

**PRODUÇÃO DE FARINHA DA CASCA DE OVO COMO ALTERNATIVA
SUSTENTÁVEL E AVALIAÇÃO DE SEU POTENCIAL NUTRICIONAL**

JÉSSICA MARIA FARIAS KRUSCHEWSKY SCOTON

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
AGOSTO – 2025**

PRODUÇÃO DE FARINHA DA CASCA DE OVO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL E AVALIAÇÃO DE SEU POTENCIAL NUTRICIONAL

JESSICA MARIA FARIAS KRUSCHEWSKY SCOTON

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Orientadora: Profa. Luana Pereira de Moraes

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
AGOSTO – 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

S424

Scoton, Jéssica Maria Farias Kruschewsky.

PRODUÇÃO DE FARINHA DA CASCA DE OVO COM ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL E
AVALIAÇÃO DE SEU POTENCIAL NUTRICIONAL / Jéssica Maria Farias Kruschewsky Scoton. -
Campos dos Goytacazes, RJ, 2025.

77 f. : il.

Bibliografia: 51 - 71.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2025.
Orientadora: Luana Pereira de Moraes.

1. Farinha não convencional. 2. Aproveitamento de resíduos. 3. Segurança Alimentar. 4.
Micronutrientes . 5. Sustentabilidade . I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy
Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

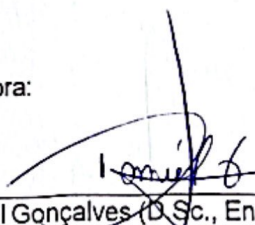
PRODUÇÃO DE FARINHA DA CASCA DE OVO COM ALTERNATIVA
SUSTENTÁVEL E AVALIAÇÃO DE SEU POTENCIAL NUTRICIONAL

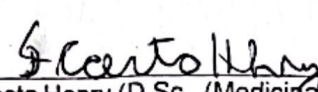
JÉSSICA MARIA FARIAS KRUSCHEWSKY SCOTON

"Dissertação apresentada ao Centro de
Ciências e Tecnologias Agropecuárias da
Universidade Estadual do Norte Fluminense
Darcy Ribeiro, como parte das exigências
para obtenção do título de Mestre em
Produção Vegetal"

Aprovada em 14 de agosto de 2025

Comissão Examinadora:


Prof. Daniel Gonçalves (D.Sc., Engenharia de Alimentos) - UENF.


Prof. Fábio da Costa Henry (D.Sc., (Medicina Veterinária) - UENF.

 Documento assinado digitalmente
LARISSA LEANDRO DA CRUZ
Data: 15/10/2025 00:48:22 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Larissa Leandro da Cruz (D.Sc., Produção Vegetal) — Universidade Estácio de
Sá).


Profa. Luana Pereira de Moraes (D.Sc., Ciência e Tecnologia de Alimentos) - UENF.
orientador

*A Deus, fonte de sabedoria e
força, por me sustentar em todos os
momentos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser meu sustento e fonte de fé em todos os momentos;

Ao meu esposo, pelo incentivo incansável, por acreditar em mim, às vezes mais do que eu mesma, e por caminhar ao meu lado com amor e paciência ao longo desta jornada;

Aos meus pais, pelo apoio incondicional, pelas palavras de encorajamento e por confiarem no meu potencial, mesmo quando eu duvidava;

Aos meus irmãos e aos meus sobrinhos, que tantas vezes foram fonte de sorriso e leveza em meio aos momentos mais desafiadores desta caminhada.

À minha orientadora, professora Luana Pereira de Moraes, pelas orientações precisas, pelo comprometimento exigente, pelas trocas construtivas, pela paciência e dedicação contínua, que foram fundamentais para a construção e amadurecimento deste trabalho;

À Nicole Passos, que foi essencial em toda a minha trajetória no laboratório, pelo apoio constante, pela parceria e pela generosidade com que compartilhou conhecimento e companheirismo;

Agradeço também, a professora Meire, a Larissa, a Aninha, a Val, ao professor Éder, ao professor Carlão e aos demais colegas de laboratório, pelas trocas, pelo apoio e pela convivência ao longo do percurso;

Agradeço à empresa colaboradora pela doação das amostras de ovos utilizadas neste estudo, cuja contribuição foi essencial para a realização das análises e desenvolvimento da pesquisa.

Sou grata aos membros da banca de avaliação pela leitura atenta e pelas contribuições valiosas que enriqueceram este trabalho;

Por fim, agradeço à UENF, à FAPERJ, à CAPES e ao CNPq pelo suporte institucional e financeiro, que viabilizaram o desenvolvimento desta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	6
REVISÃO Bibliográfica.....	6
LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E NOMENCLATURAS	8
RESUMO.....	10
ABSTRACT	xii
INTRODUÇÃO GERAL	14
REVISÃO DE LITERATURA	17
Resíduos orgânicos.....	17
Cascas de ovos de galinha	18
Minerais de importância na dieta humana presentes nas cacas de ovo	20
Micro minerais presentes na casca do ovo	21
Recomendação do cálcio na dieta humana	22
Absorção de cálcio	25
Suplementação alimentar de cálcio.....	25
Suplementos e farinhas alimentares	26
Produtos à base de casca de ovo	28
Segurança alimentar e regulamentação do uso da casca de ovo	29
Processamento e conservação das cascas de ovos para consumo humano	31
TRABALHO 1	34
1. Introdução.....	36
2. Materias e métodos.....	37
2.1 Higienizações das cascas de ovo	37
2.2 Secagem e produção da farinha das cascas de ovos	37
2.3 Tratamentos térmico da farinha das cascas de ovos	38
2.4 Análises microbiológicas	38
2.4.1 Análise de <i>Salmonella spp.</i>	38
2.4.2. Análise de <i>Staplylococcus coagulase positiva</i>	38
2.4.3 Análise de Enterobactérias.....	38
2.4.4 Análise <i>Escherichia coli</i>	39
2.4.5 Bolores e leveduras.....	39

3. Resultados e discussão.....	39
3.1 Análises microbiológicas para <i>Salmonella spp.</i>	39
3.2 Análises microbiológicas para <i>Estafilococos coagulase positiva</i>	43
3.3 Análises microbiológicas para <i>Escherichia coli</i>	45
3.4 Análises microbiológicas para <i>Enterobactereacea</i>	49
Conclusão	50
Referências	51
TRABALHO 2	53
Resumo:.....	54
1. Introdução.....	55
2. MATERIAS E MÉTODOS.....	56
2.1 Preparo da amostra.....	57
2.2 Determinações de Cinzas	57
2.3 Determinações de Umidade	57
2.4 Determinação de pH	57
2.5 Determinações de Luminosidade	57
2.6 Determinações de Granulometria.....	58
2.7 Determinações de Atividade de água (aw).....	58
2.8 Análises de Micronutrientes da Farinha da Casca da Casca de Ovo.....	58
3. Resultados e Discussões	59
Análise de micronutrientes	62
Tabela 2 – Micronutrientes analisados.....	62
Análise de metais pesados.....	64
Tabela 3 – Metais pesados analisados na farinha da casca de ovo	65
Conclusão	66
REFERÊNCIAS.....	66
CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS.....	71

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1 – Composição mineral básica da casca do ovo

Tabela 2 – Recomendação de cálcio por faixa etária

Artigo 1 – Avaliação microbiológica da farinha de cascas de ovos quando submetidas a tratamento térmico e perspectivas de uso na alimentação humana

Tabela 1 – Resultado da análise de *Salmonella spp.* nas amostras de farinha de casca de ovo

Tabela 2 – Resultado da análise de *Staphylococcus coagulase positiva*

Tabela 3 – Resultado da análise de *Escherichia coli* nas amostras

Tabela 4 – Resultado da análise de bolores e leveduras

Tabela 5 – Resultado da análise de *Enterobacteriaceae*

Artigo 2 – Caracterização físico-química e análise de micronutrientes da farinha de casca de ovo

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos da farinha de casca de ovo

Tabela 2 – Concentração de micronutrientes, IDR e UL por 20g de farinha

Tabela 3 – Concentração de metais pesados e comparação com limites regulatórios

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da casca do ovo

Figura 1 – Crescimento de microrganismo nas FNA

Figura 2 – Testes bioquímicos para confirmação de *Salmonella spp.*

Figura 3 – Análise microbiológica para *Salmonella spp.* FA

Figura 4 – Análise de *Estafilococos coagulase positiva* em FNA

Figura 5 – Análise microbiológica para *Estafilococos coagulase positiva* em FNA

Figura 6 – (FNA) Análise microbiológica para *Escherichia coli* em FNA

Figura 6 – Tubo com caldo Lauril Sulfato Triptose

Figura 7 – (FNA) Análise microbiológica para *Escherichia coli* em FNA

Figura 7 – Tubo com caldo Lauril Sulfato Triptose

Figura 8 – Análise microbiológica: bolores e leveduras (FNA)

Figura 9 – Análise microbiológica: bolores e leveduras (FNA)

Figura 9 – Análise microbiológica para *Enterobacteriaceae* (FNA)

Figura 10 – Análise microbiológica para *Enterobacteriaceae* (FA)

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E NOMENCLATURAS

Artigo 1 – Caracterização físico-química e análise de micronutrientes da farinha de casca de ovo

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APHA – American Public Health Association

Ca – Cálcio

CIELAB – Sistema Internacional de Cor (L^* , a^* , b^*)

Fe – Ferro

IDR – Ingestão Diária Recomendada

IN – Instrução Normativa

K – Potássio

L^* – Luminosidade (escala CIELAB: preto a branco)

a^* – Eixo de cor verde (–) a vermelho (+)

b^* – Eixo de cor azul (–) a amarelo (+).

Mg – Magnésio

Mo – Molibdênio

Na – Sódio

NIH – National Institutes of Health (EUA)

P – Fósforo

pH – Potencial Hidrogeniônico

Se – Selênio

UL – Tolerable Upper Intake Level (Ingestão Máxima Tolerável)

Zn – Zinco

$\mu\text{g/g}$ – Microgramas por grama

mg/dia – Miligramas por dia

Artigo 2 – Avaliação microbiológica da farinha de cascas de ovos quando submetidas a tratamento térmico e perspectivas de uso na alimentação humana

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA – American Public Health Association
BPF – Boas Práticas de Fabricação
CFU – Unidade Formadora de Colônia
DTA – Doenças Transmitidas por Alimentos
FA – Farinha Autoclavada
FNA – Farinha Não Autoclavada
HE – Hektoen Enteric Agar
ISO – International Organization for Standardization
LIA – Lysine Iron Agar
pH – Potencial Hidrogeniônico
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada
SIM – Sulfide Indole Motility
TSI – Triple Sugar Iron
VB – Verde Brilhante (meio de cultura para coliformes)
XLD – Xylose Lysine Deoxycholate Agar
°C – Graus Celsius
PPM – Partes por milhão

RESUMO

SCOTON; Jéssica Marias Farias Kruschewsky ; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Agosto de 2025; PRODUÇÃO DE FARINHA DA CASCA DE OVO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL E AVALIAÇÃO DE SEU POTENCIAL NUTRICIONAL; Orientadora: Prof.^a. D.Sc., Luana Pereira de Moraes.

O descarte inadequado da casca de ovo, um resíduo agroindustrial abundante e rico em minerais, sobretudo o cálcio, configura-se como um problema ambiental relevante, uma vez que contribui para a sobrecarga dos resíduos sólidos e para a degradação ambiental. Ademais, tal prática implica o desperdício de um recurso de elevado potencial nutricional e tecnológico, cuja aplicabilidade na alimentação humana ainda é subexplorada. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade funcional do aproveitamento das cascas de ovos como ingrediente funcional em produtos alimentícios, com ênfase na segurança microbiológica e nas características físico-químicas da farinha obtida a partir desse resíduo. A motivação para a investigação decorreu da ausência de critérios técnicos uniformizados para a higienização e manipulação das cascas em formulações artesanais, comumente empregadas por pequenos produtores, que não contemplam adequadamente os requisitos de segurança alimentar nem a eficácia nutricional do produto final. As cascas de ovos foram submetidas inicialmente a procedimentos de limpeza e higienização com solução adequada, seguidos de secagem em estufa e trituração, originando a farinha não autoclavada (FNA). Parte dessa farinha foi esterilizada em autoclave, farinha autoclavada (FA). Ambas as amostras foram analisadas e comparadas quanto ao perfil microbiológico, a fim de elucidar os efeitos dos diferentes tratamentos sobre a qualidade do produto. Os parâmetros físico-químicos foram realizados somente na amostra de FA. As análises microbiológicas demonstraram que, embora as amostras de farinha não autoclavada (FNA) não apresentassem microrganismos patogênicos previstos na legislação vigente, como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* e estafilococos coagulase-positivos, foi possível observar a presença de outros microrganismos indicativos de contaminação. A aplicação do tratamento térmico por autoclavagem mostrou-se eficaz na eliminação desses microrganismos, conferindo à farinha

autoclavada (FA) um perfil microbiológico mais seguro e compatível com a proposta de uso alimentar. Já os resultados físico-químicos das amostras evidenciaram atributos tecnológicos favoráveis à sua aplicação como ingrediente funcional. A farinha apresentou baixos teores de umidade, característica que contribui para a estabilidade do produto durante o armazenamento e para a prevenção do crescimento microbiano. A coloração clara e o pH alcalino também foram considerados adequados para sua utilização em formulações alimentícias. Destaca-se, ainda, a expressiva concentração de cálcio, acompanhada de teores relevantes de potássio, magnésio, fósforo e zinco, reforçando o potencial da farinha como fonte suplementar de minerais essenciais à saúde óssea e ao metabolismo humano. Diante dos achados, conclui-se que o aproveitamento das cascas de ovos processadas termicamente, por meio da autoclavagem, apresenta-se como uma estratégia sustentável, tecnicamente viável e nutricionalmente promissora para seu uso como farinha alternativa. Tal prática contribui para a mitigação dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado desse resíduo, agregando valor a um resíduo atualmente subestimado. Ressalta-se, contudo, a necessidade de adoção de protocolos padronizados de processamento, a fim de assegurar a qualidade higiênico-sanitária do produto final, promovendo, assim, a inserção segura e eficiente da farinha de cascas de ovos no setor alimentício enquanto ingrediente funcional e sustentável.

Palavras-chave: farinha não convencional, aproveitamento de resíduos, segurança alimentar, micronutrientes, sustentabilidade.

ABSTRACT

SCOTON; Jéssica Marias Farias Kruschewsky; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Agosto de 2025; PRODUCTION OF EGGSHELL FLOUR AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE AND EVALUATION OF ITS NUTRITIONAL POTENTIAL; Adviser: Prof.^a. Orientadora: D.Sc., Luana Pereira de Moraes.

The improper disposal of eggshells an abundant agro-industrial by-product rich in minerals, particularly calcium represents a significant environmental issue, as it contributes to solid waste overload and environmental degradation. Furthermore, such disposal results in the loss of a resource with high nutritional and technological potential, whose application in human nutrition remains underexplored. Given this context, the present study aimed to assess the feasibility of utilizing eggshells as a functional ingredient in food products, with emphasis on microbiological safety and the physicochemical characteristics of the flour derived from this by-product. The motivation for this research stemmed from the lack of standardized technical protocols for the cleaning and handling of eggshells in artisanal preparations, commonly employed by small-scale producers. These informal practices often fail to meet proper food safety standards or ensure the nutritional efficacy of the final product. The eggshells were initially subjected to cleaning and sanitization using an appropriate disinfectant solution, followed by oven drying and grinding, resulting in the non-autoclaved flour (FNA). A portion of this flour was sterilized in an autoclave, producing the autoclaved flour (FA). Both samples were analyzed and compared for their microbiological profiles in order to evaluate the effects of different treatments on product quality. Physicochemical analyses were conducted only on the autoclaved sample (FA). Microbiological results showed that although the non-autoclaved flour (FNA) did not contain any of the pathogenic microorganisms regulated by current legislation such as *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, or coagulase-positive staphylococci the presence of other contamination-indicating microorganisms was detected. The thermal treatment via autoclaving proved effective in eliminating these contaminants, granting the autoclaved flour (FA) a safer microbiological profile aligned with its intended use in food applications. Physicochemical results further

highlighted technological attributes favorable to its application as a functional ingredient. The flour exhibited low moisture content, a feature that contributes to product stability during storage and helps prevent microbial growth. Its light coloration and alkaline pH were also considered suitable for incorporation into a variety of food formulations. Of particular note was the high calcium concentration, accompanied by relevant levels of magnesium, phosphorus, and zinc, underscoring the flour's potential as a supplemental source of essential minerals for bone health and human metabolism. Based on these findings, it is concluded that the thermal processing of eggshells especially through autoclaving represents a sustainable, technically viable, and nutritionally promising strategy for their use as an alternative flour. This practice contributes to mitigating the environmental impacts associated with the improper disposal of this by-product, adding value to a currently underestimated waste material. Nevertheless, the implementation of standardized processing protocols is crucial to ensure the hygienic and sanitary quality of the final product, thereby promoting the safe and efficient incorporation of eggshell flour into the food sector as a functional and sustainable ingredient.

