



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos

**TECNOLOGIA DE EXTRUSÃO NO DESENVOLVIMENTO
DE PRODUTOS *CLEAN LABEL* VEGANOS COM
INCORPORAÇÃO DE BIOATIVOS**

BRUNA MAYARA ROLDÃO FERREIRA

Maringá
2025

BRUNA MAYARA ROLDÃO FERREIRA

**“TECNOLOGIA DE EXTRUSÃO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS
CLEAN LABEL VEGANOS COM INCORPORAÇÃO DE BIOATIVOS”**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, para obtenção do grau de Doutor em Ciência de Alimentos.



Profa. Dra. Grasielle Scaramal Madrona



**Profa. Dra. Mônica Régina da Silva
Scapim**



Profa. Dra. Rúbia Carvalho Gomes Correa



Prof. Dr. Carlos Eduardo Barão



**Prof. Dr. Antonio Roberto Giriboni Monteiro
Orientador**

Maringá – 2025

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

F383t

Ferreira, Bruna Mayara Roldão

Tecnologia de extrusão no desenvolvimento de produtos clean label veganos com incorporação de bioativos / Bruna Mayara Roldão Ferreira. -- Maringá, PR, 2025.
68 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Roberto Giriboni Monteiro.

Coorientadora: Profa. Dra. Lillian Bouçada de Barros .

Coorientadora: Profa. Dra. Cristina Sofia Gomes Caleja.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Agrônômicas, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2025.

1. Desenvolvimento de novos produtos. 2. Produtos de alimentação instantânea. 3. Farinha pré gelatinizada. 4. Farinha extrusada. 5. Compostos bioativos. I. Monteiro, Antonio Roberto Giriboni, orient. II. Barros , Lillian Bouçada de , coorient. III. Caleja, Cristina Sofia Gomes, coorient. IV. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Ciências Agrônômicas. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. V. Título.

CDD 23.ed. 664.02

Orientador

Professor Dr. Antonio Roberto Giriboni Monteiro

Co-orientadoras

Professora Dra. Lillian Bouçada de Barros

Professora Dra. Cristina Sofia Gomes Caleja

BIOGRAFIA

Bruna Mayara Roldão Ferreira nasceu em 01 de outubro de 1986 na cidade de Maringá-PR. Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá, é Mestre em Engenharia de Alimentos pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná, especialista em Gestão de Pessoas e Desenvolvimento de Equipes pela Faculdade Dr. Leocádio José Correia e em Vigilância Sanitária e Controle de Qualidade aplicados à produção de alimentos pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Possui ampla experiência nas áreas de ensino, pesquisa e extensão atuando como docente de graduação e pós-graduação, coordenadora de projetos e coordenadora de área. Atuou como pesquisadora intercambista (*exchange researcher*) no CIMO - Centro de Investigação de Montanha (*Mountain Research Center*) do IPB - Instituto Politécnico de Bragança (*Polytechnic Institute of Bragança*) em Bragança - Portugal.

Sua principal linha de pesquisa baseia-se nos seguintes temas: cereais e amidos, processo de extrusão, farinhas pré-gelatinizadas de grãos, compostos bioativos, desenvolvimento de novos produtos, reaproveitamento de resíduos e tecnologias limpas.

Dedico esta tese aos meus pais, pelo incentivo, paciência, amor e apoio incondicional. À minha família e amigos, que sempre acreditaram em mim, mesmo nos momentos mais desafiadores. A todos os laços que Portugal me proporcionou neste período e àqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, minha sincera gratidão.

AGRADECIMENTOS

GOSTARIA DE ELEVAR MEUS AGRADECIMENTOS À DEUS, SEM O QUAL NADA SERIA POSSÍVEL. AGRADEÇO À MINHA FAMÍLIA, ALICERCE FUNDAMENTAL PARA TODOS OS PASSOS DESTA CAMINHADA, EM ESPECIAL AOS MEUS PAIS, VANDERLEI FERREIRA E IVONE ROLDÃO FERREIRA, E À MINHA IRMÃ, MARIANA ROLDÃO FERREIRA.

EXPRESSAR MINHA PROFUNDA GRATIDÃO AO MEU ORIENTADOR, PROFESSOR DR. ANTONIO ROBERTO GIRIBONI MONTEIRO, PELO APOIO, ORIENTAÇÃO E INSPIRAÇÃO AO LONGO DE TODA A MINHA JORNADA ACADÊMICA DESDE A GRADUAÇÃO. ÀS MINHAS CO-ORIENTADORAS DE PORTUGAL, PROFESSORAS DRA. LILLIAN BOUÇADA DE BARROS E DRA. CRISTINA SOFIA GOMES CALEJA, POR TODO O SUPORTE E APRENDIZAGEM PROPORCIONADOS NO PERÍODO EM QUE ESTIVE EM BRAGANÇA.

AOS MEUS AMIGOS E COLEGAS DE TRABALHO, PELA PARCERIA E INCENTIVO CONSTANTES, VOCÊS AJUDARAM TUDO A FICAR MAIS LEVE. E, FINALMENTE, A TODOS QUE, DIRETA OU INDIRETAMENTE, CONTRIBUÍRAM PARA A REALIZAÇÃO DESTES SONHO QUE SE INICIOU ATRAVÉS DE UM PROJETO E HOJE SE CONCRETIZA COM ESTA TESE.

