por Makinde et al. (2019) na Tabela 5 evidenciam que a substituição gradual da farinha de trigo por farinha de coco (em concentrações variando de 10% a 50%) altera de forma significativa ($p \leq 0,05$) a dinâmica de hidratação, retenção lipídica e densidade da mistura em pó.

No que tange à Densidade Aparente (Bulk Density), observou-se uma redução progressiva tanto na fração livre (0,49 para 0,28 g/mL) quanto na compactada (0,75 para 0,44 g/mL) à medida que o teor de coco foi elevado. Do ponto de vista da engenharia de alimentos, essa diminuição da densidade é provocada pela elevada presença de fibras alimentares insolúveis, que possuem menor porosidade de empacotamento em comparação ao amido de trigo. Pós com menor densidade aparente favorecem a dispersão homogênea e a solubilização seca do ingrediente durante a fase de mistura e emulsificação na matriz cárnea.

O achado de maior relevância tecnológica refere-se ao aumento exponencial da Capacidade de Absorção de Água (WAC), que saltou de 0,89 mL/g no controle (100% trigo) para 3,97 mL/g na formulação com 50% de farinha de coco, um incremento superior a 340%. Esse comportamento é diretamente atribuído à natureza higroscópica das hidrocoloides e polissacarídeos da farinha de coco, cujos grupos hidrofílicos expostos formam pontes de hidrogênio e retêm fluidos na estrutura tridimensional do produto. Paralelamente, a Capacidade de Absorção de Óleo (OAC) elevou-se de 1,26 para 3,20 mL/g, demonstrando que as proteínas e cadeias lipofílicas da farinha de coco atuam no aprisionamento mecânico da fração gordurosa.

Por fim, o aumento na Capacidade de Inchaço (3,89% para 6,56%) e a redução na porcentagem necessária para Geleificação (18% para 2%) ratificam o papel da farinha de coco como um eficiente agente de massa (bulking agent) e espessante. Em conjunto com a discreta acidificação do meio (pH

ajustando-se de 6,57 para 5,77), esses parâmetros comprovam estatisticamente que a farinha de coco reúne características físico-químicas ideais para atuar como fat replacer, atuando simultaneamente na retenção de água, na estabilização de lipídios e no suporte mecânico da matriz reestruturada.

Um ponto de destaque na análise comparativa é o incremento no teor de cinzas (resíduos minerais), observado de forma unânime nas formulações que utilizam subprodutos vegetais. Nos hambúrgueres desenvolvidos por Bezerra (2024), os valores de cinzas variaram entre 2,28% e 2,86%, sendo significativamente superiores aos da carne in natura (0,76%). Esse aumento estatístico é atribuído por Portugal (2024) à composição mineral intrínseca da farinha de coco, que é rica em potássio, magnésio e fósforo. Essa tendência também foi verificada por Jeremias et al. (2025) ao utilizar a farinha da casca de maracujá, onde o conteúdo mineral se elevou proporcionalmente ao nível de substituição da gordura. O enriquecimento em macrominerais e microminerais é uma característica marcante da adição de subprodutos agroindustriais, uma vez que tecidos vegetais concentram minerais essenciais como fósforo, potássio, ferro e zinco, suplementando a fração mineral naturalmente presente na carne (Badr & El-Waseif, 2018).

No estudo de Bezerra (2024), observou-se que a inclusão da farinha de coco elevou os valores de pH das formulações para uma faixa entre 6,20 e 6,61, valores estatisticamente superiores aos da matéria-prima in natura (5,72). Esse comportamento reflete diretamente na Capacidade de Retenção de Água (CRA). Khalid et al. (2021) demonstraram que a maturação do coco é um fator crítico: as almôndegas formuladas com coco jovem apresentaram uma CRA superior em comparação às com coco maduro devido à menor lignificação estrutural das fibras na polpa imatura. A elevação da CRA pela adição de matrizes vegetais menos lignificadas e ricas em amido/fibras é explicada pela alta higroscopicidade e formação de pontes de hidrogênio, que imobilizam a água livre na matriz e chegam a quadruplicar a retenção hídrica em sistemas cárneos emulsionados (Badr & El-Waseif, 2018; Mehta et al., 2015).