Keywords: Unconventional flour, waste utilization, food safety, micronutrients, sustainability

INTRODUÇÃO

O aumento contínuo do volume de resíduos gerados pelas cadeias produtivas de alimentos tem estimulado a busca por soluções sustentáveis, que conciliem o reaproveitamento de resíduos como subprodutos, com a garantia da segurança nutricional e microbiológica. Dentre esses resíduos, destaca-se a casca de ovo, originada tanto no âmbito doméstico, quanto na indústria alimentícia. Estima-se que, anualmente, mais de oito milhões de toneladas de cascas de ovos sejam descartadas em todo o mundo o que não apenas acarreta impactos ambientais significativos, como também implica no desperdício de um recurso com considerável potencial nutricional e tecnológico (FAO, 2021).

O consumo de proteína de ovo tem sido crescente na alimentação humana devido à sua alta qualidade nutricional e preço mais baixo quando comparado a outras fontes proteicas (Drewnowski, 2024). Os ovos contêm proteínas de alto valor biológico, e vitaminas essenciais como: vitaminas A, B e D. É também uma fonte importante de ácidos graxos insaturados e micronutrientes como fósforo, magnésio, potássio, zinco e ferro (Ruxton; Derbyshire; Gibson, 2020; Kumar et al., 2022).

A casca de ovo é composta majoritariamente por carbonato de cálcio (94%) (Kumar et al., 2022), além de conter outros micronutrientes essenciais como fósforo, magnésio, potássio, zinco e outros minerais essenciais para a vitalidade humana (Drabik et al., 2021; Li et al., 2021; Kim et al., 2020), atuando na manutenção da saúde óssea e do metabolismo celular. O cálcio é um mineral essencial para a manutenção da saúde óssea e desempenha um papel importante nas funções metabólicas. No entanto, sua ingestão diária costuma ser insuficiente, entre crianças, adolescentes, gestantes e idosos, que são os grupos que apresentam maior demanda nutricional (Weaver et al., 2016).

Os laticínios ainda representam a principal fonte dietética de cálcio, mas seu consumo pode ser restrito em grupos com intolerância à lactose e alergias à proteína do leite. (Calvo & Tucker, 2013; Mangels, 2014). Nesses casos, tem havido crescente interesse por fontes de cálcio alternativas e sustentáveis, como alimentos fortificados, suplementos e farinhas funcionais derivadas de resíduos agroindustriais (Kim et al., 2020; Muleya et al., 2024; Cozzolino, 2022).

Na tentativa de diminuir essa deficiência no organismo humano, suplementos de cálcio, como carbonato e citrato de cálcio, são frequentemente utilizados. O carbonato de cálcio é a forma mais comum devido ao seu alto teor de cálcio elementar, enquanto o citrato de cálcio apresenta melhor absorção, principalmente, em indivíduos com menor acidez gástrica (Martini & Wood, 2022). Uma alternativa viável é o aproveitamento das cascas de ovos como fonte natural de cálcio, reduzindo impactos ambientais e promovendo a economia circular (Ye et al., 2020; Muleya et al., 2024). Estima-se que nos 10 principais países produtores de ovos, cerca de dois bilhões de toneladas de carbonato de cálcio possam ser recuperadas anualmente, sendo utilizadas, principalmente, como fertilizantes ou corretivos de solo (Vandeginste, 2021; Fao, 2024).

O aproveitamento das cascas de ovos tem sido estudado como uma estratégia eficaz para suplementação de cálcio e outros nutrientes, principalmente em grupos mais vulneráveis, como idosos, gestantes e mulheres pós-menopausa (Cozzolino, 2016; WHO, 2020). Pesquisas recentes demonstram que o pó de casca de ovo pode ser uma fonte altamente biodisponível de cálcio, com taxas de absorção de até 41,8% em humanos, quando incorporado em alimentos como biscoitos (Shahnila et al., 2022), e até 44% em *crackers* fortificados (Salama et al., 2025). Ensaios clínicos também mostraram melhora da densidade mineral óssea em mulheres pós-menopáusicas com deficiência de cálcio, quando associado à vitamina D. Em modelos animais, como leitões, a biodisponibilidade do cálcio da casca de ovo foi igual ou superior a do carbonato de cálcio purificado (Swiątkiewicz et al., 2015; Muleya et al., 2024). Além dos benefícios citados, o reaproveitamento da casca de ovos, alinha-se aos princípios da economia circular e ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 da ONU, que visa padrões responsáveis de produção e consumo (WHO, 2023). No entanto, há poucos estudos sobre a aplicação das cascas de ovos de galinhas tratadas como suplemento de cálcio e grande parte desses resíduos continua sendo descartado no lixo como na região Norte Fluminense – RJ, com grande destaque na produção do tradicional doce Chuvisco.

Apesar do seu potencial nutricional, a aplicação da casca de ovo para formulações alimentares como farinhas ou suplementos requer rigorosos critérios de segurança. Por se tratar de um resíduo de origem animal, ela pode conter microrganismos patogênicos como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, estafilococos

coagulase positiva, bolores e leveduras (Ribeiro et al., 2022; Scallan et al., 2011). A presença desses agentes está associada a surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTA), sobretudo em populações imunossuprimidas. A regulamentação brasileira, por meio da Instrução Normativa nº 161/2022 da ANVISA, estabelece parâmetros microbiológicos para alimentos, entre eles farinhas e suplementos em pó.

Nesse contexto, o principal problema identificado nesta pesquisa é a falta de um aproveitamento seguro e tecnicamente validado para usar a casca de ovo em forma de farinha funcional para a alimentação humana, além da ausência de padronização nos processos de purificação e de segurança microbiológica dessa matéria-prima. Apesar do crescente interesse pelo aproveitamento da casca como fonte alternativa de cálcio, ainda existem lacunas nas etapas essenciais como higienização, esterilização, armazenamento e controle de contaminantes. A falta de protocolos específicos dificulta a reaplicabilidade e a confiança na segurança do produto final, principalmente, quando produzido de forma artesanal.

Conforme relatado por Ferreira e colaboradores (2015), o suplemento artesanal elaborado pela Pastoral da Criança, composto por uma mistura de farinhas, incluindo a farinha de casca de ovo, teve seu uso descontinuado em virtude da falta de procedimentos claros para esterilização, controle microbiológico e monitoramento de contaminantes, como toxinas e fitatos. Esse caso reforça a importância de protocolos padronizados e validados cientificamente, uma vez que o uso de ingredientes de origem animal exige cuidados rigorosos para garantir a inocuidade do alimento, sobretudo quando destinado a populações vulneráveis como crianças e gestantes.

O desafio consiste em não apenas caracterizar o valor nutricional e mineral da farinha de casca de ovo, mas também garantir sua segurança microbiológica de forma comprovada, tornando-a apta para o consumo humano em conformidade com os padrões regulatórios vigentes, segundo os métodos normativos da ANVISA.

Diante do exposto, espera-se contribuir com dados relevantes para o uso consciente, seguro e sustentável da casca de ovo na nutrição humana, incentivando sua aplicação em estratégias de combate à deficiência de cálcio e à geração de resíduos alimentares.

REVISÃO DE LITERATURA

Resíduos orgânicos

A quantidade de resíduos orgânicos gerados anualmente tem aumentado de forma significativa. É essencial que esses resíduos sejam descartados de maneira correta, em conformidade com as normas estabelecidas pela legislação ambiental vigente. O acúmulo desses materiais, não tratados, em locais inadequados pode promover o surgimento de vetores transmissores de doenças, representando riscos à saúde humana. Esse crescimento na produção de resíduos orgânicos traz consigo problemas socioeconômicos e ambientais em todo o mundo, resultando em desperdício de recursos, poluição ambiental, contribuição para as mudanças climáticas e degradação dos ecossistemas. (Afolalu et al. 2022; Misslin et al. 2022).

Os resíduos orgânicos são, em sua maioria, compostos por restos de alimentos e materiais de origem animal e vegetal que podem ser de origens domésticas e urbanas (restos de alimentos, jardinagem, podas), agrícolas ou industriais (resíduos de agroindústrias alimentícias, indústrias madeireiras, frigoríficos, etc.) e de saneamento básico (lodo de estações de tratamento de esgoto) (Zago; Barros., 2019; Oliveira et al., 2019).

Os modelos atuais de eliminação de resíduos alimentares em muitas cidades não se baseiam em práticas economicamente sustentáveis (Carpio-Aguilar et al., 2019). Além disso, a perda ou geração de resíduos alimentares são variáveis e dependem do tipo de alimento.

É urgente o desenvolvimento de estratégias para a redução do desperdício de alimentos e do descarte inadequado, visando uma economia circular (Carpio-Aguilar et al., 2019). As abordagens mais comuns de destino desses resíduos incluem o uso de aterros sanitários, digestão anaeróbia e incineração, além de práticas alternativas de processos de compostagem, aproveitamento na produção de fertilizantes e utilização como ração animal, mas ainda em pequena escala (Roy et al., 2023).

A economia circular propõe um modelo produtivo regenerativo, onde os resíduos são reinseridos nos ciclos produtivos como insumos, reduzindo a extração de novos recursos e minimizando impactos ambientais (Ellen MacArthur Foundation,

2019). Essa abordagem está alinhada com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 12 da Agenda 2030 da ONU, que visa assegurar padrões sustentáveis de produção e consumo (Nações Unidas, 2023). No caso da casca de ovo, sua valorização como farinha alternativa representa uma aplicação prática da economia circular, ao transformar um resíduo em insumo com potencial nutricional. Essa estratégia não apenas contribui para a redução do desperdício alimentar e da sobrecarga em aterros sanitários, mas também promove o acesso a fontes seguras e acessíveis de micronutrientes (Ferreira et al., 2023; Muleya et al., 2024).

Cascas de ovo, oriundas de processos industriais ou de uso doméstico, são empregadas na agricultura como agentes para aumentar o pH do solo. Entretanto, esses resíduos ainda são subestimados como recursos de valor agregados, embora possam representar uma alternativa sustentável ao carbonato de cálcio comercial, geralmente extraído de reservas finitas de calcário não renovável (Kumar et al., 2022). Portanto, a utilização das cascas de ovos, pode ser uma solução eficiente para substituir os métodos convencionais de descarte em aterros sanitários, além de promover benefícios ambientais, econômicos e nutricionais.

Cascas de ovos de galinha

A indústria brasileira de ovos cresceu consideravelmente desde o final dos anos 1990, os países com maiores produção de ovos são: China, Estados Unidos, Indonésia, Índia, México, Brasil, Rússia, Japão, Turquia e Paquistão, que juntos representam cerca de 75% da produção global. Em 2021 o consumo per capita de ovos foi de cerca de 21 dúzias por habitante (Soares; Ximenes, 2023). No Brasil, a produção de ovos de galinha convencional atingiu cerca de 1,020 bilhão de dúzias em 2023; já a produção mundial de ovos em 2023 atingiu 95,35 milhões de toneladas, o que equivale a aproximadamente 132,37 bilhões de dúzias, um aumento de 2,33 bilhões de dúzias em relação a 2022 (FAO, 2024; Soares & Ximenes, 2023).

Esse crescimento é impulsionado por fatores como o aumento da demanda por fontes proteicas acessíveis e a valorização do ovo como alimento funcional, rico em nutrientes essenciais (Ruxton; Derbyshire; Gibson, 2020; Drewnowski, 2024).

Apesar do alto consumo, o aproveitamento integral do ovo ainda é limitado,

em relação à casca, que é descartada com resíduo, embora seja rica em cálcio e outros minerais essenciais para saúde humana.

Para compreender melhor o potencial de aproveitamento, é necessário conhecer a composição estrutural da casca, conforme apresentado na Figura 1. O cálcio presente na casca dos ovos é reabsorvido desde o momento em que o ovo é posto até o dia em que eclode. A estrutura da casca do ovo é bastante complexa e possui várias camadas. A camada mamilar é onde começa o processo de mineralização; a camada paliçada, que é responsável pela maior parte da espessura da casca e garante sua resistência contra quebras; a camada cristalina vertical proporciona rigidez e resistência, e, por último, a cutícula, que é a camada mais externa da casca. (Halgrain et al., 2021).

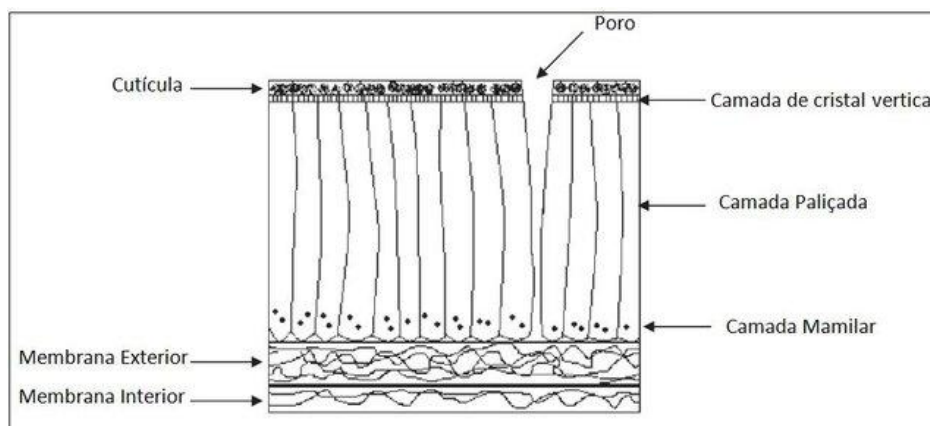


Figura 1: Estrutura da casca do ovo.

Fonte: Vieira et al; 2017

A casca do ovo de galinha é porosa e apresenta uma estrutura complexa, formada por substâncias orgânicas e minerais (Drabik et al., 2021; Kumar et al., 2022; Muleya et al., 2024). Um estudo indicou que há uma sobreposição moderada entre a membrana não calcificada da casca do ovo e a casca calcificada (Kumar et al., 2022).

A maior parte da casca calcificada é composta por carbonato de cálcio, que representa 95% da massa total, na forma de calcita (forma mais estável do cálcio); 3,5% correspondem a matriz orgânica constituída, principalmente, por proteínas fibrilares, colágeno nas membranas da casca do ovo, e por glicoproteínas nas camadas calcificadas (Rossi et al., 2021); já os 1,5% restantes incluem traços de minerais como magnésio, fósforo, potássio, sódio, manganês, zinco e cobre, que

também participam da organização estrutural e da resistência da casca(Muleya et al., 2024; Drabik et al., 2021).

A seguir, a Tabela 1 apresenta os principais minerais identificados na casca de ovo de galinha, segundo Oliveira e colaboradores e Li e colaboradores.

Tabela 1: Composição mineral básica da casca do ovo.

Mineral	Concentração (mg/g)	Referência
Ca	330-400	Oliveira et al., 2021 (Scopusindexed); Li et al., 2020
Mg	4,0-5,5	Li et al., 2020
P	0,9-2,0	Oliveira et al., 2021
Na	0,80-1,0	Li et al., 2020
K	0,40-0,45	Li et al., 2020
Fe	0, 006-0, 020	Oliveira et al., 2021

A composição mineral da casca de ovo pode variar de acordo com o sistema de criação das aves, influenciada por fatores como alimentação, ambiente e genética. O cálcio é o mineral mais abundante na casca do ovo, enquanto outros minerais, como o magnésio (Mg), Potássio (P) e o ferro (Fe), podem ser encontrados em menores quantidades (Barbosa et al., 2020).

Diante de sua composição variada, a casca de ovo de galinha se apresenta como uma fonte promissora de minerais com potencial para uso na alimentação humana. Compreender os teores e a biodisponibilidade desses elementos é essencial para avaliar sua eficácia nutricional

Minerais de importância na dieta humana presentes nas cacas de ovo

Os minerais desempenham funções vitais na regulação do equilíbrio do corpo humano e são categorizados em dois grupos principais, os macros minerais e os micros minerais. Os macros são necessários em quantidades maiores na dieta e incluem elementos como cálcio e magnésio. Por outro lado, os micros minerais, também chamados de elementos-traço, são necessários em menor quantidade para

o organismo (Cozzolini, 2016).

Micro minerais presentes na casca do ovo

A casca do ovo de galinha se destaca pela presença de micro minerais importantes para a saúde humana, em sua composição são encontrados o: zinco, ferro, cobre, molibdênio, selênio e manganês. (Li et al., 2020; Kim et al., 2020; Drabik et al., 2021; Barboza et al., 2020). Embora estes sejam encontrados em menores quantidades, são elementos importantes, pois desempenham funções essenciais para manutenção da saúde como suporte imunológico, atividade enzimática, defesa antioxidante e regulação do metabolismo celular (Barboza et al., 2020; Filippini et al., 2020; Drewnowski et al., 2022).

O ferro é essencial para o transporte de oxigênio, metabolismo energético e para imunidade, além de ser fundamental na prevenção da anemia ferropriva (Cozzolino, S. M. F. (2016).

O cobre participa da regulação do metabolismo do ferro, da formação da hemoglobina e da proteção contra o estresse oxidativo. Está presente em pequenas quantidades na maioria dos alimentos de origem animal e vegetal (Li et al., 2020; Harris et al., 2022). Além disso, o cobre contribui para a formação de melanina, elastina e colágeno. A deficiência de cobre pode resultar em anemia, alterações ósseas e neurológicas, e sua toxicidade é rara, porém possível em casos de suplementação excessiva (Li et al., 2020; Harris et al., 2022).

O zinco auxilia no processo de cicatrização, função imunológica e síntese proteica. Sua deficiência está associada à imunossupressão, distúrbios de crescimento e perda de apetite (Osredkar & Sustar, 2021).