APRESENTAÇÃO

Esta tese de doutorado está apresentada na forma de TRÊS artigos científicos. UM deles aceito, UM deles já publicado e UM artigo finalizado para publicação (referente ao doutorado-sanduíche CIMO/IPB Bragança-Portugal).

1. FARINHA PRÉ-GELATINIZADA DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*) E AVEIA (*Avena sativa* L.) PARA PRODUTOS ALIMENTÍCIOS INSTANTÂNEOS

Bruna Mayara Roldão Ferreira, Isadora Maria Melo Torres, Gabriel Sarache, Jean Lopes Silva, Claudia Cirineo Ferreira Monteiro, Benício Alves Abreu Filho, Carlos Eduardo Barão, Tatiana Colombo Pimentel, Ivo Mottin Demiate, Antonio Roberto Giriboni Monteiro.

Aceito para publicação: (in press: <https://cjfs.agriculturejournals.cz/in-press.php>) Czech Journal of Food Sciences, 2025 (vol. 43), issue 4.

2. DESENVOLVIMENTO DE MISTURAS EM PÓ, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ACEITAÇÃO DOS CONSUMIDORES DE HAMBÚRGUERES VEGANOS COM ALTO TEOR DE PROTEÍNA À BASE DE FARINHAS PRÉ-GELATINIZADAS DE GRÃOS SEM GLÚTEN

Bruna Mayara Roldão Ferreira, Isadora Maria Melo Torres, Antonio Roberto Giriboni Monteiro.

Revista: Journal of Food Science and Technology
DOI: <https://doi.org/10.5327/fst.00306>

3. DESENVOLVIMENTO DE HOMUS A PARTIR DE FARINHA PRÉ-GELATINIZADA DE GRÃO-DE-BICO ENRIQUECIDA COM COMPOSTOS BIOATIVOS

Bruna Mayara Roldão Ferreira^{1,2}, Eliana Pereira¹, Tânia Pires¹, Tiane Finimundy¹, Filipa Fernandes¹, Antonio Monteiro², Cristina Caleja^{1}, Lillian Barros¹*

¹CIMO, LA SusTEC, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

²Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, 87020-900 Maringá - PR, Brasil

*Autora correspondente

(e-mail: ccaleja@ipb.pt; telephone +351-273-303219; fax +351-273-325405).

GENERAL ABSTRACT

INTRODUCTION

In 2023, India, Australia and Turkey were the main competing producers of chickpea (*Cicer arietinum* L.), jointly accounting for about 14 million tons of global production. Its growing interest is attributed to its beneficial health effects due to the presence of compounds such as polyphenols, carotenoids, tannins, sterols, and peptides. Additionally, it is a rich source of vitamins and minerals, such as calcium, magnesium, iron, and zinc. This scenario has sparked interest in utilizing chickpea by-products for the production of value-added food products. Considered a healthy and sustainable food, chickpea can be processed for various food applications. Research shows that chickpea flour has the potential to form viscosity when heated. Furthermore, oats (*Avena sativa*) also provide a nutritious raw material with a mild flavor, serving as an alternative to animal-derived foods. Plant-based proteins, such as those from chickpea and oats, are well accepted by consumers, in contrast to alternatives like soy, pea, and carob, which may have undesirable flavors. Extrusion, an important manufacturing process, was chosen for the development of pre-gelatinized chickpea and oat flours, applicable in instant food products. This process involves mixing, cooking, kneading, shearing, and shaping, modifying the material through starch gelatinization, protein degradation, and the formation of complexes with lipids, which alters the microstructure, chemical characteristics, and shape of the products. Changes in lifestyle, increased income, and the growing participation of women in the workforce in recent years have transformed global food consumption. Convenience in food preparation and consumption is a crucial factor for modern consumers, driving the market for instant and ready-to-eat foods.

OBJECTIVES

Thus, this study aimed to develop and compare pre-gelatinized flours through the extrusion process with their respective raw versions, using different proportions of chickpea (*Cicer arietinum*) and oat (*Avena sativa* L.). Their physicochemical characteristics, functional properties through Rapid Visco Analysis (RVA), potential nutritional losses resulting from the process, and applications in the instant food preparation industry were evaluated through the development of a powdered soup to assess texture and consumer preference. As a way to explore different applications of pre-gelatinized flours and encourage the development of new instant products with higher nutritional value, work was also done on developing a mix for preparing vegan burgers. Additionally, in collaboration with CIMO (Mountain Research Center)/IPB (Polytechnic Institute of Bragança) Bragança, Portugal, two formulations of a chickpea paste (hummus) mix were developed, incorporating mixtures of Portuguese herbs, which demonstrated bioactive potential for enriching the product.