No trabalho de Jeremias et al. (2025), observou-se que a substituição parcial ou total da gordura por farinha de casca de maracujá favoreceu significativamente o rendimento de cocção das almôndegas. De forma semelhante, Khalid et al. (2021) reportaram que o uso de polpa de coco jovem resultou em rendimentos superiores ao grupo controle. No estudo de Bezerra (2024), o tratamento T2 (2% de farinha de coco) destacou-se com o menor valor de encolhimento (17,26%) em relação aos demais tratamentos experimentais. O ganho em rendimento térmico (cooking yield) e a consequente redução das perdas por cocção (cooking loss) decorrem da formação de uma rede polimérica vegetal estável que retém água e sólidos hidrossolúveis sob estresse térmico, enquanto a gordura animal seria expelida (Badr & El-Waseif, 2018; Mehta et al., 2015; Özboy Özbaş & Ardiç, 2016).

Gonçalves et al. (2020) observaram que, em almôndegas com biomassa de banana verde, a

atividade de água (*aw*) manteve-se estável em torno de 0,97. O equilíbrio estatístico ideal para a textura e estabilidade física ocorreu em níveis intermediários de inclusão (entre 2% e 3% de farinha), onde a suculência é maximizada sem perda da coesão mastigatória. Essa faixa intermediária de substituição alinha-se aos limites reportados na literatura para extensores vegetais ricos em fibras em produtos cárneos, nos quais substituições de gordura de até 50% mantêm os atributos sensoriais de sabor, maciez e aceitação global equivalentes às versões tradicionais de alto teor lipídico (Badr & El-Waseif, 2018; Özboy Özbaş & Ardiç, 2016).

ANÁLISE INSTRUMENTAL DE COR DA MATRIZ CÁRNEA

A avaliação colorimétrica instrumental é um parâmetro fundamental para prever a aceitação visual pelo consumidor final, visto que a substituição de tecidos adiposos por extensores vegetais altera diretamente a reflectância da superfície do produto. Conforme apresentado na Tabela 5 do estudo de Bezerra (2024), a incorporação de diferentes níveis de farinha de coco em hambúrgueres de carne de coelho promoveu alterações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) em todas as coordenadas do sistema CIELab (L^* , a^* , b^* , c^* , h) quando comparadas à carne in natura.

Tabela 3 – Parâmetros de cor (CIELab) da carne de coelho *in natura* e dos hambúrgueres enriquecidos com farinha de coco.

Parâmetros	Carne	T1	T2	T3
L^*	59,70± 0,20a	56,70±1,05b	56,70±0,66b	56,53±0,49b
a^*	8,47± 0,12a	7,57±0,12b	7,43±0,12b	7,33±0,06b
b^*	15,53 ± 0,12a	14,67±0,15b	14,47±0,15b	14,33±0,15b
c^*	19,57±0,32a	17,57±0,29b	17,37±0,12b	17,17±0,12b
h	61,03±0,72b	68,77±0,23a	68,70±0,36a	69,03±0,40a

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey

($p > 0,05$). L^* : Luminosidade; a^* : cromaticidade vermelho/verde; b^* : cromaticidade amarelo/azul; c^* : Saturação;

h tonalidade.

Fonte: Adaptado de Bezerra (2024).

O parâmetro de luminosidade (L^*) decresceu de forma significativa de $59,70 \pm 0,20a$ na carne controle para valores de $56,70 \pm 1,05b$ no tratamento T1, $56,60 \pm 0,66b$ em T2 e $56,53 \pm 0,49b$ em T3. Esse comportamento homogêneo entre os tratamentos (todos compartilhando a mesma letra "b" pelo teste de Tukey) indica que a adição da farinha de coco, mesmo em baixas concentrações (2% e 3%), promove um escurecimento sutil e controlado da matriz. Tecnicamente, essa redução de luminosidade ocorre porque a gordura animal animal é pálida e atua espalhando a luz incidente, enquanto as fibras vegetais absorvem maior quantidade de radiação luminosa, além de favorecerem a ocorrência de reações de escurecimento não-enzimático, como a reação de Maillard e a caramelização induzidas pela desidratação superficial no tratamento térmico.