Além de sua função protetora, a casca do ovo tem se destacado como uma fonte alternativa e sustentável de macro minerais, como cálcio, magnésio, fósforo, sódio e potássio. Esses elementos desempenham papéis fundamentais na manutenção da saúde óssea, na contração muscular e no funcionamento adequado do sistema nervoso (Barboza et al., 2020; Zhang et al., 2022).

O cálcio é fundamental para a mineralização óssea, a integridade estrutural muscular, transmissão de impulsos nervosos, coagulação sanguínea, secreção hormonal e divisão celular (Weaver et al., 2016; Cashman, 2018; IOM, 2011; EFSA, 2021). Seu equilíbrio é regulado pelos hormônios: paratormônio, calcitonina e a

vitamina D (Yin et al., 2020; Christakos et al., 2016; Kumar et al., 2021). A ingestão adequada de cálcio, durante toda vida e momentos de maiores demandas, como infância, adolescência, gestação e menopausa, é essencial para prevenir distúrbios como osteopenia, osteoporose, câibras musculares e alterações na pressão arterial. As principais fontes alimentares incluem laticínios, vegetais verde-escuros, leguminosas, sementes (como o gergelim), oleaginosas e alimentos fortificados (Silva et al., 2023; Cozzolino, 2016; Weaver et al., 2020).

O fósforo é importante para a formação de ossos e dentes, produção de energia (ATP) e para o equilíbrio ácido-base, além de participar na formação de DNA e RNA, participar na fosforilação de proteínas, influenciando em diversas reações metabólicas. (Zhao et al., 2020; Cozzolino, 2016; IOM, 2011).

O magnésio é essencial para diversos processos fisiológicos, incluindo a formação e manutenção da saúde óssea, a função muscular e nervosa, regulação da pressão arterial e o equilíbrio eletrolítico. Além de atuar como cofator em mais de 300 reações enzimáticas envolvidas no metabolismo energético, síntese proteica e replicação do DNA. A deficiência de magnésio pode provocar sintomas como fadiga, fraqueza muscular, câibras, alterações no ritmo cardíaco e maior suscetibilidade a doenças metabólicas (Zhang et al., 2022; Cozzolino, 2016).

O sódio é fundamental para o equilíbrio de fluidos, impulsos nervosos, contração muscular e regulação da pressão arterial (Mente et al., 2020; Mozaffarian et al., 2020).

Por fim, o potássio desempenha um papel importante no equilíbrio de fluidos e eletrólitos, sendo essencial para a transmissão de impulsos nervosos e contração muscular, além de ajudar na redução da pressão arterial (Filippini et al., 2020; Drewnowski et al., 2022).

Recomendação do cálcio na dieta humana

Estudos mostram que consumir a quantidade adequada de cálcio pode ajudar a prevenir doenças como osteoporose, hipertensão, obesidade e câncer de cólon (Baccaglini et al., 2021; Silva et al., 2022).

Essa questão é central nas políticas de saúde pública, já que o cálcio é essencial para a saúde dos ossos e para vitalidade positiva do corpo em geral. No Brasil, uma parcela significativa da população não consome a quantidade

recomendada do mineral (Baccaglini et al., 2021). As principais fontes alimentares de cálcio ainda são os derivados lácteos, como leite, queijos e iogurtes. Todavia, o consumo desses estão mais limitados, devido a intolerância à lactose, alergias a proteína do leite, ou estilo de vida e escolhas alimentares que excluem produtos de origem animal, como é o caso de vegetarianos e veganos restritos (Silva et al., 2023; Cozzolino, 2016).

Diante disso, é necessária a complementação da ingestão de cálcio por meio de estratégias alternativas, como o uso de farinhas nutricionais (ex: farinha da casca de ovo) ou suplementos. Essas alternativas são ainda mais importantes em contextos de vulnerabilidade nutricional e em programas de saúde pública voltados à prevenção de deficiências.

Para enfrentar esse desafio, iniciativas como o Guia Alimentar para a População Brasileira, 2019 destacou a importância de uma dieta equilibrada e rica em nutrientes essenciais, incluindo o cálcio. Além disso, o Ministério da Saúde tem promovido programas de suplementação e campanhas educativas voltadas para grupos mais vulneráveis, como crianças, adolescentes e idosos, com o objetivo de reduzir deficiências nutricionais.

A Tabela 2 apresenta as recomendações de ingestão diária de cálcio de acordo com a faixa etária e fase da vida, evidenciando o aumento da necessidade em períodos de crescimento, gestação, lactação e envelhecimento.

Tabela 2: Recomendação de Cálcio por faixa etária.

Grupo etário	Homens	Mulheres
Recém-nascidos	(mg/dia)	
0-6 meses	200	200
6-12 meses	260	260
Crianças	(mg/dia)	
1-3 anos	700	700
4-8 anos	1000	1000
Adolescentes e Adultos	(mg/dia)	
9-13 anos	1300	1300
14-18 anos	1300	1300
19-30 anos	1000	1000
31-50 anos	1000	1000
51-70 anos	1000	1200
> 70 anos	1200	1200
Gestantes	(mg/dia)	
14-18 anos		1300
19-30 anos		1000
31-50 anos		1000
Lactação	(mg/dia)	
14-18 anos		1300
19-30 anos		1000
31-50 anos		1000

Fonte: Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D (2019)

Compreender a absorção e biodisponibilidade do cálcio, além de explorar estratégias para melhorar seu consumo através de alimentos e suplementação é de grande importância para a saúde pública. O Instituto de Medicina dos Estados Unidos define uma Ingestão Adequada (IA) de cálcio para diferentes faixas etárias, com base em estudos de equilíbrio de cálcio e dados sobre densidade mineral óssea reforçando a necessidade de atender às recomendações para evitar deficiências nutricionais (Institute of Medicine, 2022).

Absorção de cálcio

A absorção de cálcio no trato digestório acontece principalmente no duodeno e no jejuno proximal, sendo regulada pelo hormônio calcitriol, que facilita o transporte ativo do cálcio pelas células intestinais pela proteína calbindina (Leite et al., 2021; Santos et al., 2018). À medida que a ingestão de cálcio aumenta, acima de 500 mg por dia, a absorção por difusão passiva se torna mais significativa, ocorrendo principalmente no jejuno distal e no íleo. No entanto, substâncias como fosfatos e oxalatos podem dificultar essa absorção ao tornarem o cálcio insolúvel (Rosário, 2020).

Com a baixa ingestão de cálcio, o transporte ativo mediado pelo calcitriol é maximizado para aumentar a absorção. Alguns fatores como idade, hipocloridria e doença celíaca, influenciam negativamente a absorção de cálcio, tornando a suplementação necessária para esse público, que têm maior risco de osteopenia /osteoporose (Leite et al., 2021; Rosario, 2020; Santos et al., 2018).

Suplementação alimentar de cálcio

Diante da dificuldade em atingir as recomendações diárias de cálcio apenas pela alimentação, principalmente em populações com necessidades aumentadas e restrições alimentares, a suplementação se torna uma ferramenta nutricional essencial (Baccaglini et al., 2021; Lorieau et al., 2020). Existem diferentes formas farmacêuticas de cálcio disponíveis, que variam quanto a concentração de cálcio elementar, a necessidade de acidez gástrica para absorção e a biodisponibilidade.

O carbonato de cálcio contém cerca de 40% de cálcio elementar em sua composição, mas sua absorção depende da presença de ácido gástrico. Por isso, ele é melhor absorvido quando ingerido junto às refeições. Em indivíduos com hipocloridria, sua eficácia pode ser reduzida (Nieves, 2020; Reid et al., 2016).

O citrato de cálcio, com 21% de cálcio elementar, é mais bem absorvido independentemente da acidez gástrica, sendo ideal para pessoas com baixa produção de ácido estomacal ou que usam antiácidos (Straub et al., 2019).

O lactato de cálcio é usado em alimentos fortificados devido a boa solubilidade e sabor neutro, enquanto o gluconato de cálcio, apesar de ter baixa

concentração de cálcio, é essencial em situações clínicas agudas (Miller & Cramer, 2020; Owens & Bilezikian, 2018).

O fosfato de cálcio é menos comum em suplementos devido à baixa solubilidade, mas é usado em alimentos fortificados como cereais e queijos. Sua absorção pode ser prejudicada por fitatos e oxalatos (Pereira et al., 2018). Vale ressaltar que vitamina D é fundamental para melhor absorção do cálcio (Holick, 2020; Weaver et al., 2018).

Nesse contexto, o uso da farinha de casca de ovo surge como uma alternativa viável, acessível e sustentável. Além de ser rica em carbonato de cálcio (330–400 mg/g), alguns estudos demonstram que a farinha tem boa biodisponibilidade, podendo ser absorvida em até 44% em alimentos fortificados, além de resultados positivos na densidade mineral óssea em humanos e modelos animais (Shahnila et al., 2022; Salama et al., 2025; PMCID: PMC9925872, 2023).

Embora não tenha a mesma padronização dos suplementos industriais, a farinha de casca de ovo representa uma estratégia promissora para ampliar o acesso ao cálcio, sobretudo em programas públicos de nutrição ou populações economicamente vulneráveis. Seu uso deve, no entanto, ser condicionado a critérios rigorosos de processamento, esterilização e controle microbiológico, conforme previsto nas normas sanitárias (ANVISA, 2022).

Suplementos e farinhas alimentares

No Brasil, a regulamentação de suplementos e farinhas alimentares é feita pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Através das Resoluções de Diretoria Colegiada (RDCs), a ANVISA define critérios importantes para a produção, venda e consumo desses produtos.

Os suplementos alimentares são regulamentados pela RDC nº 243, de 26 de julho de 2018, e pela Instrução Normativa (IN) nº 724/22 e a Instrução Normativa IN nº 161/22 (BRASIL, 2018 e BRASIL 2022) Estes suplementos têm como objetivo complementar a dieta, além de fornecer nutrientes como vitaminas, minerais, aminoácidos, proteínas, ácidos graxos, fibras e substâncias bioativas em formas concentradas. Os ingredientes contidos nos suplementos devem ser autorizados e respeitar os limites estabelecidos pela ANVISA. Além disso, os rótulos devem apresentar informações claras sobre composição, uso recomendado e efeitos

adversos.

A regulamentação das farinhas alimentares é estabelecida pela RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), que trata do Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Os derivados são obtidos pela moagem de cereais, leguminosas ou tubérculos, podendo ser enriquecidas ou não com nutrientes adicionais. Elas devem incluir informações claras sobre ingredientes, composição nutricional e instruções de consumo, além de obedecer aos critérios de segurança microbiológica e físico-química para garantir que sejam seguras para o consumo.

A regulamentação detalhada da ANVISA para suplementos e farinhas alimentares é importante para garantir a segurança e eficácia desses produtos. A distinção entre os dois tipos de produtos orienta tanto consumidores quanto fabricantes, assegurando que os produtos atendam aos padrões de qualidade e segurança estabelecidos.

A caracterização físico-química da farinha de casca de ovo é importante para avaliar a estabilidade, segurança e aplicabilidade como ingrediente nutricional. Parâmetros como pH, umidade, atividades de água, teor de cinzas e coloração são utilizados como indicadores da qualidade do processamento e da integridade nutricional do produto final (Ali et al., 2020; Costa et al., 2020; Wang et al., 2023).

O pH da farinha de casca de ovo geralmente apresenta valores alcalinos, com médias entre 9 e 10, o que está diretamente associado a presença de compostos minerais básicos, como o carbonato de cálcio (Kim et al., 2021; Wang et al., 2023). Esse perfil alcalino favorece a estabilidade microbiológica, dificultando o crescimento de microrganismos acidófilos, dificultando sua sobrevivência e, conseqüentemente, contribuindo para uma maior estabilidade microbiológica da farinha durante o armazenamento. Estudos indicam que tratamentos térmicos como a autoclavagem, além de eliminarem microrganismos patogênicos, tendem a elevar ou manter o pH da farinha sem comprometer significativamente sua composição nutricional (Ali et al., 2020), o que reforça sua segurança como ingrediente funcional.

O teor de umidade é outro parâmetro fundamental na conservação de alimentos desidratados. Em farinhas, valores inferiores a 10 % são geralmente considerados ideais para inibir o crescimento de fungos e bactérias (Oliveira et al., 2017; FAO, 2020). Embora estudos como o de Damrongrungruang (2021) tenham relatado valores muito baixos (entre 0,48 % e 0,53 %) para farinhas de casca de ovo

submetidas a autoclavagem, esses números podem variar conforme o método de secagem utilizado e a eficiência da desidratação. Ressalta-se que valores entre 3 % e 5 % são considerados adequados para aplicações alimentícias seguras, quando associados a atividades de água (a_w) inferiores a 0,70, limite aceito pela literatura recente como referência de segurança microbiológica em alimentos de baixa umidade (Marynin et al., 2021; Damrongrungruang, 2021).

A atividade de água (a_w) está diretamente relacionada ao teor de umidade, mas a disponibilidade de água livre para reações químicas e crescimento microbiano. Em farinhas secas, valores de a_w abaixo de 0,60 são ideais, pois impedem o crescimento da maioria dos microrganismos patogênicos, incluindo *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* e bolores (Ferreira Neto et al., 2005; Chisté et al., 2006; Syamsuri et al., 2024).

O teor de cinzas representa a fração mineral total do produto e pode variar de acordo com a eficiência da remoção da membrana interna e o grau de purificação da matéria-prima. Amostras com valores superiores a 30% de cinzas indicam alta concentração mineral, enquanto teores mais baixos podem sugerir presença de matéria orgânica remanescente (Costa et al., 2020; Mendes et al., 2021). A remoção da membrana e a trituração eficiente são fundamentais para maximizar o rendimento mineral da farinha. Estudos como o de Abdoulay e colaboradores (2021) associam a variação nos teores ao tipo de secagem, moagem e separação aplicada.

A coloração da farinha é avaliada por espectrofotometria na escala CIELAB (L^* , a^* , b^*), sendo um indicador da padronização do processo. Valores altos de L^* (acima de 90) indicam tonalidade clara, característica de farinhas purificadas e bem secas (Pathare et al., 2013). O parâmetro a^* negativo sugere leve tonalidade esverdeada, geralmente associada à presença de minerais como cálcio e magnésio, enquanto valores positivos e baixos de b^* indicam coloração amarelada, características de resíduos tratados termicamente (Souza et al., 2022). A consistência nos parâmetros de cor entre diferentes amostras reflete controle de qualidade na produção, sendo importante em ingredientes que serão utilizados em suplementos ou formulações alimentares com exigência visual padronizada (Singh & Bhong, 2017).

Produtos à base de casca de ovo

Com uma quantidade significativa de cálcio, a farinha de casca de ovo pode ser utilizada para enriquecer alimentos, sendo uma alternativa eficaz de suplementação de cálcio. Além disso, o uso da casca de ovo representa uma medida eficiente para o aproveitamento de um resíduo alimentar, contribuindo para programas de combate ao desperdício. Com sua composição rica em carbonato de cálcio ela se torna eficaz para o enriquecimento de alimentos, como pães, bolos, biscoitos e massas, contribuindo tanto para a prevenção da deficiência nutricional quanto para a redução do desperdício alimentar (Salama et al., 2025; Shahnaila et al., 2022).

Além de ser uma opção economicamente acessível, a farinha de casca de ovo apresenta boa estabilidade, de fácil acesso e com potencial para aplicação em programas de segurança alimentar e nutricional (Muleya et al., 2024; Kumar et al., 2022). O aproveitamento da casca de ovo como ingrediente funcional está alinhado com os princípios da economia circular, ao transformar um resíduo agroindustrial em um produto com propriedades nutricionais. (FAO, 2024; Vandeginste, 2021). Alinhado a isso, o mercado de suplementos alimentares tem expandido significativamente, refletindo o aumento da demanda por produtos práticos e funcionais, como, por exemplo, a clara de ovo que é rica em albumina, e é utilizada na indústria de suplementos proteicos devido ao seu alto valor biológico, contribuição na imunidade e saúde óssea, além de auxiliar no crescimento muscular quando associada ao exercício físico (Puglisi & Fernandez, 2022).

Um estudo realizado por Wachira e colaboradores (2018), na Tanzânia, utilizou a farinha de casca de ovo termicamente tratada como suplemento alimentar para mulheres em idade fértil. Os autores observaram que 1 g do pó continha 380 mg de cálcio, com biodisponibilidade de 39%, quando comparada a outros suplementos como o carbonato de cálcio. Os resultados sugerem que a suplementação com casca de ovo pode ser uma alternativa viável e segura para populações vulneráveis, em regiões com baixa ingestão de cálcio na dieta habitual.

Segurança alimentar e regulamentação do uso da casca de ovo

Resíduos de origem animal, como a casca de ovo, podem conter contaminação por microrganismos patogênicos, o que compromete sua utilização na alimentação humana. Dentre os principais microrganismos associados estão

Salmonella spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, bolores e leveduras, que são causadores de surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA) (Scallan et al., 2011; Ribeiro et al., 2022). A presença desses patógenos está frequentemente relacionada à contaminação cruzada, condições sanitárias precárias e ausência de padronização nos processos de higienização e processamento térmico.