MATERIALS AND METHODS

For the preparation of samples for testing and analysis, all grains were ground using a knife mill (ACB Labor) and combined according to the following proportions for raw flours (without extrusion): R1 - 100% chickpea and 0% oat; R2 - 90% chickpea and 10% oat; and R3 - 80% chickpea and 20% oat. For the extruded flours: E1 - 100% chickpea and 0% oat; E2 - 90% chickpea and 10% oat; and E3 - 80% chickpea and 20% oat. Subsequently, these mixtures were moistened with the addition of 4% water (w/w), and the extrusion cooking process was carried out without a die, using a single-screw extruder (diameter of 50 mm and length of 200 mm/Inbramaq, IB-50), with a feeding temperature of 25°C and an operating temperature of 130°C. Two batches were prepared for each grain mixture, and the extruded product obtained was ground again to produce the flour used throughout the study. Various methodologies were used to perform the following physicochemical analyses of the flours, hydration

properties, and color parameters: moisture, ash, crude protein, crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, water activity, acidity, apparent density, water absorption index, water solubility index, L^* , a^* , b^* , and ΔE . The gelatinization properties of the samples were determined using a Rapid Visco Analyzer RVA-4 (Newport Sci., Australia). A trinocular inverted optical microscope (Biofocus®) was used to observe and photograph the microstructures at 20x magnification. For the acceptance characteristics evaluation, a paired comparison discriminative test was conducted, focusing on the texture attributes of each sample through the preparation of an instant soup. For acceptability and purchase intent, the experimental design consisted of completely randomized blocks (the formulations were the treatments and the judges formed the blocks). Data were subjected to ANOVA and Tukey's mean comparison test ($p=5\%$). Statistical analyses were performed using the SAS software system (SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA, 2010).

RESULTS AND CONCLUSIONS

The results obtained in this phase of the study indicated the effects of temperature and pressure on the extruded samples. The incorporation of oats influenced parameters such as crude protein and fiber content, highlighting its potential to enrich chickpea flour. The Water Absorption Index (WAI) analysis revealed significant differences in the extruded flours, ranging from 2,77 to 3,44, suggesting greater starch dispersion due to gelatinization. According to the Rapid Visco Analysis (RVA), the addition of oats increased the final viscosity in both cases, along with peak viscosity and gelatinization temperature. Sensory analysis showed a preference for the extruded samples in all formulations (over 40% of the scores), indicating their acceptance for incorporation into instant food products. For the development of the vegan burger powder mix as a practical and nutritious plant-based protein option for this audience, three different formulations were created (MIX 1, MIX 2, and MIX 3). The physicochemical analyses and consumer acceptability revealed that samples 1 and 2 had high levels of crude protein (17,99 and 18,09), surpassing other studies in the field. Furthermore, hardness tests showed a variation between 6,66 and 8,41, with no significant differences between them, indicating that the rigidity of the grains did not influence this parameter after extrusion and grinding. Sensory analysis, although showing no significant variations in color, taste, and texture attributes, indicated that sample 3 was the most accepted by consumers (49%), probably due to the inclusion of sorghum (*Sorghum bicolor*) and pea (*Pisum sativum*) in these formulations, contributing to higher acceptance. For the development of the hummus formulations, the pre-gelatinized chickpea flour sample (100%) was used. The dry samples of the herb mixtures and seasonings (salt, garlic powder, sesame paste, olive oil, and citric acid) were sourced from suppliers in Northern Portugal. To define the best herb mixture, infusions in distilled water were carried out, followed by freezing (-20°C) and lyophilization for the analysis of the dry extracts. Initially, six herb mixtures with different compositions were evaluated by performing antioxidant activity (TBARS), phenolic compound composition, antimicrobial activities (food contaminants, clinical bacteria, minimum inhibitory concentration (MIC), and minimum bactericidal concentration (MBC)), and antifungal activity. Mixtures 1 and 5, whose main herbs were *Mentha piperita* (40%) and *Rosmarinus officinalis* (25%) + *Laurus nobilis* (25%), respectively, were chosen for the continuation of the chickpea paste formulations. These two formulations were compared with each other and with a standard formulation without the addition of extracts. In these two samples, cis-Rosmarinic acid (peak 54) was the most significant phenolic acid, with $4,985\pm0,11$ and $4,692\pm0,017$ mg/g of extract. In the TBARS assay, both mixtures also showed the lowest EC50 values ($5,1\pm0,2$ and $4,3\pm0,4$ $\mu\text{g mL}^{-1}$,

respectively), demonstrating the highest antioxidant activities among the mixtures analyzed. In tests for foodborne bacteria, these same samples showed the lowest MIC values, especially for *Yersinia enterocolitica* (with MIC = 2,5 and 1,25 mg/mL, respectively) when analyzing Gram-negative bacteria. For Gram-positive bacteria, both samples also exhibited the lowest values, with emphasis on *Staphylococcus aureus* (with MIC = 2,5 and 1,25 mg/mL, respectively). In clinical bacterial tests, similar behaviors were observed as in the foodborne bacterial assays for samples 1 and 5, showing the lowest MIC values compared to other herb mixtures. Regarding antifungal activity, similar behavior was observed for all samples, with MIC = 10 and MFC >10, with values significantly higher than those obtained for Ketoconazole in some fungi. The hummus formulations were named F1 (standard/without extract), F2 (with extract from Mixture 1), and F3 (with extract from Mixture 5). The nutritional value of each formulation was calculated, and analyses of color, texture (firmness and consistency), water activity, fatty acids, and microbial load were performed. In the TBARS assay, formulations F2 and F3 showed the lowest EC50 values ($36,50 \pm 1,19$ and $141,69 \pm 22,75 \mu\text{g mL}^{-1}$, respectively), demonstrating the highest antioxidant activities, with special emphasis on Formulation 2. Despite physical analyses showing differences in values between the samples, none of them showed coliform values, and for both aerobic and anaerobic mesophiles, formulation 2 presented the lowest values, making it the most suitable for consumption. Therefore, both for commercial purposes and for the continuation of the study and formulation improvement, this sample proved to be the most appropriate.