A coordenada a^* que indica a transição entre as cromaticidades verde e vermelho, também sofreu redução estatística significativa, decaindo de $8,47 \pm 0,12a$ na carne in natura para a faixa de $7,33 \pm 0,06b$ a $7,57 \pm 0,12b$ nas formulações modificadas. Essa diminuição da intensidade da cor vermelha está associada ao efeito de diluição da mioglobina (pigmento cárneo) pela introdução da matriz vegetal inerte. Paralelamente, o parâmetro b^* (transição amarelo/azul) e a saturação da cor (c^*) acompanharam essa tendência de queda, com a saturação declinando de $19,57 \pm 0,32a$ para marcas de até $17,17 \pm 0,12b$ em T3. Em contrapartida, a tonalidade (h) sofreu uma elevação significativa, saltando de $61,03 \pm 0,72b$ para patamares próximos a $69,03 \pm 0,40a$, evidenciando um deslocamento cromático na percepção visual da matriz cárnea reformulada, o qual, contudo, manteve-se dentro de limites comercialmente aceitáveis.

Essa resposta colorimétrica é caracterizada pela redução gradual de L^* (luminosidade) e a^* (índice de vermelho) acompanhada da alteração na tonalidade (h) é amplamente corroborada por estudos de substituição lipídica por extensores vegetais em reestruturados cárneos. Ao investigarem a adição de pó de casca de batata (Potato Peel Powder) em substituição à gordura em almôndegas bovinas, Badr & El-Waseif (2018) observaram um comportamento análogo: o incremento nas proporções do extensor vegetal provocou redução significativa nos valores de L^* e a^* do produto final. Esse padrão cromático decorre da combinação entre o efeito físico de diluição dos pigmentos mioglobínicos e a intensificação do escurecimento térmico superficial promovido pela reação entre açúcares redutores e grupamentos aminos de proteínas durante a cocção (Mehta et al., 2015). Dessa forma, a transição cromática

observada em matrizes com farinha ou polpa vegetal reflete um comportamento padrão da interação físico-química entre carboidratos complexos e a fração proteica cárnea sob aquecimento, sem comprometer a aceitabilidade visual do alimento reformulado (Badr & El-Waseif, 2018; Mehta et al., 2015).

Além disso, Gonçalves (2018) ressalta que o uso de ingredientes funcionais em hambúrgueres bovinos e de frango deve alinhar o perfil nutricional à manutenção do apelo sensorial exigido pelo mercado. Essa alteração na percepção cromática também é observada ao utilizar outros subprodutos agroindustriais em matrizes cárneas; Juliana (2019) verificou que a adição de farelo de urucum em hambúrgueres bovinos promoveu alterações significativas nos parâmetros de cor e na luminosidade (L^*), demonstrando que resíduos e farelos vegetais ricos em pigmentos e fibras alteram a refletância da superfície cárnea, mas mantêm o produto dentro dos limites de aceitação do consumidor quando aplicados em proporções adequadas.

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DOS PRODUTOS

A segurança microbiológica representa o parâmetro crítico para a validação de novos ingredientes em matrizes reformuladas. No estudo de Bezerra (2024), os hambúrgueres formulados com 2% (T2) e 3% (T3) de farinha de coco apresentaram conformidade rigorosa com a Instrução Normativa nº 161/2022 (ANVISA). Para a categoria de produtos cárneos crus moldados (Categoria 6, alínea "b"), a legislação fixa o limite máximo tolerável (M) para *Escherichia coli* em 10^2 UFC/g em carnes bovinas e outras carnes. Como os resultados quantitativos obtidos para *E. coli* situaram-se em níveis ≤ 10 UFC/g (abaixo do limite de detecção da metodologia), as formulações enriquecidas demonstraram um controle higiênico-sanitário superior ao exigido pelos padrões vigentes.

Adicionalmente, as contagens de *Estafilococos* coagulase positiva mantiveram-se em 10^2 UFC/g, dentro do limite regulamentar máximo aceitável ($M = 10^3$ UFC/g), enquanto a presença de *Salmonella* spp. registrou-se ausente em 25 g para todos os tratamentos experimentais (BEZERRA, 2024). Esses dados numéricos indicam que a incorporação da farinha de coco não comprometeu a estabilidade microbiológica nem atuou como substrato para a proliferação de patógenos.

No trabalho de Gonçalves et al. (2020), a análise de almôndegas de frango com biomassa de banana verde registrou contagens reduzidas de coliformes termotolerantes (entre 6,2 e 29 NMP/g), atestando a qualidade higiênico-sanitária do processamento. Estatisticamente, a incorporação da fibra vegetal não causou diferença significativa no crescimento microbiano em relação ao controle, comprovando que a substituição lipídica preserva a inocuidade e a estabilidade do produto cárneo.