A Organização Mundial da Saúde estima que milhões de pessoas em todo o mundo sejam afetadas anualmente por DTA, sendo os produtos de origem animal os principais veículos de transmissão (WHO, 2015). No Brasil, a Instrução Normativa nº 161/2022 da ANVISA (Brasil, 2022), determina que suplementos em pó devam ser isentos de microrganismos patogênicos, como *Salmonella spp.*, além de apresentar limites toleráveis para indicadores de higiene, como coliformes e bolores. Ainda não há regulamentação específica da ANVISA para a farinha de casca de ovo como ingrediente alimentar. Porém, para que esse produto seja considerado seguro, é necessário atender aos padrões microbiológicos estabelecidos para suplementos e produtos alimentícios, conforme as diretrizes da RDC nº 331/2019 e da IN nº 60/2019, (BRASIL, 2019; BRASIL, 2019) que tratam dos padrões microbiológicos para alimentos em geral. A ausência de uma legislação específica dificulta a padronização, o que destaca a urgência de pesquisas que comprovem a eficácia e segurança do uso da casca de ovo na alimentação humana.

Quando a farinha de casca de ovo for utilizada como suplemento alimentar, sua produção deve seguir a RDC nº 243/2018 (BRASIL, 2018), complementada pela IN nº 28/2018, que define os ingredientes permitidos, limites de ingestão e orientações de rotulagem, além da IN nº 161/2022, que estabelece os critérios microbiológicos obrigatórios. Para suplementos em pó, essas normas exigem a ausência total de *Salmonella spp.* em 25 g, além de limites máximos para *Escherichia coli*, bolores e leveduras, *Staphylococcus coagulase positiva* e *Enterobacteriaceae*. A IN nº 161/2022 também define os métodos analíticos que devem ser utilizados para análise microbiológica, garantindo a padronização e segurança dos produtos. Esses critérios são importantes, pois os suplementos alimentares podem ser destinados a gestantes, lactantes, idosos e imunossuprimidos, grupos de pessoas mais vulneráveis às DTA (Brasil, 2022).

Caso seja utilizada como ingrediente em alimentos convencionais, a farinha de casca de ovo deve atender às normas da RDC nº 263/2005, que estabelece o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Essa

norma exige que as farinhas apresentem padrões mínimos de identidade, qualidade e segurança sanitária, incluindo limites microbiológicos, composição nutricional, rotulagem adequada e, quando necessário, enriquecimento com nutrientes essenciais. Apesar de a RDC nº 263/2005 não mencionar diretamente a casca de ovo como matéria-prima, seu uso pode ser aceito desde que esteja em conformidade com os requisitos de segurança higiênico-sanitária, seja devidamente identificado e tenha sua funcionalidade reconhecida.

Para isso, é necessário que a produção da farinha ocorra em ambiente controlado, sob Boas Práticas de Fabricação (BPFs), conforme previsto pela RDC nº 275/2002, e que seja precedida de validação microbiológica do processo. A fim de garantir sua inocuidade e viabilidade comercial, a farinha da casca de ovo deve passar por tratamentos adequados de descontaminação, além de manter controle rigoroso de umidade, atividade de água e pH, fatores que influenciam diretamente a proliferação microbiana. O processamento artesanal sem controle técnico adequado pode comprometer sua segurança e inviabilizar seu consumo no mercado alimentício (Ribeiro et al., 2022; Muleya et al., 2024).

Neste contexto, um exemplo é um suplemento artesanal foi desenvolvido pela Pastoral da Criança, e continha em sua composição o pó de casca de ovo, porém foi descontinuado devido a riscos de contaminação pelo alto teor de fitatos e ácido cianídrico e a ausência de processos seguros de esterilização e controle de contaminantes (Ferreira et al., 2015). Esse caso reforça a relevância de que qualquer produto feito a partir de resíduos agroindustriais siga as normas de controle de qualidade antes de ser disponibilizado ao consumo humano.

Processamento e conservação das cascas de ovos para consumo humano

As indústrias alimentícias buscam constantemente atualizar seus processos produtivos devido a rápida evolução tecnológica e ao acesso rápido às informações. Isso se deve às variações nas demandas por alimentos, o que exigem que as empresas estejam atentas para atender às necessidades dos consumidores, seja em quantidade ou qualidade alimentar. Nesse contexto, o aumento do consumo de alimentos está acompanhado por uma maior exigência dos consumidores quanto à segurança dos produtos finais, levando os produtores a adotarem uma nova postura para satisfazer o mercado (Sousa; Ribeiro, 2022).

Uma das principais ferramentas para garantir padrões de qualidade na produção de alimentos é a implementação das Boas Práticas de Fabricação (BPFs), que são indispensáveis para a administração da segurança e de qualidade no setor alimentício (Sousa; Ribeiro, 2022). As BPFs são um conjunto de medidas que envolvem o controle rigoroso de higiene, processos e estruturas, desde o recebimento da matéria-prima até o produto final, com o objetivo de prevenir contaminações e garantir a inocuidade dos alimentos (Bore et al., 2023). Entre os pontos abordados pelas BPFs temos o processo de higienização de superfícies e utensílios, controle de pragas, uso de água potável, saúde dos manipuladores, rastreabilidade dos ingredientes e manutenção de registros de produção (Bore et al., 2023). Além disso, a aplicação das BPFs é uma exigência regulatória no Brasil para estabelecimentos que processam alimentos, sendo considerada uma etapa preliminar e obrigatória para a implementação de sistemas de qualidade mais avançados, como o APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle). Na utilização da casca de ovo como ingrediente funcional, a adoção rigorosa das BPFs é essencial para garantir a segurança sanitária, por se tratar de um resíduo de origem animal com alto risco de contaminação microbiológica (Ribeiro et al., 2022).

A higienização com hipoclorito de sódio a 200 ppm é uma prática comum na limpeza superficial de resíduos como a casca de ovo, sendo capaz de reduzir carga microbiana inicial (Ribeiro et al., 2022).

A utilização destes resíduos agroindustriais pode ser complexa, pois alguns produtos não permitem estocagem prolongada devido ao alto teor de umidade, facilitando a deterioração, o desenvolvimento de microrganismos e a produção de toxinas. Logo, o tratamento desses resíduos é importante para sua utilização de maneira segura (Oliveira et al., 2019).

Uma das estratégias mais utilizadas nesse contexto é a secagem que auxilia na redução da atividade de água a níveis que inibem o crescimento microbiano. Dependendo da temperatura, tempo de exposição e tipo de equipamento utilizado, a secagem pode reduzir a umidade da farinha de casca de ovo para valores abaixo de 10%, o que é considerado seguro para ingredientes secos (Lima et al., 2022; Oliveira et al., 2021). Além de atuar como barreira física à proliferação microbiana, esse processo aumenta o tempo de prateleira e auxilia na manutenção da qualidade sensorial e nutricional do produto.

Além disso, o processamento da farinha de ovo envolve etapas menos

sofisticadas do que os suplementos purificados, o que, apesar de reduzir o custo, também pode afetar a constância dos resultados nutricionais. Em contrapartida, os suplementos minerais industrializados, passam por etapas de purificação e controle analítico rigorosos que garantem uma composição nutricional constante (Kwon et al., 2021; Muleya et al., 2024). Os suplementos são submetidos a operações mais complexas, como filtração, secagem por atomização, encapsulamento e testes de estabilidade, o que contribui para o seu custo mais elevado (Zhao et al., 2022). A farinha, por sua vez, exige um processamento mais simples (lavagem, secagem, trituração e esterilização), o que a torna economicamente mais acessível, mas com menor controle sobre a concentração exata dos nutrientes (Muleya e colaboradores., 2024).

Essa diferença no processo de produção impacta na escolha da aplicação: enquanto os suplementos são usados com precisão em contextos clínicos ou farmacêuticos, a farinha pode ser mais adequada para programas públicos de nutrição ou uso doméstico, desde que submetida a controle de qualidade. Além disso, a simplicidade do processamento da farinha pode influenciar diretamente sua estabilidade microbiológica e vida útil, sendo necessário o uso de técnicas adequadas de secagem e armazenamento para garantir sua conservação (Ye et al., 2020; Muleya et al., 2024). A umidade e a atividade de água da farinha da casca de ovo são parâmetros críticos para sua conservação. Produtos com atividade de água abaixo de 0,60 dificilmente são meios que facilitam o crescimento fúngico ou bacteriano, mesmo após longos períodos de armazenamento (Lima et al., 2022). A secagem em estufa entre 30 °C e 105 °C, como praticado em algumas pesquisas, assegura teores de umidade abaixo de 10%, o que favorece a estabilidade microbiológica (Oliveira et al., 2021).

A autoclavagem (121 °C por 15 a 30 minutos) é uma estratégia eficaz para a eliminação de microrganismos em ingredientes alimentares (Santos et al., 2020). Estudos demonstram que esse processo é eficaz na eliminação de bactérias como *Salmonella spp.*, *E. coli*, *Staphylococcus coagulase positiva*, sem comprometer as propriedades nutricionais do produto final (Muleya et al., 2024).

A aplicação da autoclavagem é recomendada quando a matéria-prima é manipulada em ambiente artesanal ou não-industrial, como no caso da obtenção da farinha a partir de cascas provenientes de confeitarias ou pequenos produtores segundo Sakyietatal;(2020).

TRABALHOS

TRABALHO 1: AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA FARINHA DE CASCAS DE OVOS QUANDO SUBMETIDAS A TRATAMENTO TÉRMICO E PERSPECTIVAS DE USO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

Reproduzido com permissão de:

Jéssica Scoton¹; Luana Pereira de Moraes². Avaliação microbiológica da farinha de cascas de ovos quando submetidas a tratamento térmico e perspectivas de uso na alimentação humana.

O artigo intitulado “AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA FARINHA DE CASCAS DE OVOS QUANDO SUBMETIDAS A TRATAMENTO TÉRMICO E PERSPECTIVAS DE USO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA” fez parte da defesa de dissertação que foi apresentada à UENF.

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA FARINHA DE CASCAS DE OVOS QUANDO SUBMETIDAS A TRATAMENTO TÉRMICO E PERSPECTIVAS DE USO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

Reproduzido com permissão de:

Jéssica Scoton¹; Luana Pereira de Moraes². Avaliação microbiológica da farinha de cascas de ovos quando submetidas a tratamento térmico e perspectivas de uso na alimentação humana.

¹Mestranda em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

²Professora Doutora, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, BRASIL.

RESUMO

Grandes volumes de cascas de ovos são descartados diariamente nas lixeiras, sem qualquer tratamento prévio, pelas diferentes indústrias alimentícias. O aproveitamento destes resíduos agroindustriais, como alternativas de agregação de valor vem se destacando como práticas sustentáveis e funcionais para a formulação de suplementos alimentares, farinhas que podem ser utilizadas na alimentação humana e formulações de rações animais. As avaliações microbiológicas com base nas normativas vigentes são necessárias para garantir a segurança alimentar. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade microbiológica de amostras de farinha de casca de ovo submetidas ou não ao tratamento térmico por autoclavagem, a fim de verificar a presença de microrganismos patogênicos e avaliar a possibilidade de aplicação na alimentação humana. As amostras foram obtidas de estabelecimentos produtores de doces no município de Campos dos Goytacazes (RJ), submetidas à higienização e secagem para produção da farinha de cascas de ovos farinha sem autoclavar (FSA). Posteriormente, uma amostra foi submetida ao processo de autoclavagem à 121°C por 30 minutos, farinha autoclavada (FA). Foram realizadas análises microbiológicas de *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, estafilococos coagulase positiva, enterobacteriaceae, bolores e leveduras, conforme Instrução Normativa nº 161/2022 da ANVISA. Os resultados demonstraram ausência de

microrganismos patogênicos em todas as FA. Nas FNA observou-se crescimento característico de microrganismos semelhante à *Salmonella spp.*, mas após o teste confirmativo, o microrganismo não foi identificado. Em todas as outras análises, nenhum microrganismo dentre os exigidos pela legislação vigente foram confirmados. Conclui-se que a higienização seguida de secagem da matéria-prima e ao tratamento térmico por autoclavagem mostrou-se eficaz na inativação microbiológica da farinha, sendo fundamental para garantir a segurança sanitária do produto final e que somente o processo de higienização e secagem não foi suficiente para manter a inocuidade do produto final.

Palavras chaves: casca de ovo; farinha da casca de ovo; suplementos alimentares; microbiologia de alimentos; segurança alimentar.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos sustentáveis, funcionais e seguros tem aumentado o aproveitamento de resíduos agroindustriais, como a casca de ovo, na formulação de farinhas e suplementos alimentares (Graves et al., 2021). Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2021), a indústria de processamento pode descartar até oito milhões de toneladas de casca de ovo por ano em todo mundo, que além de gerar impacto ambiental, desperdiça um recurso com potencial nutricional, pois a casca de ovo é fonte de cálcio, magnésio e outros minerais essenciais para manutenção da saúde humana (Sastrawinata et al., 2020). Ademais, o aproveitamento da casca de ovo contribui para o princípio da economia circular e ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 da ONU, que trata sobre a produção e consumo responsáveis (WHO, 2023).

Quando utilizada na alimentação humana, a farinha de casca de ovo deverá atender aos critérios de segurança microbiológica, definido pela ANVISA e pela Instrução Normativa nº 161/2022 (BRASIL, 2022). Resíduos de origem animal podem ser veículos para microrganismos patogênicos, como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *estafilococos coagulase positiva*, bactérias do grupo *Enterobacteriaceae* e bolores, leveduras (Scallan et al., 2011; Ribeiro et al., 2022), podendo causar surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTA), principalmente em populações vulneráveis, como crianças, idosos e imunocomprometidos (WHO,

2015).

A higienização, limpeza, secagem e tratamento térmico são importantes para garantir a segurança microbiológica de alimentos obtidos a partir de resíduos agroindustriais. No entanto, somente a sanitização com hipoclorito de sódio pode não ser eficaz para inativar microrganismos termo resistentes, como *Salmonella spp.* Por isso, tratamentos térmicos como a secagem e autoclavagem têm sido utilizados como barreiras complementares na eliminação de microrganismos patogênicos em alimentos, farinhas alternativas e suplementos (Adeyanju et al., 2021; Muleya et al., 2024).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a presença de microrganismos patogênicos, em amostra de farinha de casca de ovo submetida ou não ao tratamento térmico por autoclavagem.

2. MATERIAS E MÉTODOS

As cascas de ovos de galinhas da espécie *Gallus gallus domesticus*, foram doadas por empresas produtoras de doces, durante o mês de outubro de 2024, localizada na cidade de Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro, Brasil.

2.1 Higienizações das cascas de ovo

As cascas de ovos foram inicialmente lavadas em água corrente para remoção de sujidades visíveis e impurezas superficiais. Em seguida, foram sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio 200 ppm (partes por milhão) de cloro ativo (Ribeiro et al., 2022).

As cascas ficaram submersas por 15 minutos, posteriormente foram enxaguadas com água corrente.

2.2 Secagem e produção da farinha das cascas de ovos

Após a etapa de higienização, as cascas foram colocadas em bandejas de aço inoxidável e levadas à estufa com circulação e renovação de ar da marca Tecnal por 24h à 30 ° C.

Posteriormente, as cascas foram trituradas com o auxílio do equipamento

Picador/Triturador TRF 400 da marca Trapp.

2.3 Tratamentos térmico da farinha das cascas de ovos

As amostras foram divididas em dois grupos: farinha das cascas de ovos sem tratamento térmico de autoclavagem (FSA) e farinha das cascas de ovos autoclavada a 121°C por 30 minutos em autoclave da marca Phoenix Luferco (FA).

2.4 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas da farinha da casca de ovo se basearam na Instrução Normativa nº 161/2022 da ANVISA (BRASIL,2022), que define os padrões microbiológicos para suplementos alimentares. Os procedimentos seguiram as metodologias descritas no Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água (Silva et al., 2022), complementadas por normas ISO e APHA específicas para cada microrganismo investigado. Todas as análises microbiológicas foram realizadas em triplicada.

2.4.1 Análise de *Salmonella* spp.

A análise de *Salmonella* spp. foi realizada por meio do método de plaqueamento, conforme os protocolos estabelecidos pela norma ISO 6579-1:2017 e pela Instrução Normativa nº 161/2022 da ANVISA, segundo descrito por Silva et al. (2022).

2.4.2. Análise de *Staphylococcus coagulase positiva*

A análise de *Staphylococcus coagulase positiva* seguiu o método de plaqueamento descrito na norma ISO 6888-1:1999, emenda 1:2003. Este procedimento é utilizado para quantificar *staphylococcus* capazes de produzir toxinas termoestáveis, sendo considerado um indicador relevante de contaminação em alimentos processados Silva et al. (2022).

2.4.3 Análise de Enterobactérias

A detecção de Enterobacteriaceae foi conduzida segundo o método de plaqueamento proposto pela norma APHA 9.62:2015, conforme as recomendações do manual de Silva et al. (2022), com o objetivo de indicar a higiene e qualidade sanitária da farinha produzida.

2.4.4 Análise *Escherichia coli*

A análise de *Escherichia coli* foi realizada utilizando o método do Número Mais Provável (NMP), conforme descrito na norma ISO 7251:2005, seguindo as orientações metodológicas descritas por Silva et al. (2022). Esse método permite identificar coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* presuntiva, sendo essencial para monitorar a contaminação fecal e os riscos associados à segurança do alimento.

2.4.5 Bolores e leveduras

A análise de bolores e leveduras foi realizada por meio do método de plaqueamento, de acordo com os procedimentos da norma APHA 21:2015, e conforme as instruções do manual de Silva et al. (2022). Esta análise auxilia na avaliação da estabilidade e da adequação das condições de processamento e armazenamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises microbiológicas para *Salmonella spp*

A presença de *Salmonella spp.* em produtos derivados de ovos pode representar risco de doenças transmitidas por alimentos (Martins et al., 2017; Barrow, 2022).