Keywords: Grain extrusion; Viscoelastic properties; Instant food products; Incorporation of bioactive compounds; Development of new products.

RESUMO GERAL

INTRODUÇÃO

Em 2023, a Índia, Austrália e Turquia foram os principais produtores mundiais de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), respondendo conjuntamente por cerca de 14 milhões de toneladas da produção global. Seu crescente interesse deve-se à sua atividade benéfica para a saúde, devido à presença de compostos como polifenóis, carotenoides, taninos, esteróis e peptídeos. Além disso, é uma rica fonte de vitaminas e minerais, como cálcio, magnésio, ferro e zinco. Esse panorama tem gerado um interesse no uso de subprodutos do grão-de-bico para a produção de alimentos com valor agregado. Considerado um alimento saudável e sustentável, o grão-de-bico pode ser processado em diversas aplicações alimentícias. Pesquisas demonstram que as farinhas de grão-de-bico apresentam potencial de formação de viscosidade quando aquecidas. Além disso, a aveia (*Avena sativa*) também oferece uma matéria-prima nutritiva e com sabor suave, sendo uma alternativa aos alimentos de origem animal. As proteínas vegetais, como as do grão-de-bico e aveia, são bem aceitas pelos consumidores, ao contrário de alternativas como soja, ervilha e alfarroba, que podem ter sabores indesejáveis. A extrusão, um processo de fabricação importante, foi escolhida para o desenvolvimento de farinhas pré-gelatinizadas de grão-de-bico e aveia, aplicáveis em produtos alimentícios instantâneos. Esse processo envolve mistura, cocção, amassamento, cisalhamento e modelagem, modificando o material por meio da gelatinização do amido, degradação das proteínas e formação de complexos entre lipídeos, o que altera a microestrutura, as características químicas e a forma dos produtos. Mudanças no estilo de vida, aumento da renda e da participação feminina no mercado de trabalho nos últimos anos têm transformado o consumo alimentar globalmente. A conveniência no preparo e consumo de alimentos é um fator crucial para os consumidores modernos, impulsionando o mercado de alimentos instantâneos e prontos para consumo.

OBJETIVOS

Desta forma, este trabalho teve como objetivo desenvolver e comparar farinhas pré-gelatinizadas por meio do processo de extrusão com suas respectivas versões cruas utilizando diferentes proporções de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e aveia (*Avena sativa* L.). Foram avaliadas suas características físico-químicas, propriedades tecnológicas por meio da Análise Visco Rápida (RVA), possíveis perdas nutricionais decorrentes do processo e aplicações na indústria de preparação de alimentos instantâneos por meio do desenvolvimento de uma sopa em pó para verificação de textura e preferência dos consumidores. Como forma de explorar diferentes aplicações das farinhas pré-gelatinizadas e incentivar o desenvolvimento de novos produtos instantâneos com maior valor nutricional, trabalhou-se também no desenvolvimento de um mix para preparo de hambúrguer vegano e, em parceria com o CIMO (Centro de Investigação da Montanha)/IPB (Instituto Politécnico de Bragança) Bragança - Portugal, desenvolveram-se duas formulações de mix para preparo de pasta de grão-de-bico (hummus) com misturas de ervas portuguesas que apresentaram potencial bioativo para o enriquecimento do produto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a obtenção das amostras para os testes e análises, todos os grãos foram moídos utilizando um moinho de facas (ACB Labor), e combinados de acordo com as seguintes proporções para as farinhas cruas (sem extrusão): R1 - 100% grão-de-bico e 0% aveia; R2 - 90% grão-de-bico e 10% aveia e R3 - 80% grão-de-bico e 20% aveia, E para as farinhas extrusadas: E1 - 100% grão-de-bico e 0% aveia; E2 - 90% grão-de-bico e 10% aveia e E3 - 80% grão-de-bico e 20% aveia. Posteriormente, estas

misturas foram umedecidas com a adição de 4% de água (m/m), e o processo de cocção por extrusão foi realizado sem uma matriz, utilizando uma extrusora de rosca simples (diâmetro de 50 mm e comprimento de 200 mm/Inbramaq, IB-50), com temperatura de alimentação de 25°C e temperatura de operação de 130°C. Dois lotes foram preparados para cada mistura de grãos e o produto extrusado obtido foi moído novamente para produzir a farinha em pó, utilizada em todo o estudo. Por diferentes metodologias foram realizadas as seguintes análises físico-químicas das farinhas, propriedades de hidratação e parâmetros de cor: umidade, cinzas, proteína bruta, fibra bruta, fibra por detergente neutro, fibra por detergente ácido, atividade de água, acidez, densidade aparente, índice de absorção de água, índice de solubilidade de água, L^* , a^* , b^* e ΔE . As propriedades de gelatinização das amostras foram determinadas através de um equipamento de análise de viscosidade rápida RVA-4 (Newport Sci., Austrália). Um microscópio óptico trinocular invertido (Biofocus®) foi utilizado para observar e fotografar as microestruturas com ampliação de 20 vezes. E, para avaliação das características de aceitação, foi feito um teste discriminativo de comparação pareada, com foco nos atributos de textura de cada uma das amostras através do preparo de uma sopa instantânea. Para aceitabilidade e intenção de compra, o desenho experimental consistiu em blocos completos randomizados (as formulações foram os tratamentos e os juízes formaram os blocos). Os dados foram submetidos à ANOVA e ao teste de comparação de médias de Tukey ($p=5\%$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o sistema computacional SAS Inst., Inc., Cary, NC, EUA (2010).