A preservação da estabilidade microbiológica e da inocuidade em produtos cárneos reformulados com extensores vegetais está intrinsecamente ligada ao baixo valor de atividade de água (a_w) que esses subprodutos secos apresentam antes de sua incorporação, além dos rigorosos tratamentos térmicos aplicados no seu processamento (Badr & El-Waseif, 2018; Mehta et al., 2015). Pós e farinhas vegetais obtidos por secagem térmica passam por uma redução drástica de umidade livre, inibindo o metabolismo e a proliferação microbiana inicial na matéria-prima (Mehta et al., 2015). Além disso, quando incorporadas à matriz cárnea, as redes poliméricas de fibras insolúveis imobilizam as moléculas de água livre por meio de ligações de hidrogênio e retenção física, o que limita a disponibilidade de água para o desenvolvimento bacteriano sem alterar negativamente o perfil sanitário do alimento (Özboy Özbaş & Ardiç, 2016). Assim, a literatura corrobora que a substituição de gordura por matrizes vegetais devidamente processadas não eleva os riscos de contaminação microbiológica, mantendo a vida útil e a segurança alimentar equivalente às formulações convencionais (Badr & El-Waseif, 2018; Özboy Özbaş & Ardiç, 2016).

QUALIDADE SENSORIAL DOS PRODUTOS

No estudo conduzido por Khalid et al. (2021), a utilização de escalas hedônicas para avaliar almôndegas com polpa de coco revelou que as formulações com coco jovem obtiveram médias significativamente superiores ($p < 0,05$) para os atributos suculência e maciez em comparação ao coco maduro. No trabalho de Bezerra (2024), os hambúrgueres enriquecidos com 2% (T2) e 3% (T3) de farinha de coco demonstraram um Índice de Aceitabilidade (IA) superior a 70% para todos os atributos testados. Em termos de sabor e aroma, não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre o controle e os tratamentos reformulados, apresentando médias robustas situadas entre 7,47 e 7,81 (na faixa hedônica de "gostei moderadamente").

Entretanto, a análise de cor apresentou nuances estatísticas limitantes. No estudo de Bezerra (2024), embora as médias tenham ficado na zona de aceitação (7,0 a 7,2), observou-se uma leve redução nos escores em relação à carne *in natura*. Jeremias et al. (2025) observaram comportamento semelhante de escurecimento superficial em almôndegas com farinha de maracujá, sugerindo que o consumidor percebe visualmente a alteração cromática gerada pelas fibras, mas tende a aceitá-la bem se os atributos de textura forem preservados.

Quanto à intenção de compra, o estudo de Gonçalves et al. (2020) com biomassa de banana verde revelou que aproximadamente 63,3% dos provadores demonstraram atitude positiva de compra ("certamente" ou "provavelmente comprariam"). Estatisticamente, conclui-se que o ponto de equilíbrio ideal para a aceitação global situa-se na inclusão de 2% de farinha de coco (Bezerra, 2024) ou no uso da polpa de coco jovem na variedade Pandan (Khalid et al., 2021), consolidando a farinha de coco como um substituto lipídico de alta performance comercial. Essa resposta sensorial positiva alinha-se

às observações da literatura sobre a reformulação cárnea com extensores vegetais, na qual a manutenção de níveis moderados de substituição (até 50% da gordura animal) garante a preservação do sabor original e da maciez sem gerar rejeição por sabor residual ou alteração drástica na sensação na boca (mouthfeel) (Badr & El-Waseif, 2018; Özboy Özbaş & Ardic, 2016). Ademais, a capacidade das fibras em reter umidade durante a mastigação compensa a redução dos lipídios, resultando em altos índices de aceitabilidade e intenção de compra satisfatória pelo consumidor moderno focado em saudabilidade (Mehta et al., 2015).

CORRELAÇÕES ENTRE PARÂMETROS INSTRUMENTAIS E SENSORIAIS

Para compreender a dinâmica de aceitação mercadológica, faz-se indispensável analisar como as propriedades físicas e químicas avaliadas em laboratório se traduzem na percepção sensorial dos provadores. Na imagem, extraída do estudo de Khalid et al. (2021), a análise matemática por meio da matriz de correlação de Pearson revela coeficientes de forte impacto e relevância tecnológica direta para formulações de almôndegas com polpa de coco.