De acordo com a Figura 1, que apresenta os resultados da análise microbiológica para *Salmonella spp.* nas amostras FNA, é possível observar que não houve crescimento de colônias características nos meios seletivos XLD (Figura a) e BPLS (Figura c), caracterizando ausência da bactéria nesses meios. Entretanto, no meio HE (Figura B), é possível observar o crescimento de colônias de coloração verde escura, podendo ser compatível com *Salmonella spp.* Esses achados indicam

que, embora os resultados nos meios XLD e BPLS tenham sido negativos, a presença de colônias sugestivas no HE reforçou a necessidade de testes confirmatórios.

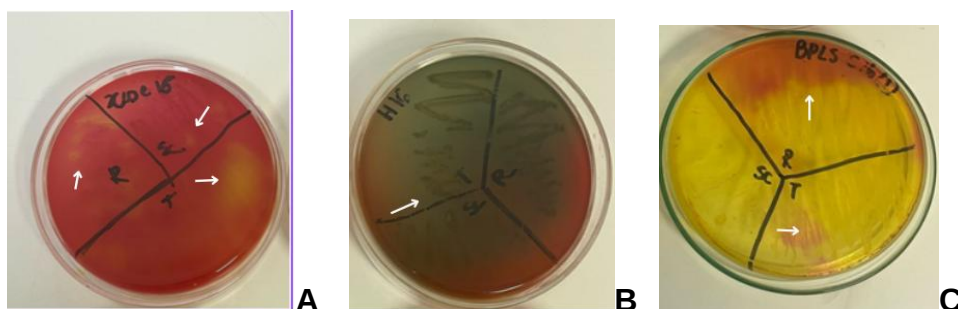


Figura 1: Crescimento de microrganismo nas FNA.

Na sequência, os testes bioquímicos realizados nos meios TSI, LIA, SIM e ureia não apresentaram perfis compatíveis com *Salmonella spp.*, uma vez que não houve produção de H_2S , motilidade, descarboxilação de lisina ou fermentação característica (Figura 2). Esses resultados indicam que o crescimento observado anteriormente no meio Hektoen provavelmente foi causado por outras enterobactérias com colônias de morfologia semelhante.

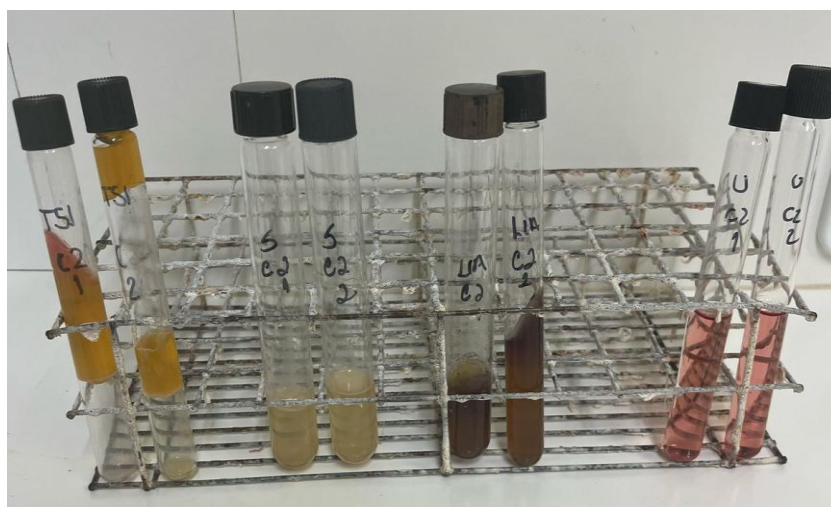


Figura 2: Teste bioquímicos para confirmação de *Salmonella spp.*

Nos testes bioquímicos confirmativos realizados com as amostras de farinha não autoclavada, o meio TSI apresentou coloração vermelha no topo, indicando uma reação alcalina, além de produção de gás. Todavia, a ausência de escurecimento (coloração preta) sugere que não houve produção de H_2S , o que não é compatível

com o perfil bioquímico típico de *Salmonella spp.*. No meio SIM, não foi observada turvação e escurecimento, indicando ausência de motilidade e de produção de indol. A análise no meio LIA revelou coloração marrom escura, porém sem características indicativas de descarboxilação de lisina, comum em cepas de *Salmonella*. No meio ureia, a coloração rosada clara permaneceu inalterada, evidenciando ausência de atividade ureásica. Diante desses resultados, apesar da presença de colônias sugestivas em meio seletivo, os testes bioquímicos não confirmaram a presença de *Salmonella spp.* na farinha não autoclavada. Já nas amostras FA, não foi observado crescimento bacteriano típico, nas mesmas condições de análise (Figuras 2.1-2.2-2.3-2.4), o que reforça a eficácia do tratamento térmico. Esses resultados estão alinhados com os estudos de Adeyanjue et al. (2021) e Sakyi et al. (2020), que demonstram eficácia na eliminação de patógenos termorresistentes, pelo processo de autoclavagem.



Figura 3: Análise microbiológica para *Salmonella spp* FA.

Casos já registrados no Brasil ilustram os riscos da utilização da casca de ovo sem controle sanitário adequado. Um exemplo é o estudo de Ferreira et al. (2015) que relata sobre um suplemento alimentar distribuído pela Pastoral da Criança, composto por farinha de casca de ovo associado a farinha de mandioca e outros ingredientes, que teve seu uso descontinuado devido a contaminação por microrganismos patogênicos e à ausência de controle sobre substâncias tóxicas, como fitatos e ácido cianídrico. Esse episódio reforça a importância de práticas padronizadas de higienização, esterilização e monitoramento de contaminantes quando se trata do uso de ingredientes de origem animal em formulações alimentícias. O estudo de Muleya et al. (2024), observou redução significativa de microrganismos patogênicos após a autoclavagem de 30 minutos a 121°C.

Além disso, segundo Li e colaboradores (2020), o risco da contaminação por *Salmonella* spp. está associado à ausência de controle sanitário adequado durante a produção de ovos. A persistência dessa bactéria em ambientes avícolas está associada a falhas no manejo, higienização e biossegurança, o que facilita a transmissão da *Salmonella* spp. para os ovos dentro das granjas.

Entre os anos de 2000 e 2015, o Brasil registrou mais de 10 mil surtos de doenças veiculadas por alimentos, atingindo aproximadamente 209 mil pessoas, conforme dados divulgados pela Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (2015). Esses dados evidenciam a necessidade de constante controle sanitário, boas práticas de fabricação e rigor na vigilância microbiológica, a fim de evitar novos episódios e garantir a segurança alimentar da população.

No presente estudo, apesar da Tabela 1 indicar ausência de *Salmonella* spp. em todas as amostras analisadas, não é possível afirmar que a farinha não autoclavada, estava segura para o consumo humano já que foram observadas colônias sugestivas de bactérias no meio Hektoen. Por esse motivo, a autoclavagem foi adotada como uma importante etapa no processamento de farinha. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultado da análise de *Salmonella spp.* nas amostras de farinha de casca de ovo.

Amostra	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Resultado Final
FNA1	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA2	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA3	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA4	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA5	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA6	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA7	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA8	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA9	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA10	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA1	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA2	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA3	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA4	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA5	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA6	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA7	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA8	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA9	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA10	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

3.2 Análises microbiológicas para *Estafilococos* coagulase positiva

A presença de *Staphylococcus aureus* em alimentos representa risco à saúde pública, uma vez que essa bactéria pode produzir enterotoxinas, responsáveis por quadros agudos de intoxicação alimentar, como náuseas, vômitos e diarreia. Esse tipo de microrganismo é preocupante em produtos de origem animal, pois a contaminação pode ocorrer durante o manuseio ou armazenamento, principalmente quando não são adotadas boas práticas de higiene (Argudín et al., 2024; Le Loir et

al., 2022).

Como demonstrado nas Figuras 4 e 5, é possível observar que não houve crescimento de colônias sugestivas de *Staphylococcus aureus*, para FA ou FNA, conforme Tabela 2.

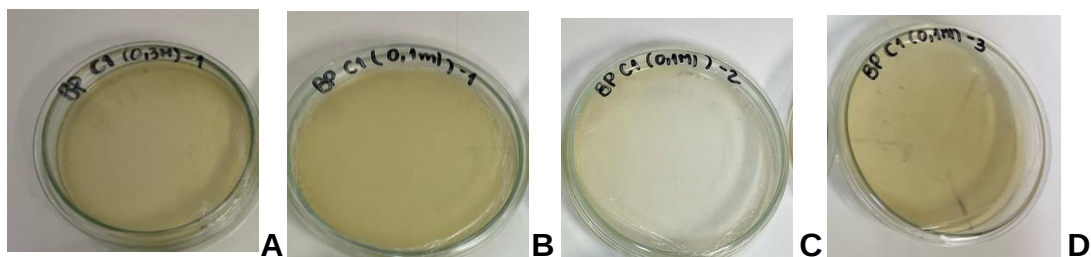


Figura 4: Análise de *Estafilococos coagulase* positiva em FNA.

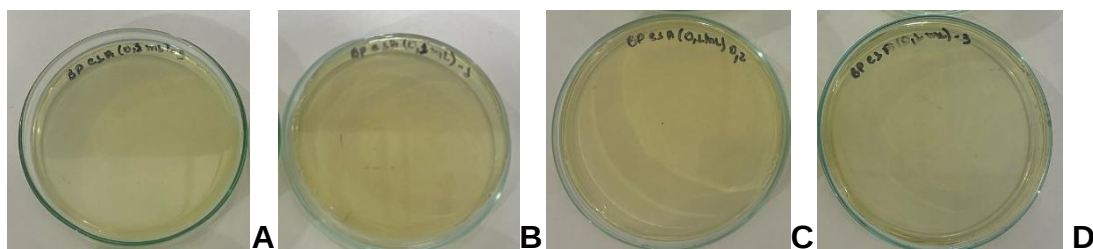


Figura 5: Análise microbiológica para *Estafilococos coagulase* positiva em FNA.

A ausência de crescimento em todas as amostras (FA e FNA) pode estar associada a pontos importantes como: boas práticas de processamento, limpeza e higienização correta das cascas de ovos e controle adequado de higiene durante o processo de fabricação da farinha.

Silva e colaboradores (2021), também observaram a eliminação *Staphylococcus aureus* em farinhas autoclavadas a 121° C por 30 minutos, o que reforça a eficácia do tratamento em produtos com baixa atividade de água. Além disso, estudos como o de El-Jakee e colaboradores (2020), demonstram que a presença de *S. aureus* em alimentos em pó, como leite ou farinha de cereais, frequentemente está associada à contaminação cruzada durante o armazenamento, quando não são adotadas práticas higiênicas corretas. Nesse sentido, a ausência da bactéria nas amostras analisadas pode indicar que, além da autoclavagem, o processo de produção da farinha foi conduzido dentro dos padrões higiênico-sanitários esperados, garantindo a segurança microbiológica do produto final.

Tabela 2: Resultado da análise *Estafilococcus Coagulase positiva*. nas amostras de farinha de casca de ovo.

Amostra	Diluição (0,3 ml) 10^{-1}	Diluição (0,1ml) 10^{-1}	Diluição (0,1ml) 10^{-2}	Diluição (0,1ml) 10^{-3}
FN1	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FN2	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FN3	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FN4	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FN5	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA1	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA2	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA3	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA4	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA5	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

3.3 Análises microbiológicas para *Escherichia coli*

A presença de *Escherichia coli* em alimentos é considerada um indicador de contaminação fecal e condições inadequadas de higiene durante o processamento. Algumas cepas patogênicas, como a EHEC (*Escherichia coli* entero-hemorrágica), podem causar surtos graves de doenças transmitidas por alimentos (DTA), sendo especialmente preocupantes em produtos minimamente processados ou em pó, como farinhas. Por isso, a detecção dessa bactéria é essencial para garantir a segurança do produto final.

Nas amostras analisadas, não foi observado presença de gás ou turvação em nenhum dos tubos ou das diluições analisadas. Como ilustrado nas Figuras 6 e 7, os tubos permaneceram inalterados nas amostras autoclavadas e não autoclavadas, indicando ausência de coliformes termotolerantes, como *Escherichia coli*. Esses resultados estão reforçados na Tabela 3. A ausência de *E. coli* nas amostras, mesmo nas não autoclavadas, pode estar relacionada ao uso de boas práticas de manipulação e ao controle sanitário durante todo o processamento da farinha de casca de ovo.

Assim, a ausência de *Escherichia coli* em todas as amostras reforça a importância quanto o cumprimento adequado das boas práticas de fabricação e manipulação.



Figura 6: Análise microbiológica para *Escherichia coli* em FNA.



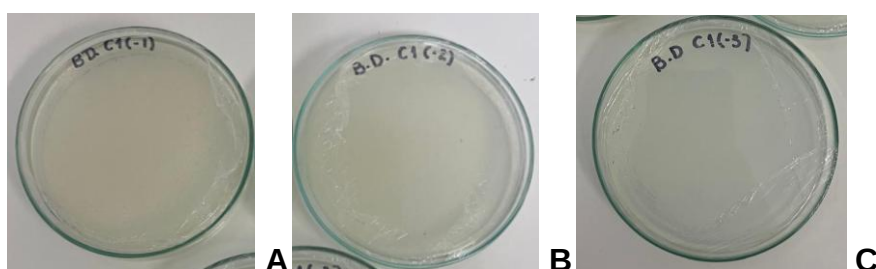
Figura 7: Análise microbiológica para *Escherichia coli* em FA.

Tabela 3: Resultado da análise *Escherichia coli* nas amostras de farinha de casca de ovo.

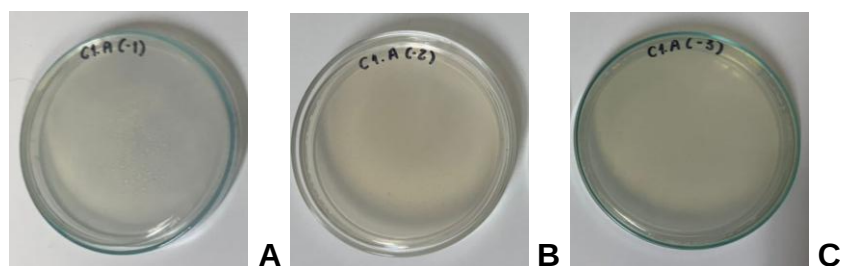
Amostra	Regra Utilizada	Diluição 10^{-1}	Diluição 10^{-2}	Diluição 10^{-3}	Combinação	Resultado (NMP)
FN1	3a, 2	0	0	0	0-0-0	$<3,0 \times 10^0$
FN2	3a, 2	0	0	0	0-0-0	$<3,0 \times 10^0$
FN3	3a, 2	0	0	0	0-0-0	$<3,0 \times 10^0$
FN4	3a, 2	0	0	0	0-0-0	$<3,0 \times 10^0$
FN5	3a, 2	0	0	0	0-0-0	$<3,0 \times 10^0$
FA1	3a, 2	0	0	0	0-0-0	$<3,0 \times 10^0$
FA2	3a, 2	0	0	0	0-0-0	$<3,0 \times 10^0$
FA3	3a, 2	0	0	0	0-0-0	$<3,0 \times 10^0$
FA4	3a, 2	0	0	0	0-0-0	$<3,0 \times 10^0$
FA5	3a, 2	0	0	0	0-0-0	$<3,0 \times 10^0$

3.4 Análises microbiológicas para Bolores e Leveduras

A presença de bolores e leveduras em alimentos é associada à deterioração e riscos à saúde, principalmente devido à possibilidade de produção de micotoxinas em condições favoráveis de umidade e temperatura (Silva et al., 2020). No entanto, alimentos com baixa atividade de água, como farinhas secas, apresentam menor risco de contaminação fúngica, desde que sejam mantidas em condições adequadas de armazenamento. Nas Figuras 8 e 9 e Tabela 5, pode-se observar não houve crescimento de colônias sugestivas de bolores e leveduras nas amostras autoclavadas e não autoclavadas.



Figuras 8: Análise Microbiológica Bolores e Leveduras para FNA.



Figuras 9: Análise Microbiológica Bolores e Leveduras para FA.

Tabela 5: Resultado da análise de bolores e leveduras nas amostras de farinha de casca de ovo.

Amostra	Diluição 10^{-1}	Diluição 10^{-2}	Diluição 10^{-3}	Resultado Final
FNA1	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA2	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA3	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA4	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA5	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA1	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA2	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA3	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA4	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA5	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

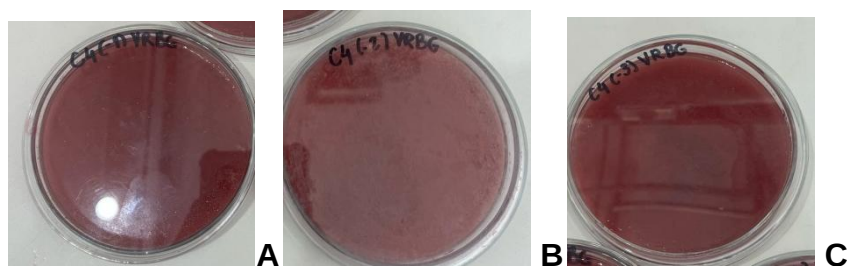
A ausência de bolores e leveduras nas amostras tratadas termicamente está de acordo com Santos e colaboradores (2019), que demonstraram que o processo de autoclavagem é eficaz na eliminação de microrganismos fúngicos em resíduos. Lima e colaboradores (2022) destacam que alimentos com atividade de água inferior a 0,60 apresentam condições desfavoráveis para o crescimento de fungos, o que contribui para a estabilidade microbiológica do produto. Outro estudo, como o de Oliveira e colaboradores (2021), demonstrou que a combinação de higienização e secagem em estufa pode assegurar a estabilidade microbiológica em alimentos com baixa umidade, mesmo sem acrescentar outro tratamento térmico.