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta fase do trabalho, indicaram os efeitos da temperatura e da pressão nas amostras extrusadas. A incorporação da aveia influenciou parâmetros como o teor de proteína e fibra brutas, destacando o seu potencial para enriquecer a farinha de grão-de-bico. A análise do Índice de Absorção de Água (IAA) revelou diferenças significativas nas farinhas extrusadas, variando de 2,77 a 3,44, sugerindo maior dispersão de amido devido à gelatinização. De acordo com a Análise Visco Rápida (RVA), a adição de aveia aumenta a viscosidade final em ambos os casos, juntamente com a viscosidade de pico e a temperatura de gelatinização. A análise sensorial demonstrou uma preferência pelas amostras extrusadas em todas as formulações (mais de 40% das pontuações), indicando sua aceitação para a incorporação em produtos alimentícios instantâneos. Para o desenvolvimento do mix em pó de hambúrguer vegano como forma de oferecer para este público uma opção prática e nutritiva de proteína à base de plantas, três diferentes formulações foram criadas (MIX 1, MIX 2 e MIX 3). As análises físico-químicas e a aceitação pelos consumidores revelaram que as amostras 1 e 2 apresentaram níveis elevados de proteína bruta (17,99 e 18,09), superando outros estudos da área Além disso, os testes de dureza mostraram uma variação entre 6,66 e 8,41, sem diferenças significativas entre eles, indicando que a rigidez dos grãos não influenciou nesse parâmetro pós extrusão e moagem. A análise sensorial, apesar de não ter mostrado grandes variações nos atributos de cor, sabor, gosto e textura, indicou que a amostra 3 foi a mais aceita pelos consumidores (49%), provavelmente devido à inclusão de sorgo (*Sorghum bicolor*) e ervilha (*Pisum sativum*) nestas formulações, contribuindo para uma maior aceitação. Para o desenvolvimento das formulações de homus foi utilizada a amostra de farinha pré-gelatinizada de grão de bico (*Cicer arietinum*) 100%. As amostras secas das misturas de ervas e os temperos (sal, alho em pó, pasta de gergelim, azeite e ácido cítrico) foram obtidos de fornecedores do Norte de Portugal. Para a definição da melhor mistura de ervas foram realizadas infusões em água destilada, seguidas de congelamento (-20°C) e liofilização para a análise dos extratos secos. Inicialmente foram avaliadas seis misturas de ervas com diferentes

composições através da realização de atividade antioxidante (TBARS), composição de compostos fenólicos, atividades antimicrobianas ((contaminantes alimentares, bactérias clínicas, determinação da concentração mínima inibitória (CMI) e da concentração mínima bactericida (CMB)) e atividade antifúngica. As misturas 1 e 5, cujas ervas em maior concentração foram a *Mentha piperita* (40%) e o *Rosmarinus officinalis* (25%) + *Laurus nobilis* (25%) respectivamente, foram as escolhidas para a continuidade do desenvolvimento das formulações da pasta de grão de bico. Sempre comparando estas duas formulações entre si e com uma formulação padrão sem a adição dos extratos. Nestas duas amostras, o *Rosmarinic acid* cis (pico 54) foi o ácido fenólico mais significativo com $4,985 \pm 0,11$ e $4,692 \pm 0,017$ mg/g de extrato. No ensaio de TBARS, ambas as misturas também apresentaram os menores valores de EC50 ($5,1 \pm 0,2$ e $4,3 \pm 0,4$ $\mu\text{g mL}^{-1}$ respectivamente), demonstrando assim as maiores atividades antioxidantes entre as misturas analisadas. Nos testes para bactérias alimentares, estas mesmas amostras apresentaram os menores valores de MIC, em especial para *Yersinia enterocolitica* (com MIC = 2,5 e 1,25 mg/ml respectivamente) quando analisadas as bactérias Gram-negativas. Para as bactérias Gram-positivas, novamente as duas amostras apresentaram os menores valores, com ênfase para a bactéria *Staphylococcus aureus* (com MIC = 2,5 e 1,25 mg/ml respectivamente). Nos ensaios para bactérias clínicas, foram observados comportamentos similares aos ensaios realizados com as bactérias alimentares para as amostras 1 e 5, apresentando também os menores valores de MIC quando comparadas às outras amostras de misturas de ervas. Em relação à atividade antifúngica, observou-se o mesmo comportamento para todas as amostras, com MIC = 10 e MFC >10 com valores bem mais altos aos obtidos para o Ketoconazole em alguns fungos. Chamamos as formulações de homus de F1 (padrão/ sem extrato), F2 (com extrato da Mistura 1) e F3 (com extrato da Mistura 5), calculando o valor nutricional de cada uma delas, realizando análises de cor, textura (firmeza e consistência), atividade de água, ácidos graxos e avaliação de carga microbiana. No ensaio de TBARS, as formulações F2 e F3 apresentaram os menores valores de EC50 ($36,50 \pm 1,19$ e $141,69 \pm 22,75$ $\mu\text{g mL}^{-1}$ respectivamente), demonstrando assim as maiores atividades antioxidantes, com especial destaque para a Formulação 2. E, apesar das análises físicas apresentarem diferenças de valores entre as amostras, observou-se que nenhuma delas apresentou valores para coliformes e que, tanto para mesófilos aeróbicos quanto anaeróbios, a formulação 2 apresentou os menores valores sendo a mais apropriada para consumo. Assim, tanto para fins comerciais quanto para a continuidade do estudo e aprimoramento da formulação, esta amostra se mostrou a mais adequada.