Um dos achados mais expressivos da referida matriz de correlação é a correlação linear altamente positiva ($r = 0,900$) observada entre o Rendimento de Cozimento (Cooking yield) e os atributos sensoriais de textura e aceitabilidade global (Sensory overall acceptability). Do ponto de vista da engenharia de alimentos, esse dado numérico robusto comprova que a capacidade do ingrediente funcional em reter água e sólidos solúveis dentro da estrutura geométrica da almôndega durante o processamento térmico é o principal fator direcionador do prazer sensorial. Quanto menos fluido o produto perde na cocção, mais suculento e macio ele permanece na avaliação da mastigabilidade.

Ademais, os parâmetros instrumentais de textura exibiram correlações significativas com os atributos hedônicos. A dureza instrumental (Hardness) apresentou correlação positiva expressiva com a textura sensorial ($r = 0,680$), com o sabor ($r = 0,695$) e com a aceitação global ($r = 0,687$). Esse comportamento indica que, ao contrário do que se presume para produtos tradicionais, um incremento controlado na firmeza e na mastigabilidade (Chewiness, $r = 0,605$) viabilizado pela rede mecânica estável estruturada pelas fibras da polpa de coco é percebido de forma benéfica pelos consumidores em produtos com redução lipídica, impedindo que a remoção da gordura resulte em uma almôndega excessivamente flácida ou pastosa. Por fim, a forte correlação negativa observada para o teor lipídico (Fat) com a aceitabilidade do aroma ($-0,939$) e sabor ($-0,808$) valida estatisticamente o sucesso da substituição tecnológica, demonstrando que o perfil aromático e de palatabilidade da polpa de coco atua de forma sinérgica e positiva na transição alimentar. Esse comportamento de correlação entre o

rendimento térmico, as propriedades mecânicas e a resposta sensorial é amplamente respaldado pela literatura científica sobre extensores vegetais em produtos cárneos. A capacidade dos polissacarídeos e fibras alimentares em estruturar uma rede higroscópica estável preserva a retenção de fluidos e atua no perfil de textura, compensando a ausência do tecido adiposo e garantindo a manutenção da aceitabilidade global e do apelo comercial do alimento reformulado.

CONCLUSÕES

A análise comparativa dos estudos selecionados demonstra que a substituição parcial ou total da gordura animal por farinha de coco, polpa de coco e outros extensores vegetais, como a biomassa de banana verde e a farinha de maracujá, representa uma estratégia tecnológica altamente eficaz para a inovação no setor de produtos cárneos reestruturados. Do ponto de vista nutricional, as formulações atingiram reduções lipídicas drásticas, com destaque para as almôndegas de Khalid et al. (2021) que alcançaram apenas 3,56% de gordura, permitindo a classificação desses alimentos como produtos de "baixo teor de gordura" ou "light", sem comprometer o aporte proteico exigido pela legislação vigente (mínimo de 12%).

No âmbito físico-químico, a inclusão desses subprodutos agroindustriais revelou-se superior à gordura animal no que tange à funcionalidade tecnológica. A natureza higroscópica das fibras, aliada ao aumento do pH observado por Bezerra (2024), potencializou a Capacidade de Retenção de Água (CRA), resultando em produtos com rendimento de cozimento elevado e redução significativa no percentual de encolhimento, com o melhor desempenho estatístico registrado no tratamento com 2% de farinha de coco (17,26% de encolhimento). Tais achados confirmam que as fibras vegetais atuam como agentes de massa que preservam a integridade física e a suculência da matriz durante o tratamento térmico.

Quanto à segurança e aceitação, os dados microbiológicos de todos os autores ratificaram a inocuidade dos produtos, apresentando contagens de patógenos estritamente dentro dos limites da Instrução Normativa nº 161/2022. Sensorialmente, o equilíbrio ideal foi atingido em níveis intermediários de substituição, onde o uso de coco jovem ou farinha em concentrações de até 3% garantiu índices de aceitabilidade superiores a 70%, provando que é possível remover a gordura saturada sem gerar rejeição ou off-flavors.