Vale ressaltar que a aplicação do tratamento térmico em farinhas obtidas a partir de resíduos representa uma medida de segurança adicional, garantindo a inocuidade microbiológica para o consumo humano Santos et al., (2020).

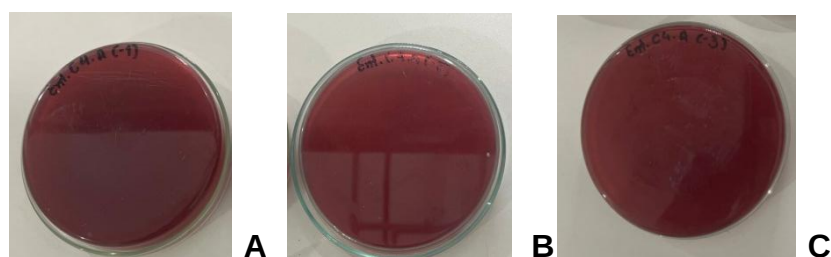
3.5 Análises microbiológicas para Enterobactereacea

A presença de bactérias do grupo Enterobacteriaceae em alimentos pode ser um indicador de falha de higienização ou manipulação inadequada. Essas bactérias possuem potencial patogênico e podem ser responsáveis por surtos alimentares, além de frequentemente apresentam resistência antimicrobiana, o que aumenta a preocupação e o risco à saúde pública (Ribeiro et al.,2022).

Conforme apresenta nas figuras 10 e 11 a Tabela 6, não houve crescimento de colônias características de *Enterobacteriaceae* em nenhuma das amostras.



Figuras 9: Análise Microbiológica para *Enterobactereacea* FNA.



Figuras 10: Análise Microbiológica para *Enterobactereacea* FA.

Tabela 6: Resultado da análise de *Enterobactérias* nas amostras de farinha de casca de ovo.

Amostra	Amostra	Diluição 10 ⁻¹	Diluição 10 ⁻²	Diluição 10 ⁻³
FNA1	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA2	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA3	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA4	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FNA5	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA1	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA2	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA3	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA4	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
FA5	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

Os resultados encontrados sugerem que a carga microbiana para *Enterobacteriaceae* era ausente mesmo nas amostras não submetidas à autoclavagem, o que indica que a higienização adequada juntamente com a secagem em estufa foi suficiente para garantir a inocuidade microbiológica da farinha de casca de ovo. Esses achados estão em alinhados com o estudo de Ribeiro e colaboradores (2022), que também observaram ausência de crescimento de *Enterobacteriaceae* em produtos processados com boas práticas de fabricação,

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que todas as amostras de farinha de casca de ovo analisadas atenderam aos padrões microbiológicos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 161/2022 da ANVISA, com ausência de todos os microrganismos patogênicos exigidos pela legislação, como *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, estafilococos coagulase positiva, bolores, leveduras e *Enterobacteriaceae*. Por isso, a autoclavagem foi adotada como etapa adicional de segurança, garantindo a inocuidade microbiológica do produto final. Os resultados obtidos indicam que, quando são aplicadas boas práticas de fabricação e medidas adequadas de higiene e secagem, o uso da autoclavagem pode ser dispensado, tornando o processo mais simples e acessível.

Dessa forma, os achados deste estudo podem contribuir para o uso da farinha de casca de ovo como um ingrediente seguro, desde que submetido a condições adequadas de higienização e tratamento térmico. O aproveitamento desse resíduo pode representar uma estratégia promissora para a valorização de resíduos agroindustriais, visando à sustentabilidade, redução do impacto ambiental e contribuindo para o princípio da economia circular e ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 da ONU.

5. REFERÊNCIAS

- Adeyanju, O. G. et al. (2021). Calcium content and safety evaluation of eggshell powder for food fortification. *Food Control*, 125, 107964.
- Argudín, M. A. et al. (2024). The global threat of *Staphylococcus aureus*: foodborne outbreaks and enterotoxin production. *Microorganisms*, 12(1), 5–18.
- Barrow, P. A. (2022). *Salmonella* infections in poultry: Pathogenesis and control. *Poultry Science*, 101(3), 101587.
- Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. (2022). Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos para alimentos. Brasília.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). Annual report: The role of food systems in sustainable development. Rome: FAO.
- Ferreira, R. J. et al. (2015). Avaliação da qualidade sanitária de suplemento alimentar distribuído por ONG no Brasil. *Ciência e Saúde Coletiva*, 20(5), 1501–1510.
- Graves, R. E. et al. (2021). Eggshell powder as a sustainable calcium source: composition, processing and applications. *Journal of Food Science and Technology*, 58(4), 1423–1432.
- Le Loir, Y. et al. (2022). *Staphylococcus aureus* and foodborne diseases: epidemiology, detection and control strategies. *Food Microbiology*, 103, 103972.
- Li, H. et al. (2020). Occurrence and persistence of *Salmonella* in poultry production environments. *Food Microbiology*, 91, 103536.
- Lima, T. L. et al. (2022). Atividade de água e estabilidade microbiológica em farinhas funcionais obtidas de resíduos vegetais. *Revista Higiene Alimentar*, 36, 42–47.
- Muleya, M. et al. (2024). Impact of moist heat treatment on microbial load of poultry-based food products. *Journal of Food Protection*, 87(2), 217–223.

Oliveira, R. A. et al. (2021). Controle microbiológico em farinhas vegetais: efeito da higienização e secagem. *Revista Higiene Alimentar*, 35, 43–49.

Ribeiro, M. R. et al. (2022). Avaliação microbiológica de suplementos em pó obtidos a partir de subprodutos alimentares. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 81, 1–8.

Sakyi, M. E. et al. (2020). Influence of moist heat treatment on microbial decontamination of food waste products. *African Journal of Food Science*, 14(6), 111–118.

Santos, M. I. et al. (2020). Efeito do tratamento térmico na redução da carga microbiana de subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação humana. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 79, 1–9.

Santos, R. L. et al. (2019). Avaliação microbiológica de resíduos submetidos à autoclavagem. *Segurança Alimentar e Nutricional*, 26, e019004.

Sastrawinata, D. A. et al. (2020). Calcium content and safety evaluation of eggshell powder for food fortification. *International Journal of Food Science*, 2020, 9762870.

Scallan, E. et al. (2011). Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, 17(1), 7–15.

Silva, A. C. et al. (2020). Influência da umidade e da higienização na contaminação por Enterobacteriaceae em produtos desidratados. *Higiene Alimentar*, 34, 22–28.

Silva, M. A. et al. (2021). Eficácia de métodos térmicos na inativação de *Staphylococcus aureus* em alimentos secos. *Revista Brasileira de Microbiologia de Alimentos*, 43(1), 55–62.

Silva, N. et al. (2022). *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. São Paulo: Varela, 6ª ed.

WHO – World Health Organization. (2015). *Estimates of the global burden of foodborne diseases: foodborne disease burden epidemiology reference group 2007–2015*. Geneva: WHO.

WHO – World Health Organization. (2023). *Salmonella (non-typhoidal)*. Geneva: WHO.

TRABALHO 2: COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA FARINHA DE CASCA DE OVO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: NUTRIÇÃO SUSTENTÁVEL A PARTIR DE RESÍDUOS

Jéssica Scoton¹, Luana Pereira de Moraes²

¹Mestranda em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

²Professora Doutora, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DA FARINHA DE CASCA DE OVO NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: NUTRIÇÃO SUSTENTÁVEL A PARTIR DE RESÍDUOS.

Reproduzido com permissão:

Jéssica Scoton¹, Luana Pereira de Moraes². Composição físico-química e viabilidade de aplicação da farinha de casca de ovo na alimentação humana: nutrição sustentável a partir de resíduos

¹Mestranda em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

²Professora Doutora, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

RESUMO

O descarte inadequado de resíduos agroindustriais, como a casca de ovo, representa um desafio tanto ambiental quanto nutricional, especialmente diante do crescimento da demanda por alimentos e da busca por soluções mais sustentáveis. Rica em carbonato de cálcio e diversos micronutrientes, a casca de ovo surge como uma alternativa promissora para o desenvolvimento de ingredientes funcionais. Este estudo teve como objetivo caracterizar físico-quimicamente a farinha obtida da casca de ovo. Foram analisados parâmetros como cor, umidade, pH, teor de cinzas, composição de micronutrientes e presença de metais pesados, conforme os critérios estabelecidos pela ANVISA e demais órgãos reguladores. As amostras analisadas apresentaram elevada luminosidade (L^* média de 92,27), baixo teor de umidade (3,99%), pH alcalino (9,89) e alta concentração de cinzas (média de 36,96%), indicando estabilidade, padronização e potencial mineral. A análise de micronutrientes identificou a presença: fósforo, cálcio, magnésio, potássio, zinco e cobre em teores compatíveis com a legislação para suplementos alimentares, destacando o fósforo (641 $\mu\text{g/g}$) e o cálcio (470 $\mu\text{g/g}$) como os mais abundantes. Quanto à toxicidade, todos os metais pesados avaliados (mercúrio, arsênio e cádmio) foram detectados em níveis muito abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, o que evidencia ausência de risco toxicológico relevante. Conclui-se que,

embora a farinha de casca de ovo apresente perfil nutricional promissor e estabilidade físico-química adequada, a rastreabilidade da matéria-prima e a adoção de boas práticas de fabricação continuam sendo essenciais para garantir a segurança do produto final. O estudo reforça o uso sustentável da casca de ovo como suplemento alimentar, desde que adotadas medidas eficazes de controle de qualidade e conformidade com os padrões sanitários vigentes.

Palavras chaves: Farinha de casca de ovo; micronutrientes; cálcio; metais pesados; segurança alimentar.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial, aliado à intensificação da produção de alimentos, tem contribuído significativamente para o aumento da geração de resíduos orgânicos, entre os quais se destaca a casca de ovo, frequentemente descartada sem qualquer aproveitamento. Porém, esse resíduo apresenta alto teor de carbonato de cálcio e outros minerais essenciais, configurando-se como uma matéria-prima com relevante potencial nutricional para o desenvolvimento de ingredientes funcionais (Costa et al., 2020; Fernandes et al., 2018).

Em um cenário em que a segurança nutricional e alimentar se tornaram temas centrais, a valorização de resíduos, como a casca de ovo, surge como uma alternativa viável, acessível e alinhada aos princípios da economia circular. Estudos realizados por Li et al. (2021) e Kim et al. (2020) demonstraram que, quando adequadamente processada, a casca de ovo apresenta um excelente perfil mineral, contendo elementos como fósforo, cálcio, potássio, sódio, magnésio e zinco. Esses minerais são essenciais para o metabolismo humano, especialmente em grupos mais vulneráveis, como idosos, mulheres no pós-menopausa e crianças em fase de crescimento.

Destaca-se que a deficiência de cálcio está diretamente relacionada a maior incidência de doenças como osteopenia e osteoporose, as quais impactam negativamente a qualidade de vida e representam um desafio para a saúde pública (Cozzolino, 2016; Weaver et al., 2020). A esse respeito, a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2020) reconhece a importância de estratégias nutricionais de baixo custo e elevada eficácia para mitigar tais carências.

Além de seu potencial nutricional, a farinha de casca de ovo tem demonstrado boa estabilidade microbiológica e físico-química, especialmente quando submetida a processos adequados de secagem. Parâmetros como umidade, pH e teor de cinzas são fundamentais para avaliar sua viabilidade como ingrediente alimentar, pois influenciam diretamente na estabilidade, palatabilidade e segurança do produto (Ali et al., 2020; Wang et al., 2023). A cor, por sua vez, é um indicador relevante na padronização do processo e na detecção de impurezas, sendo frequentemente analisada com base na escala CIE-L*a*b*, amplamente utilizada na indústria de alimentos (Pathare et al., 2013).

Todavia, para que ingredientes derivados de resíduos possam ser utilizados com segurança na alimentação humana, é imprescindível o cumprimento dos padrões toxicológicos estabelecidos pelas autoridades sanitárias. A presença de metais pesados, como mercúrio, arsênio e cádmio, mesmo em concentrações mínimas, pode representar riscos à saúde devido ao seu potencial de bioacumulação e aos efeitos neurotóxicos e carcinogênicos associados (Karagas et al., 2021; EFSA, 2021; Tchounwou et al., 2019). Por isso, a avaliação da composição elementar da casca de ovo deve considerar não apenas seus benefícios nutricionais, mas também os limites seguros de exposição a esses contaminantes.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo realizar a caracterização físico-química da farinha de casca de ovo, incluindo análises de cor, umidade, pH, teor de cinzas, atividade de água, granulometria e composição de micronutrientes, bem como a quantificação de metais pesados, conforme os padrões estabelecidos pela ANVISA. Esta pesquisa visa não apenas validar o uso da casca de ovo como um ingrediente promissor, mas também incentivar práticas sustentáveis e inovadoras na área da nutrição.

2. MATERIAS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no setor de Tecnologia e Desenvolvimento de Produtos do Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) no Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro em parceria com o Setor de Engenharia do Frio em Alimentos e com o Laboratório de Ciências Ambientais – LCA.

2.1 Preparo da amostra

As cascas de ovos utilizadas para produção da farinha foram obtidas de estabelecimentos produtores de doces no município de Campos dos Goytacazes (RJ). Inicialmente, as cascas foram lavadas em água corrente para remoção de sujidades visíveis, e em seguida, submetidas à sanitização com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos, conforme descrito por Ribeiro et al. (2022). Após o enxágue, foram distribuídas em bandejas de aço inoxidável e levadas a estufa com circulação de ar a 30 °C por 24 horas para secagem. A trituração foi realizada em equipamento do tipo triturador de alta rotação (TRF 400, Trapp®), resultando na farinha de casca de ovo utilizada nas análises físico-químicas.

2.2 Determinações de Cinzas

O teor de cinzas foi determinado utilizando a metodologia de determinação de resíduo por incineração, seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.3 Determinações de Umidade

A umidade foi determinada por meio de secagem em estufa a 105 °C até peso constante, conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.4 Determinação de pH

O pH foi determinado utilizando pHmetro devidamente calibrado com soluções tampão padrão (pH 4,0 e 7,0), de acordo com a padronização do Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.5 Determinações de Luminosidade

A análise da cor foi realizada por espectrofotometria, utilizando colorímetro portátil modelo MiniScan XE Plus, utilizando a metodologia descrita por Pathare et al. (2013).

L*: representa a luminosidade, variando de 0 (preto) a 100 (branco);

a*: coordenada cromático verde (–) a vermelho (+);

b*: coordenada cromático azul (–) a amarelo (+).

2.6 Determinações de Granulometria

A determinação da granulometria da farinha de casca de ovo foi realizada pelo método de peneiramento, utilizando peneiras padronizadas de aço inox em série decrescente de abertura, montadas em coluna, conforme especificações da norma ISO 2591-1 (ISO, 1988).

2.7 Determinações de Atividade de água (aw)

A atividade de água (aw) da farinha de casca de ovo foi determinada em medidor eletrônico da marca AquaLab, devidamente calibrado com soluções salinas de acordo com a norma ISO 18787 (ISO, 2017). O equipamento foi verificado antes das análises por meio de sais padrão, conforme recomenda a AOAC 978.18 (AOAC, 2019). Os resultados foram expressos como valores médios adimensionais de atividade de água, acompanhados do desvio-padrão, à temperatura de análise (ISO, 2017; AOAC, 2019).

2.8 Análises de Micronutrientes da Farinha da Casca da Casca de Ovo

As amostras foram inicialmente pesadas em balança analítica e levadas à mufla a 450 °C por 4 horas. Após o resfriamento, foram novamente pesadas e transferidas para béquer, onde se adicionaram 11 mL de HCl concentrado, em etapas, com aquecimento a 80 °C em placa aquecedora, até cessarem as borbulhas e a completa reação com o carbonato. Para evitar perdas por volatilização, os béqueres permaneceram cobertos com vidro de relógio. Em seguida, procedeu-se à evaporação quase total do ácido e adicionaram-se 5 mL de HNO₃ concentrado.

Após 30 minutos de aquecimento, foram adicionados mais 10 mL do mesmo ácido. Os extratos foram transferidos para tubos de vidro com sistema de condensação “dedos frios” e mantidos a 90 °C, seguido de aquecimento a 110 °C para garantir digestão completa. O material foi filtrado em papel de celulose e o volume final aferido para 25 mL com água Milli-Q. A determinação dos minerais foi realizada por espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), utilizando o procedimento de digestão ácida úmida, com adaptações do método tradicional descrito pela U.S. Environmental Protection Agency (USEPA, 1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os valores médios obtidos para os parâmetros físico-químicos avaliados nas amostras de farinha da casca de ovo, incluindo coloração, teor de cinzas, umidade e pH. As análises desses dados permite avaliar a qualidade e o potencial tecnológico do produto, considerando as exigências sanitárias, nutricionais e sensoriais.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos médios da farinha de casca de ovo.