Palavras-chave: Extrusão de grãos; Propriedades viscoelásticas; Produtos alimentícios instantâneos; Incorporação de compostos bioativos; Desenvolvimento de novos produtos.

Artigo 1

FARINHA PRÉ-GELATINIZADA DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*) E AVEIA (*Avena sativa* L.) PARA PRODUTOS ALIMENTÍCIOS INSTANTÂNEOS

215/2024-CJFS Czech Journal of Food Sciences

Bruna Mayara Roldão Ferreira, Isadora Maria Melo Torres, Gabriel Sarache, Jean Lopes Silva, Claudia Cirineo Ferreira Monteiro, Benício Alves Abreu Filho, Carlos Eduardo Barão, Tatiana Colombo Pimentel, Ivo Mottin Demiate, Antonio Roberto Giriboni Monteiro

Resumo

O grão-de-bico e a aveia são ricos em nutrientes essenciais e compostos bioativos, como os fenólicos e os flavonoides. A tecnologia de extrusão melhora a digestibilidade dos alimentos, o valor nutricional e a vida de prateleira, atendendo, assim, às exigências dos consumidores. Os produtos alimentícios instantâneos estão vivenciando crescimento de mercado devido aos avanços nas tecnologias de processamento voltadas a ingredientes mais saudáveis. Este estudo tem como objetivo avaliar farinhas pré-gelatinizadas produzidas por extrusão utilizando diferentes proporções de grão-de-bico e aveia (100/0, 90/10 e 80/20%) e compará-las com suas respectivas versões cruas. As propriedades físico-químicas, características tecnológicas (Análise de Viscosidade Rápida – RVA e Índice de Absorção de Água – IAA), aplicações na indústria de alimentos instantâneos e o seu potencial de aceitação foram avaliados. As farinhas extrusadas apresentaram menor teor de umidade e atividade de água, e sua aplicação em sopas instantâneas, principalmente na proporção de 10%, aumentou a aceitação pelos consumidores. A incorporação de aveia nas farinhas resultou em maior atividade de água, IAA, viscosidade final, viscosidade de pico e temperatura de gelatinização. Nossos resultados demonstram que farinhas com propriedades físico-químicas e tecnológicas adequadas podem ser obtidas por meio do uso de grão-de-bico, aveia e extrusão. Sua incorporação em sopas instantâneas resultou em produtos com aceitação satisfatória por parte dos consumidores.

Palavras-chave: *Alimento saudável; Reologia; Amido modificado; Ingredientes naturais.*

INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum*) é uma das leguminosas mais produzidas no mundo; essa leguminosa tem despertado interesse significativo nos últimos anos devido aos seus potenciais benefícios à saúde, atribuídos principalmente às suas principais classes de compostos, que incluem polifenóis, carotenoides, taninos, esteróis e peptídeos (Kaur e Prasad, 2021). Assim como o grão-de-bico, as proteínas presentes na aveia (*Avena sativa* L.) são amplamente aceitas pelos consumidores quando comparadas a outras alternativas de origem vegetal, como as proteínas de soja, ervilha e tremço, devido à ausência de sabores residuais indesejáveis (Brückner-Gühmann et al., 2019).

A extrusão é um processo versátil que envolve etapas de mistura, cozimento, amassamento, cisalhamento, modelagem e conformação. Esse processo promove a gelatinização do amido, a degradação de proteínas e a formação de complexos entre lipídios, amido e proteínas, resultando em alterações na microestrutura, nas características químicas e na forma macroscópica do novo produto (Arribas et al., 2017).

Mudanças no estilo de vida, o aumento da renda per capita, a transição para famílias nucleares e o crescimento da participação feminina no mercado de trabalho, nas últimas décadas, transformaram os padrões de consumo alimentar em escala global. Um aumento acentuado no consumo de refeições práticas tem sido observado nos últimos anos (Thienhirun et al., 2018). Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar farinhas pré-gelatinizadas produzidas por meio do processo de extrusão utilizando diferentes proporções de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e aveia (*Avena sativa* L.), para aplicação na indústria de alimentos instantâneos, e compará-las com suas respectivas versões cruas. Avaliaram-se as propriedades físico-químicas dessas farinhas, suas características tecnológicas por meio da Análise de Viscosidade Rápida (RVA), potenciais perdas nutricionais decorrentes do processo e a aceitação de sua textura por meio de análise sensorial de uma sopa instantânea.

MATERIAIS E MÉTODOS

Matérias-primas

O grão-de-bico (*Cicer arietinum*), tipo Kabuli, e a aveia (*Avena sativa* L.) foram adquiridos de fornecedores locais.