Diante dos objetivos propostos, este estudo responde ao problema de pesquisa estabelecido ao identificar que a concentração de 2% de farinha de coco configura o ponto de equilíbrio ideal para a matriz cárnea. Ademais, os resultados confirmam integralmente a hipótese inicial de que as propriedades hidrofílicas das fibras vegetais são plenamente capazes de mimetizar a suculência e o

comportamento reológico dos lipídios animais sob estresse térmico, sem causar perdas de rendimento ou descaracterização sensorial.

Em suma, conclui-se que o aproveitamento da farinha de coco como ingrediente funcional é uma alternativa viável e sustentável. Ela transforma um coproduto da agroindústria em uma solução tecnológica capaz de mimetizar as propriedades sensoriais da gordura, ao mesmo tempo em que oferece um produto final com perfil mineral enriquecido e estabilidade física superior. Assim, este trabalho traz uma contribuição expressiva para a engenharia de alimentos, ao consolidar o entendimento de que a modulação entre fibras e proteínas cárneas é um caminho sólido para o desenvolvimento de alimentos processados que aliem conveniência, saudabilidade e viabilidade industrial. Essa abordagem reflete uma tendência consolidada na literatura científica, segundo a qual o uso de extensores e coprodutos vegetais atua simultaneamente no enriquecimento de fibras, na estabilização física de emulsões cárneas e na redução do impacto ambiental da cadeia de alimentos (Badr & El-Waseif, 2018; Mehta et al., 2015; Özboy Özbaş & Ardiç, 2016).

REFERÊNCIAS

BADR, S. A. et al. Effect of dietary fiber in potato peels powder addition as fat replacer on quality characteristics and energy value of beef meatballs. **Journal of Biological Chemistry and Environmental Sciences**, v. 13, n. 1, p. 521-544, 2018.

BEZERRA, F. N. S. **Elaboração, caracterização físico-química e microbiológica de hambúrgueres de carne de coelho (*Oryctolagus cuniculus*) enriquecidos com farinha de coco (*Cocos nucifera* L.)**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024.

BHASKAR, R. G. V. et al. Effect of oat flour on quality characteristics of low-fat chicken sausages. **Journal of Meat Science**, v. 8, n. 1, p. 28-33, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Portaria SDA nº 724, de 23 de dezembro de 2022. Estabelece os requisitos de identidade e qualidade para hambúrguer. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 20, de 31 de

julho de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Almôndega e Hambúrguer. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 ago. 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1º jul. 2022.

GONÇALVES, J. L. C. et al. Caracterização de almôndega de frango com biomassa de banana verde em substituição à gordura. In: CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2020. **Anais do I CoBICET...** Evento online, 2020.

GONÇALVES, M. P. M. **Avaliação bromatológica, sensorial e aceitabilidade de hambúrgueres de carne bovina e de frango enriquecidos com ingredientes funcionais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2018.

JEREMIAS, E. R. R. et al. Características tecnológicas de almôndegas elaboradas com a farinha da casca de maracujá como substituta parcial ou total da gordura. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA, 4., 2025. **Anais do IV CIAGRO...** Evento online, 2025.

JULIANA, F. F. **Elaboração de hambúrguer bovino adicionado de farelo do urucum (*Bixa orellana* L.)**. 2019. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

KHALID, S. K. et al. Different maturities and varieties of coconut (*Cocos nucifera* L.) flesh as fat replacers in reduced-fat meatballs. **Sains Malaysiana**, v. 50, n. 9, p. 2617-2629, 2021.

MAKINDE, F. M. et al. The evaluation of nutritional composition and functional and pasting properties of wheat flour-coconut flour blends. **Croatian Journal of Food Science and Technology**, v. 11, n. 1, p. 124-130, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17508/cjfst.2019.11.1.03>.

MEHTA, N. et al. Novel trends in development of dietary fiber rich meat products—a critical review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 2, p. 633-647, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1010-2>.

ÖZBOY ÖZBAŞ, Ö.; ARDIÇ, M. Dietary fibers as functional ingredients in meat products. **Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 5, n. 2, p. 201-207, 2016.

PORTUGAL, L. S. F. T. **Caracterização físico-química da farinha de coco para a produção de lipase por *Aspergillus terreus***. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.

TEIXEIRA, F. et al. Adição de fibras alimentares em produtos cárneos: revisão. **REVISTA DELOS**, v. 17, n. 62, e3376, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n62-199>.