Parâmetro	Média ± Desvio Padrão
Umidade (%)	4,02 ± 0.07
Cinzas (%)	36,96 ± 0.4
Atividade de água (Aw)	0,59 ± 0,03
pH	9,89 ± 0.27
Luminosidade (L*)	92,4 ± 0.02
Coordenada (a*)	-2,15 ± 0.03
Coordenada (b*)	1,84 ± 0.07

As amostras analisadas apresentaram valores de umidade próximos, variando de 3,98% a 4,00%, com média de 4,02 ± 0,07%. Do ponto de vista tecnológico e sanitário, estes resultados são satisfatórios, uma vez que teores de umidade abaixo de 10% são ideais em produtos secos (Oliveira et al., 2017). A umidade é um parâmetro crucial para a estabilidade e a qualidade de matérias-primas utilizadas em alimentos secos, como farinhas e suplementos. Níveis elevados de água favorecem o crescimento microbiano, aceleram a degradação e reduzem a

vida útil do produto final.

A determinação do teor de cinzas é uma etapa considerada essencial para a caracterização da composição mineral dos alimentos e ingredientes funcionais. As amostras apresentaram valores de cinzas variando entre 36,50% e 37,20%, com média de $36,96 \pm 0,4\%$. Valores mais baixos podem estar associados à presença de resíduos orgânicos, como fragmentos da membrana interna da casca ou restos de matéria proteica, o que diminui a fração mineral da farinha (Abdoulaye et al., 2021). De forma semelhante, a amostra com médios teores de cinzas sugere certo grau de concentração orgânica. Já amostras com maior teor de cinzas indicam maior pureza mineral. Esses achados estão de acordo com Costa e colaboradores. (2020), que relatam que a variação na composição das farinhas de casca está relacionada ao grau de purificação da matéria-prima, principalmente no que se refere a remoção da membrana e a eficiência da secagem. Estudos realizados por Mendes e colaboradores (2021) indicam que farinhas de casca de ovo processadas artesanalmente e sem purificação apresentam teores médios de cinzas entre 5% e 30%, a depender do grau de moagem, secagem e separação da membrana. Os dados obtidos confirmam que a farinha da casca de ovo possui potencial como fonte de cálcio, mas que a qualidade final depende do controle nos processos de higienização, separação e secagem.

A atividade de água (A_w) da farinha de casca de ovo apresentou média de $0,59 \pm 0,03$, valor considerado baixo para o desenvolvimento microbiano. De acordo com Karuppuachamy et al. (2024), alimentos com A_w abaixo de 0,65 inibem o crescimento de fungos e bolores, além de limitar o desenvolvimento de bactérias deteriorantes em produtos secos. Além disso, Liu et al. (2022) destacam que, em alimentos de baixa umidade, valores de A_w menores que 0,60 contribuem para prolongar a vida de prateleira e reduzir reações enzimáticas e o risco de deterioração oxidativa. Esses resultados demonstram que a farinha de casca de ovo apresenta um perfil tecnológico adequado para aplicação em alimentos funcionais.

A média de pH encontrada na farinha de casca de ovo foi de $9,89 \pm 0,27$, o que caracteriza uma farinha alcalina. Esse achado é coerente com o alto teor de compostos minerais básicos, como carbonato de cálcio, que predomina na composição da casca (Ali et al., 2020). Um alto pH pode influenciar positivamente na estabilidade microbiológica da farinha, dificultando o crescimento de microrganismos acidófilos e contribuindo para maior segurança em aplicações alimentícias (Kim et

al., 2021). Além disso, valores de pH na faixa de 9 a 10 são comuns em pós de casca submetidos a tratamentos térmicos ou secagem (Wang et al., 2023). Portanto, os valores de pH encontrados reforçam o potencial da farinha como ingrediente funcional estável, desde que seja garantido o controle de qualidade e de origem da matéria-prima.

O parâmetro de luminosidade (L^*) apresentou valores com média de $92,40 \pm 0,02$, o que indica uma coloração muito clara do produto final. O resultado encontrado é satisfatório para a aplicação em produtos alimentícios, pois a coloração pode interferir nas características do produto final, além de ser um indicador de reações não enzimáticas. O alto grau de luminosidade está de acordo com os achados de Pathare, Opara e Al-Said (2013), que destacam que valores elevados de L^* em produtos alimentícios secos estão diretamente associados a processos adequados de secagem e baixa presença de compostos que escurecem o produto.

O parâmetro a^* , que representa a variação na escala verde-vermelho, apresentou valores médios negativos ($-2,15 \pm 0,03$), o que demonstra uma pequena tonalidade esverdeada nas amostras. De acordo com Souza et al. (2022), esse perfil de cor é característico de produtos ricos em minerais, como carbonato de cálcio, e pode estar relacionado à presença residual de elementos naturais inorgânicos presentes na matriz da casca de ovo.

Já os valores do parâmetro b^* (cor azul-amarela) variaram entre 1,76 e 1,89, com média de $1,84 \pm 0,07$, o que reflete uma leve coloração amarelada nas amostras. Essa tonalidade é comum em farinhas obtidas a partir de resíduos de origem animal, quando submetidas a processos de secagem mais branda. Segundo Costa e colaboradores (2020), essa coloração amarelada pode estar associada à presença de compostos fenólicos naturais e à estrutura fibrosa da membrana interna da casca. Além disso, valores positivos de b^* com baixa intensidade indicam a preservação da cor natural do material, sem escurecimento excessivo ou degradação térmica. Essa característica visual é desejável em ingredientes que serão aplicados em formulações alimentares, e em produtos que exigem aparência clara e homogênea. Logo, os resultados obtidos para b^* reforçam que a farinha da casca de ovo apresenta coloração suave, natural e adequada para uso tecnológico em alimentos e suplementos.

A granulometria da farinha de casca de ovo foi avaliada por peneiramento, utilizando peneira com abertura de 0,5 mm, e verificou-se que toda a amostra

passou por esta malha, não havendo retenção significativa. Esse resultado indica que a farinha apresenta partículas inferiores a 0,5 mm, evidenciando um grau de moagem adequado para aplicação em alimentos funcionais e suplementos. Estudos apontam que farinhas com granulometria reduzida favorecem melhor incorporação em formulações e podem contribuir para maior biodisponibilidade de minerais em matrizes alimentícias (Muleya et al., 2024; Li et al., 2021).

2.9 Análises de micronutrientes

A farinha analisada apresentou variada composição de micronutrientes como: cálcio, fósforo, potássio, magnésio, sódio, zinco, ferro, cobre, manganês, molibdênio, conforme apresenta a tabela 2. A legislação brasileira exige que os suplementos alimentares informem a faixa de 25% a 100% da IDR (Ingestão diária recomendada), sem ultrapassar o UL (Nível máximo tolerável de ingestão), conforme IN 28/2018, Anexo IV. A tabela 2 apresenta as concentrações dos micronutrientes encontrados na farinha, os limites estabelecidos pelas agências reguladoras, além da quantidade encontrada em 20g de farinha (aproximadamente uma colher de sopa).

Tabela 2: Micronutrientes analisados.

Elementos	Concentração (mg/g)	Valor em 20g (mg)	IDR (mg/dia)	% (20g/IDR)	UL (mg/dia)	% (20g/UL)
Cálcio	470,0	9,400	1000,0	940%	2500,0	376%
Fósforo	0,641	12,82	700,0	1,8	4000,0	0,3%
Potássio	0,430	8,6	4700,0	0,2%	-	-
Sódio	0,379	7,6	1500,0	0,5%	-	-
Magnésio	0,214	4,3	400,0	1,1%	350,0	1,2%
Zinco	0,004	0,8	8,0-11,0	7,3%	40,0	2,0%
Ferro	0,00191	0,04	18,0	0,2%	45,0	0,1%
Cobre	0,0018	0,04	0,9	4,0%	10,0	0,4%

Autoria própria.

Valores de referências de IDR e UL baseados no NIH (2019).

O cálcio foi o mineral predominante na farinha de casca de ovo, com concentração de 470 mg/g, o que corresponde a 9.400 mg em 20 g da amostra. Esse valor representa 940% da IDR (1.000 mg/dia) e 376% do UL (2.500 mg/dia) (NIH, 2019), evidenciando que a farinha é uma fonte extremamente rica desse nutriente. O cálcio é fundamental para a mineralização óssea e para a integridade estrutural de ossos e dentes, além de participar da transmissão nervosa, contração muscular, coagulação sanguínea e regulação enzimática. Estudos recentes apontam que o cálcio da casca de ovo apresenta alta biodisponibilidade, comparável a sais comerciais como o carbonato e o citrato de cálcio (Kim et al., 2020; Li et al., 2021). Pesquisas ainda destacam seu potencial na prevenção da osteoporose, especialmente em idosos e mulheres pós-menopausa (Park et al., 2018; Wang et al., 2023).

O fósforo apresentou concentração de 0,641 mg/g, equivalente a 12,82 mg em 20 g da farinha, valor que representa 0,3% do UL (4.000 mg/dia). Apesar de baixo, esse mineral é essencial por atuar no metabolismo energético e na mineralização óssea, interagindo diretamente com o cálcio (Moeet et al., 2021). A literatura reforça que a biodisponibilidade do fósforo proveniente de fontes naturais é maior e menos prejudicial ao equilíbrio renal quando comparada ao fósforo adicionado em aditivos alimentares (Kidoet et al., 2018).

O potássio foi o segundo mineral em abundância, com 0,430 mg/g, o que equivale a 8,6 mg em 20 g da farinha. Esse valor representa 0,2% da IDR (4.700 mg/dia) (NIH, 2019). Apesar da baixa contribuição relativa, o potássio exerce funções importantes na regulação da pressão arterial, no equilíbrio ácido-base e na transmissão neuromuscular. Estudos indicam que dietas com maior aporte de potássio reduzem a excreção urinária de cálcio, favorecendo a saúde óssea e auxiliando na prevenção de hipertensão (Weaver et al., 2020; Kirkland et al., 2022).

O sódio apresentou concentração de 0,379 mg/g, correspondendo a 7,6 mg em 20 g, o que representa apenas 0,5% da IDR (1.500 mg/dia) (NIH, 2019). Esse valor baixo é positivo, visto que o consumo excessivo de sódio está relacionado a doenças cardiovasculares (He et al., 2020). A farinha, portanto, não representa risco quanto a esse mineral.

O magnésio foi identificado em concentração de 0,214 mg/g, equivalente a 4,3 mg em 20 g da farinha. Esse valor representa 1,1% da IDR (400 mg/dia) e 1,2% do UL (350 mg/dia) (NIH, 2019). Embora baixo, ainda pode contribuir de forma

complementar, considerando que o magnésio é cofator em mais de 300 reações enzimáticas (Rosanoff et al., 2021).

O zinco foi encontrado em concentração de 0,040 mg/g, correspondendo a 0,8 mg em 20 g, o que equivale a 7,3% da IDR (11 mg/dia) e 2% do UL (40 mg/dia) (NIH, 2019). Esse mineral tem papel fundamental na imunidade, na cicatrização e na proliferação celular, sendo sua presença relevante mesmo em pequenas quantidades (Wessells et al., 2022; Osredkar; Sustar, 2021).

O ferro apresentou concentração de 0,00191 mg/g, o que corresponde a 0,04 mg em 20 g, representando 0,2% da IDR (18 mg/dia) (NIH, 2019). Embora em quantidade reduzida, o ferro é essencial para a prevenção de anemias, problema de saúde pública global (Mc Lean et al., 2020; WHO, 2020).

Por fim, o cobre foi identificado em concentração de 0,0018 mg/g, equivalente a 0,04 mg em 20 g, representando 4% da IDR (0,9 mg/dia) (NIH, 2019). Esse mineral é importante no metabolismo do ferro, na atividade antioxidante e na síntese de neurotransmissores (Harris et al., 2022).

2.10 Análise de metais pesados

A tabela 3 apresenta os resultados da análise dos metais pesados na farinha de casca de ovo. Os valores encontrados são comparados com os limites máximos tolerados para consumo humano, conforme estabelecido pela Instrução Normativa nº 160, de 1º de julho de 2022, da ANVISA.

Tabela 3: Metais pesados analisados na farinha da casca de ovo.

Metal	Concentração (mg/kg)	Valor em 20g (mg)	Limite permitido (mg/kg)	Limite permitido (mg/20mg)	Legislação
Mercúrio	0,0000024	0,000000048	0,10	0,002	RDC nº 160/2022 (Anvisa)
Arsênio	0,00006	0,0000012	0,50	0,01	FAO/WHO (2022), Codex
Cádmio	0,00001	0,0000002	0,50	0,01	FAO/WHO (2022)

Autoria própria.

Valores de referências baseados na RDC160/2022 e FAO/WHO 2022.

A farinha de casca de ovo analisada apresentou níveis muito baixos dos três metais avaliados (mercúrio, arsênio e cádmio), estando todos abaixo dos limites máximos estabelecidos pelos órgãos reguladores.

A concentração de mercúrio encontrada foi de 0,0000024 mg/kg, o que corresponde a 0,000000048 mg em 20g da farinha analisada. Este valor está bem abaixo do limite máximo de 0,1 mg/kg estabelecido pela IN nº 160/2022 (ANVISA), representando apenas 0,048% desse limite. Isso indica que, sob as condições analisadas, o risco toxicológico relacionado à ingestão de mercúrio por meio da farinha é mínimo. Esse resultado está alinhado a um estudo de Hassan e colaboradores. (2020), que também não identificaram níveis detectáveis de mercúrio em amostras de casca de ovo processadas termicamente. A baixa concentração pode estar relacionada a origem das amostras como também ao fato de o mercúrio se acumular em tecidos moles do que em estruturas calcificadas como a casca.

A concentração de arsênio (0,00006 mg/kg) ficou abaixo do limite internacional de 0,5 mg/kg (FAO/WHO, 2022). Estudos como o de Wang e colaboradores (2019) também observaram níveis superbaixos de arsênio em ovos e subprodutos, principalmente em sistemas de criação com controle sanitário e ausência de exposição do solo contato com águas contaminadas.

Com concentração de apenas 0,00001 mg/kg, o cádmio também foi detectado em níveis muito inferiores ao permitido (0,5 mg/kg). Estudos conduzidos

por Seker e colaboradores (2018) e Almeida e colaboradores (2020) corroboram com esses achados, apontando para a ausência de cádmio em cascas de ovos de galinhas alimentadas com rações comerciais.

Esses resultados indicam que a farinha da casca de ovo, quando proveniente de fontes seguras e submetida a boas práticas de processamento, pode ser considerada segura do ponto de vista toxicológico em relação aos metais analisados.

3. CONCLUSÃO

A análise físico-química da farinha de casca de ovo apresentou características nutricionais ao seu aproveitamento como farinha alternativa. Os dados revelaram alta luminosidade, baixa umidade, pH alcalino e elevado teor de cinzas, indicando um produto seco, estável e rico em compostos minerais. A elevada concentração de cálcio, acompanhada de menores teores de fósforo, potássio, magnésio, zinco e cobre, reforça o potencial da farinha de casca de ovo como fonte complementar de micronutrientes, dentro dos limites de ingestão segura definidos pela legislação vigente (NIH, 2019).

Em relação à segurança toxicológica, a farinha analisada apresentou níveis de mercúrio, arsênio e cádmio abaixo dos limites estabelecidos pelas legislações vigentes, o que evidencia a ausência de riscos relevantes à saúde relacionados à presença de contaminantes inorgânicos. Ainda assim, vale destacar a importância da rastreabilidade da matéria-prima e da adoção de boas práticas de fabricação para garantir a padronização e a segurança do produto final.

Diante dos achados, conclui-se que a farinha de casca de ovo possui potencial como farinha alternativa e ou suplemento alimentar, desde que submetida a protocolos rigorosos de controle de qualidade e descontaminação. Seu uso pode representar uma solução inovadora, sustentável e de baixo custo para o aproveitamento de resíduos alimentares e enfrentamento da carência de cálcio e outros micronutrientes em populações vulneráveis.

4. REFERÊNCIAS

- Adoulaye, A. et al. (2021). Caracterização de farinhas de casca de ovo. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 23(2), 45–52.
- Ali, M. et al. (2020). Physicochemical stability of thermally treated eggshell powders. *Food Science Journal*, 56(1), 110–116.
- Almeida, M. P. et al. (2020). Avaliação de metais pesados em cascas de ovos de galinhas poedeiras. *Journal of Food Contaminants*, 37(3), 221–228.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. (2019). *Official Method 978.18: Water activity of canned vegetables*. Gaithersburg: AOAC.
- Cozzolino, S. M. F. (2016). *Biodisponibilidade de nutrientes* (6^a ed.). Barueri: Manole.
- Costa, L. et al. (2020). Aproveitamento da casca de ovo na alimentação humana. *Revista de Alimentos Funcionais*, 15(3), 25–33.
- EFSA – European Food Safety Authority. (2021). Scientific opinion on arsenic in food. *EFSA Journal*, 19(2), 1–72.
- Fernandes, F. et al. (2018). Estudo da composição mineral da casca de ovo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 38(4), 567–573.
- Harris, E. D. et al. (2022). Copper metabolism and human health: mechanisms and biomarkers. *Journal of Nutrition and Health*, 14(2), 85–98.
- Hassan, A. M. et al. (2020). Determination of mercury residues in eggshells and egg products from different poultry systems. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 80, 103–115.
- IAL – Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos* (4^a ed.). São Paulo: IAL.
- ISO. (1988). *ISO 2591-1: Test sieving — Methods using test sieves of woven wire cloth and perforated metal plate — Part 1: Test sieves of woven wire cloth*. Geneva: ISO.
- ISO. (2017). *ISO 18787: Foodstuffs — Determination of water activity*. Geneva: ISO.
- Karagas, M. R. et al. (2021). Mercury exposure and cognitive outcomes in adults. *Cognitive Neuroscience*, 12(3), 211–220.
- Karuppuchamy, S. et al. (2024). Moisture activity and microbial stability of low-water food matrices. *Journal of Food Science and Technology*, 61(2), 118–129.
- Kido, Y. et al. (2018). Phosphorus sources and bioavailability from natural and additive foods. *Nutrition Research*, 59, 42–51.
- Kim, J. H. et al. (2021). pH-dependent microbial stability in alkaline functional flours. *Food Control*, 125, 107945.