Preparo das farinhas

Todos os grãos foram moídos em moinho de facas (ACB Labor), e os grãos partidos resultantes foram combinados de acordo com as proporções previamente estabelecidas para o estudo (1, 2 e 3), definidas por meio de estudos preliminares, conforme mostrado na Figura 1. Em seguida, foram umedecidos com a adição de 4% de água (m/m), e o processo de cocção por extrusão foi realizado sem matriz, utilizando uma extrusora monorroscas (50 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento/Inbramaq, IB-50), com temperatura de alimentação de 25 °C e temperatura operacional de 130 °C. Dois lotes foram preparados para cada mistura de grãos, seguindo a metodologia descrita por Monteiro et al. (2016). O produto extrusado obtido foi então moído novamente em moinho de facas (ACB Labor) para a obtenção da farinha em pó, conforme ilustrado na Figura 1.

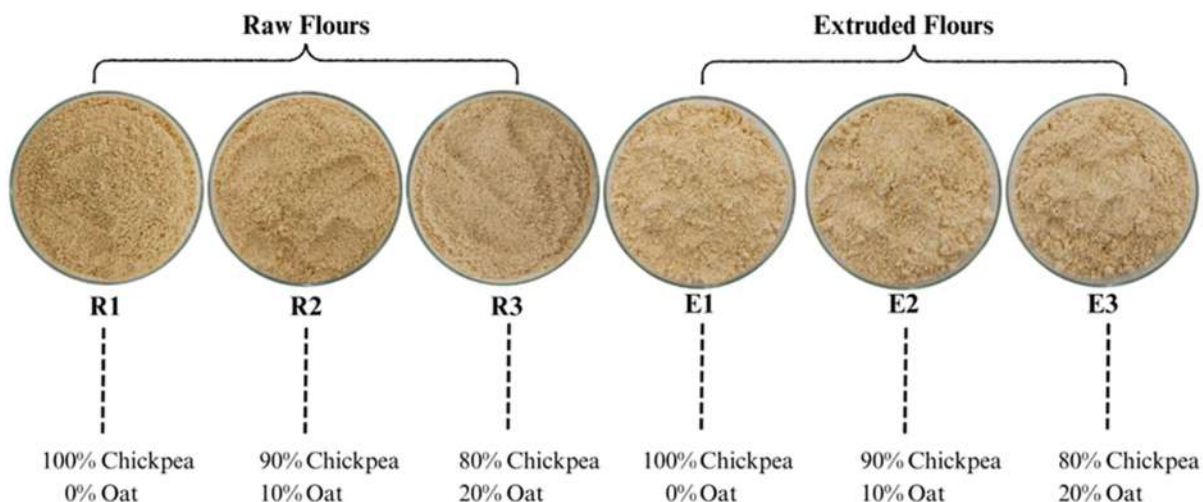


Fig. 1 Proporções pré-determinadas e características finais das farinhas utilizadas no estudo.

Análises físicas e físico-químicas

O teor de umidade e de cinzas foi determinado conforme os métodos da *Association of Official Agricultural Chemists* (AOAC), 2006. As médias e os desvios-padrão dos dados foram expressos em base seca a partir de três repetições. A atividade de água foi determinada com um refratômetro digital Aqualab Série 4TE após a estabilização das amostras a 25 °C. As amostras foram moídas até se tornarem pós finos para determinação do Índice de Absorção de Água (IAA) e do Índice de Solubilidade em Água (ISA), conforme descrito por Singh e Muthukumarappan (2016). A cor foi mensurada utilizando-se um colorímetro Minolta CR-400 (Minolta®). Os teores de fibra e proteína brutas foram determinados de acordo com a AOAC, pelos métodos 978,10 e 2001,11, respectivamente, assim como a Fibra em Detergente Neutro (FDN) e a Fibra em Detergente Ácido (FDA) (AOAC, 2006).

Análise de Viscosidade Rápida

As propriedades de gelatinização das amostras foram determinadas conforme Pumacahua-Ramos et al. (2015), utilizando um equipamento de análise de viscosidade rápida RVA-4 (Newport Sci., Austrália). Foram preparadas suspensões de 10% de farinha (m/m) em água destilada (massa total da suspensão: 28 g) e submetidas a um ciclo controlado de aquecimento e resfriamento sob cisalhamento constante (160 rpm). As amostras foram mantidas a 50 °C por 2 minutos, aquecidas de 50 °C a 95 °C à taxa de 6 °C/min, mantidas a 95 °C por 5 minutos, resfriadas até 50 °C à taxa de 6 °C/min, e, por fim, mantidas a 50 °C por mais 2 minutos.

Durante a análise, foram registrados os dados de temperatura de gelatinização, viscosidade de pico, viscosidade mínima (*trough*), quebra de viscosidade (*breakdown*), viscosidade final e retrogradação (*setback*). A temperatura de gelatinização foi determinada pela identificação da temperatura inicial de gelatinização na curva. A viscosidade de pico foi definida pelo valor máximo atingido na curva viscoamilográfica. A viscosidade mínima foi mensurada após o alcance da temperatura constante de 95 °C. A viscosidade final corresponde à viscosidade máxima registrada ao final do resfriamento, a 50 °C. A retrogradação foi calculada como a diferença entre a viscosidade mínima a 95 °C e a viscosidade final (Mendes et al., 2023).