- Kim, M. et al. (2020). Mineral composition and availability from eggshell powder prepared with different pretreatment methods. *Poultry Science*, 99(9), 4825–4830.
- Kirkland, A. E. et al. (2022). Dietary potassium intake and its effects on bone metabolism and cardiovascular health. *Nutrients*, 14(1), 150–161.
- Li, M. et al. (2021). Utilization of chicken eggshell as calcium supplement in value-added food products. *Food Chemistry*, 367, 130664.
- Liu, Y. et al. (2022). Effect of low water activity on quality and shelf stability of dried food powders. *Journal of Food Engineering*, 321, 110954.
- McLean, E. et al. (2020). Worldwide prevalence of anemia 1995–2019: WHO global estimates. *Public Health Nutrition*, 23(5), 906–914.
- Mendes, A. et al. (2021). Teores de cinzas em farinhas de casca de ovo. *Revista de Nutrição Funcional*, 11(1), 61–68.
- Moe, S. M. et al. (2021). Phosphorus and its impact on chronic kidney disease. *Kidney International*, 99(4), 715–727.
- NIH – National Institutes of Health. (2019). *Dietary supplement fact sheets*. Bethesda, MD: NIH. Recuperado de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/>. Acesso em 28 abr. 2025.
- Oliveira, J. P. et al. (2017). Análise de umidade em farinhas funcionais. *Revista de Tecnologia Alimentar*, 20(1), 31–38.
- Osredkar, J. & Suštar, N. (2021). Zinc: essential mineral in human health. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 65, 126707.
- Park, S. Y. et al. (2018). Calcium bioavailability from eggshell powder and its effects on bone health. *Nutrients*, 10(2), 238.
- Pathare, P. B.; Opara, U. L.; Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36–60.
- Ribeiro, M. R. et al. (2022). Avaliação microbiológica de suplementos em pó obtidos a partir de subprodutos alimentares. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 81, 1–8.
- Rosanoff, A. et al. (2021). Magnesium in disease prevention and overall health. *Advances in Nutrition*, 12(3), 378–383.
- Seker, M. et al. (2018). Cadmium levels in poultry eggs and associated risk assessment for consumers. *Food Additives & Contaminants*, 35(8), 1505–1514.
- Souza, C. M. et al. (2022). Characterization of color parameters in mineral-rich functional powders. *Journal of Food Composition and Analysis*, 108, 104453.

Tchounwou, P. B. et al. (2019). Arsenic exposure and health effects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(15), 287.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. (1996). *Method 3050B: Acid digestion of sediments, sludges, and soils*. Washington, DC: USEPA. Recuperado de <https://www.epa.gov/esam/method-3050b>. Acesso em 3 jun. 2025.

Wang, Q. et al. (2019). Arsenic occurrence and transfer in eggs and poultry products. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 1985–1994.

Wang, Q. et al. (2023). Mineral content and functionality of thermally treated eggshell powders. *Food Research International*, 165, 112487.

Weaver, C. M. et al. (2020). Potassium and calcium interactions on bone health. *American Journal of Clinical Nutrition*, 112(3), 652–658.

Wessells, K. R. et al. (2022). Zinc and human health: current evidence and recommendations. *Nutrients*, 14(5), 995.

WHO – World Health Organization. (2020). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition* (2nd ed.). Geneva: WHO.

FAO/WHO – Food and Agriculture Organization & World Health Organization. (2022). *General standard for contaminants and toxins in food and feed (CODEX STAN 193-1995)*. Geneva: FAO/WHO.

CONCLUSÕES

A presente pesquisa demonstrou que a casca de ovo, tradicionalmente descartada como resíduo agroindustrial, possui potencial para ser aproveitada como ingrediente na alimentação humana. Durante o processo da elaboração da revisão bibliográfica e da execução dos dois estudos, um sobre a avaliação microbiológica e outro sobre a caracterização físico-química e mineral foi possível atestar que, quando submetida a protocolos corretos de higienização, secagem e autoclavagem, a farinha de casca de ovo alcança padrões satisfatórios de inocuidade e qualidade nutricional.

As análises microbiológicas revelaram que, embora a farinha não autoclavada (FNA) não tenha apresentado os microrganismos patogênicos exigidos por legislação vigente, foram observados sinais de contaminação microbiológica. Por outro lado, a farinha autoclavada (FA) também atendeu aos padrões sanitários estabelecidos, mas sem apresentar qualquer crescimento bacteriano, o que reforça a eficácia do tratamento térmico como etapa fundamental para garantir a inocuidade do produto.

Do ponto de vista tecnológico, a farinha autoclavada apresentou parâmetros de qualidade e físico-químicos adequados que favorecem sua estabilidade durante o armazenamento e ampliam suas possibilidades de aplicação em formulações alimentícias. A concentração de cálcio, associada à presença de outros minerais como magnésio, fósforo e zinco, reforça seu valor nutricional como fonte alternativa de suplementação mineral. Esses achados corroboram com as diretrizes internacionais de aproveitamento de resíduos dentro da perspectiva da economia circular e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Contudo, a ausência de regulamentação específica para o uso da farinha de casca de ovo na alimentação humana ainda representa um entrave à ampla adoção. Sendo assim, recomenda-se o desenvolvimento de normas técnicas que estabeleçam padrões mínimos de qualidade e segurança, bem como a realização de novos estudos clínicos e de biodisponibilidade em humanos.

Dessa forma, conclui-se que a farinha da casca de ovo processada adequadamente representa uma solução promissora para agregar valor a um resíduo amplamente disponível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afolalu, S. A.; Adegun, I. K.; Olaleye, O. A.; Akinlabi, E. T. (2022). Recycling of waste materials for sustainable development: review and research directions. *Environmental Technology & Innovation*, v. 28, p. 102944.
- Ali, A.; Rahman, M.; Hossain, T.; Karim, M. R. (2020). Characterization of thermally treated eggshell powder for use as dietary calcium supplement. *Powder Technology*, v. 366, p. 408–415.
- Baccaglini, L.; Costa, M. E.; Navarro, R. A.; Ferreira, J. P. (2021). Dietary calcium intake and bone health across lifespan: a systematic review. *Nutrients*, v. 13, n. 4, p. 1123–1139.
- Barboza, F. A.; Lima, R. A.; Moura, G. P.; Nascimento, L. M. (2020). Evaluation of the nutritional composition of chicken eggshell powder. *Journal of Food Research*, v. 9, n. 4, p. 27–35.
- Barbosa, A. M.; Ferreira, J. L.; Cardoso, R. M.; Santos, M. A. (2020). Mineral composition of chicken eggshell and membrane: nutritional potential for food use. *Food Science and Nutrition*, v. 8, n. 12, p. 6798–6807.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2005). Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2018). Resolução RDC nº 243, de 26 de julho de 2018. Dispõe sobre suplementos alimentares. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2019). Resolução RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2022). Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os critérios microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.
- Calvo, M. S.; Tucker, K. L. (2013). Is dairy essential for optimal bone health? *Nutrition Reviews*, v. 71, n. 3, p. 186–201.
- Carpio-Aguilar, J.; Torres, L. A.; Medina, R.; Domínguez, C. (2019). Circular economy and waste management in developing countries. *Waste Management & Research*, v. 37, n. 9, p. 945–953.

- Christakos, S.; Dhawan, P.; Verstuyf, A.; Verlinden, L.; Carmeliet, G. (2016). Vitamin D: metabolism, molecular mechanism of action, and pleiotropic effects. *Physiological Reviews*, v. 96, n. 1, p. 365–408.
- Cozzolino, S. M. F. (2016). Biodisponibilidade de nutrientes. 5. ed. Barueri: Manole.
- Cozzolino, S. M. F. (2022). Deficiências nutricionais e estratégias de suplementação mineral. São Paulo: Manole.
- Damrongrungruang, T. (2021). Microbial safety of thermally processed eggshell powder. *Journal of Food Safety*, v. 41, n. 1, e12868.
- Drewnowski, A. (2024). The nutritional value of eggs. *Nutrients*, v. 16, n. 1, p. 85.
- Drabik, A.; Kosińska, A.; Stempkowska, A.; Rudzinska, M. (2021). Structure and composition of chicken eggshells and membranes. *Materials Science and Engineering C*, v. 123, p. 111–125.
- EFSA – European Food Safety Authority. (2021). Scientific opinion on arsenic in food. *EFSA Journal*, v. 19, n. 2, p. 1–72.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). Global egg production statistics. Roma: FAO.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). Circular economy and sustainable food systems. Roma: FAO.
- Ferreira, H. S.; Andrade, S. C.; Santos, A. M.; Oliveira, C. F.; Pereira, R. S. (2015). Avaliação do uso de suplemento nutricional artesanal: estudo de caso da Pastoral da Criança. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 31, n. 2, p. 357–368.
- Ferreira, V. A.; Ramos, J. P.; Silva, D. C.; Oliveira, M. E. (2023). Food waste valorization: potential of agro-industrial by-products. *Sustainability*, v. 15, n. 3, p. 2341.
- Filippini, T.; Michalke, B.; Wise, L. A.; Vinceti, M. (2020). Selenium and human health: state of the evidence. *Nutrients*, v. 12, n. 9, p. 2500.
- Halgrain, M.; Desbois, N.; Montagne, D.; Rivière, E. (2021). Morphological and structural characterization of chicken eggshell layers. *Poultry Science*, v. 100, n. 5, p. 101002.
- Harris, E. D.; Nelson, P.; Turner, C.; Ward, J. (2022). Copper and human health: essentiality and toxicity. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 70, p. 126922.
- Holick, M. F. (2020). The role of vitamin D in calcium and bone homeostasis. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, v. 49, n. 2, p. 229–248.

- Institute of Medicine (IOM). (2022). Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Washington, DC: National Academies Press.
- Kim, T. H.; Park, S. Y.; Lee, J. M.; Choi, H. K. (2020). Eggshell powder as a potential calcium source for food fortification. *Food Science and Biotechnology*, v. 29, n. 5, p. 589–595.
- Kumar, R.; Mehta, D.; Singh, P.; Sharma, S. (2022). Chicken eggshell: from waste to valuable resource. *Waste Management*, v. 123, p. 1–12.
- Leite, L. C.; Borges, L. P.; Vieira, R. D.; Silva, G. F. (2021). Intestinal calcium absorption: molecular mechanisms and clinical implications. *Nutrition Reviews*, v. 79, n. 9, p. 1048–1060.
- Li, Y.; Zhang, W.; Liu, X.; Huang, Q. (2021). Mineral composition and potential of eggshell powder. *Food Chemistry*, v. 312, p. 126–133.
- Lorieau, L.; Tremblay, A.; Drouin, P.; Desjardins, Y. (2020). Dietary calcium supplementation and bone health: systematic review. *Osteoporosis International*, v. 31, n. 9, p. 1769–1781.
- Mangels, A. R. (2014). Bone nutrients for vegetarians. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 100, suplemento 1, p. 469S–475S.
- Martini, L. A.; Wood, R. J. (2022). Vitamin D and bone health: a review. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, v. 25, n. 2, p. 126–133.
- Mente, A.; O'Donnell, M.; Yusuf, S.; Rangarajan, S. (2020). Sodium intake and health outcomes: global perspectives. *BMJ*, v. 369, p. m2430.
- Nieves, J. W.; Almeida, F. L.; Costa, R. C.; Fonseca, J. P. (2020). Calcium supplementation: benefits and risks. *Current Osteoporosis Reports*, v. 18, n. 5, p. 478–485.
- Oliveira, J. P.; Castro, A. C.; Mendes, T. S.; Nascimento, R. L. (2019). Organic waste management and valorization. *Waste Management*, v. 89, p. 1–10.
- Oliveira, J. P.; Ferreira, L. M.; Gomes, R. P.; Mendes, T. S. (2021). Mineral analysis of chicken eggshell and its application in food fortification. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 97, p. 103742.
- Osredkar, J.; Sustar, N. (2021). Zinc: essential mineral in human health. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 65, p. 126707.
- Owens, R. E.; Bilezikian, J. P. (2018). Calcium supplementation in adults: clinical considerations. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, v. 6, n. 6, p. 469–482.
- Pathare, P. B.; Opara, U. L.; Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and

analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, v. 6, p. 36–60.

Pereira, A. P.; Ramos, J. F.; Souza, G. C.; Andrade, M. N. (2018). Calcium phosphate as a food fortificant: technological and nutritional aspects. *Food Research International*, v. 109, p. 234–241.

Ribeiro, A. P.; Nascimento, A. R.; Melo, F. P.; Andrade, R. S. (2022). Segurança microbiológica em produtos à base de casca de ovo: uma revisão. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 25, e2022134.

Rosário, L. C. (2020). Absorção e metabolismo do cálcio: revisão narrativa. *Revista Brasileira de Nutrição Clínica*, v. 35, n. 2, p. 124–132.

Rossi, R. M.; Silva, G. L.; Torres, P. A.; Ferreira, M. R. (2021). Structural properties of chicken eggshell: implications for calcium supplementation. *Poultry Science*, v. 100, n. 8, p. 101236.

Ruxton, C.; Derbyshire, E.; Gibson, S. (2020). The nutritional properties and health benefits of eggs. *Nutrition and Food Science*, v. 50, n. 3, p. 185–192.

Salama, R.; El-Gohary, M.; Ibrahim, H.; Mahmoud, K. A. (2025). Bioavailability of calcium from eggshell powder fortified crackers. *Food Research International*, v. 178, p. 113204.

Santos, A. F.; Rodrigues, F. A.; Mendes, V. C.; Almeida, P. E. (2018). Vitamin D and calcium homeostasis: physiology and pathophysiology. *Endocrine Connections*, v. 7, n. 4, p. R133–R145.

Scallan, E.; Hoekstra, R. M.; Angulo, F. J.; Tauxe, R. V. (2011). Foodborne illness acquired in the United States — major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, v. 17, n. 1, p. 7–15.

Shahnaila, T.; Begum, S.; Nasir, A.; Javed, S. A. (2022). Calcium bioavailability from eggshell-enriched biscuits. *Food Chemistry*, v. 372, p. 131250.

Silva, M. J.; Costa, P. R.; Ramos, D. M.; Oliveira, C. R. (2023). Plant-based sources of calcium and bioavailability: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 78, n. 1, p. 34–45.

Soares, A.; Ximenes, R. (2023). Panorama da produção de ovos no Brasil e no mundo. *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 21, n. 1, p. 45–61.

Straub, D. A.; Nelson, R.; Kearns, P.; Brown, J. E. (2019). Comparative absorption of calcium salts: review of evidence. *Clinical Nutrition*, v. 38, n. 2, p. 601–607.

Vandeginste, B.; Lambert, J.; Peters, S. M.; Jansen, H. (2021). Circular economy and

waste valorization of calcium carbonate resources. *Sustainable Materials and Technologies*, v. 29, e00308.

Wachira, J.; Oduor, F.; Muli, J.; Njoroge, E. M. (2018). Calcium bioavailability from eggshell powder in fortified foods. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 69, n. 7, p. 809–816.

Wang, Q.; Liu, H.; Zhang, J.; Yu, F. (2023). Mineral content and functionality of thermally treated eggshell powders. *Food Research International*, v. 165, p. 112487.

Weaver, C. M.; Peacock, M.; Johnston, C. C.; Abrams, S. A. (2016). Calcium in human health: clinical significance and dietary sources. *Advances in Nutrition*, v. 7, n. 2, p. 275–283.

Weaver, C. M.; Heaney, R. P.; McCabe, L. D.; Anderson, J. J. B. (2020). Potassium and calcium interactions on bone health. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 112, n. 3, p. 652–658.

WHO – World Health Organization. (2020). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*. 2. ed. Geneva: WHO.

WHO – World Health Organization. (2023). *Sustainable food systems and circular economy for health*. Geneva: WHO.

Ye, C.; Zhang, F.; Xu, L.; Chen, Y. Q. (2020). Utilization of eggshell waste for sustainable nutrition. *Journal of Cleaner Production*, v. 276, p. 123–131.

Zhang, Y.; Zhou, H.; Lin, J.; Guo, R. (2022). Calcium and magnesium metabolism in human health. *Nutrients*, v. 14, n. 4, p. 891.

Zhao, Y.; Li, X.; Wang, T.; Sun, L. (2020). Phosphorus metabolism and bone health. *Frontiers in Nutrition*, v. 7, p. 223.