Micrografia

As farinhas de grão-de-bico foram suspensas em água desmineralizada fria (20 °C) e fervente (100 °C) para observação microscópica, conforme o método descrito por Noordraven et al. (2021). Foi utilizado um microscópio óptico invertido trinocular (Biofocus®) para a observação das microestruturas com aumento de 20× (barra de escala: 50 µm), sendo realizadas fotografias.

Análise sensorial

Foi realizado um teste discriminativo de comparação pareada para avaliar as características de aceitação das farinhas pré-gelatinizadas, com foco nos atributos de textura das amostras. Em seguida, foi feita uma escolha de preferência global entre as amostras selecionadas pelos provadores no teste inicial, conforme Dischsen et al. (2013).

Neste procedimento, uma sopa instantânea foi preparada utilizando-se as mesmas quantidades de temperos para cada formulação (0,5% de sal, 0,3% de mostarda em pó, 0,1% de salsa e 0,05% de pimenta em pó). Água fervente foi adicionada na proporção de 1:10, e as amostras foram codificadas e apresentadas à temperatura de 70 °C para 91 provadores (47 do sexo masculino e 44 do sexo feminino), com idades entre 18 e 28 anos. Os avaliadores testaram aleatoriamente as três formulações na mesma sessão, consumindo água em temperatura ambiente para limpar o paladar antes e entre as avaliações. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Maringá (Número de Aprovação: 6.727.109 / CAAE: 76009123.6.0000.0104).

Análise estatística

Todo o experimento e a composição físico-química foram avaliados em triplicata. Para os testes de aceitabilidade, o delineamento experimental consistiu em blocos casualizados completos (as formulações foram os tratamentos, e os provadores constituíram os blocos). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de comparação de médias de Tukey ($p = 5\%$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise físico-química

Os resultados das propriedades físico-químicas das amostras de farinhas cruas (*Raw Flours*) e extrusadas (*Extruded Flours*) - R1, R2, R3 e E1, E2, E3 são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas das amostras de farinhas cruas e extrusadas (média $\pm$ desvio-padrão).

Análises	Raw Flours (Farinhas Cruas)			Extruded Flours (Farinhas Extrusadas)		
	R1	R2	R3	E1	E2	E3
Umidade (%)	11,66 ^a $\pm$ 00,10	12,27 ^a $\pm$ 00,02	11,93 ^a $\pm$ 00,96	5,09 ^b $\pm$ 00,21	4,75 ^b $\pm$ 00,21	4,82 ^b $\pm$ 00,04
Cinzas (%)	2,53 ^a $\pm$ 00,10	2,74 ^{ab} $\pm$ 00,01	2,97 ^{ab} $\pm$ 00,07	3,40 ^b $\pm$ 00,24	3,00 ^{ab} $\pm$ 00,06	2,74 ^{ab} $\pm$ 00,02
Proteína Bruta (%)	20,75 ^c $\pm$ 00,02	20,14 ^{ab} $\pm$ 00,11	19,64 ^a $\pm$ 00,03	20,69 ^{bc} $\pm$ 00,08	20,82 ^c $\pm$ 00,03	20,38 ^{bc} $\pm$ 00,00
Fibra Bruta (%)	4,39 ^a $\pm$ 00,07	04,38 ^a $\pm$ 00,03	4,41 ^a $\pm$ 00,05	4,47 ^a $\pm$ 00,38	4,68 ^a $\pm$ 01,00	4,26 ^a $\pm$ 00,06
FDN (%)	23,34 ^a $\pm$ 06,49	23,74 ^a $\pm$ 00,06	22,53 ^a $\pm$ 01,49	8,88 ^b $\pm$ 01,74	10,24 ^b $\pm$ 00,37	7,62 ^b $\pm$ 00,02
FDA (%)	6,20 ^a $\pm$ 00,45	6,04 ^a $\pm$ 00,11	6,09 ^a $\pm$ 00,11	5,26 ^a $\pm$ 00,14	5,62 ^a $\pm$ 00,55	5,11 ^a $\pm$ 00,21
Atividade de Água	0,48 ^a $\pm$ 00,00	0,48 ^a $\pm$ 00,00	0,50 ^b $\pm$ 00,00	0,36 ^c $\pm$ 00,00	0,37 ^c $\pm$ 00,00	0,36 ^c $\pm$ 00,00
pH	6,22 ^a $\pm$ 00,00	6,25 ^{ab} $\pm$ 00,00	6,28 ^{ab} $\pm$ 00,00	6,38 ^c $\pm$ 00,00	6,33 ^{bc} $\pm$ 00,00	6,33 ^{bc} $\pm$ 00,00
Densidade (g/ml)	0,76 ^a $\pm$ 00,00	0,75 ^a $\pm$ 00,00	0,76 ^a $\pm$ 00,00	0,82 ^a $\pm$ 00,00	0,80 ^a $\pm$ 00,00	0,77 ^a $\pm$ 00,00
IAA (%)	2,08 ^a $\pm$ 00,00	2,02 ^a $\pm$ 00,00	2,10 ^a $\pm$ 00,00	02,77 ^c $\pm$ 00,00	03,44 ^b $\pm$ 00,00	03,00 ^d $\pm$ 00,01
ISA (%)	24,80 ^a $\pm$ 00,14	20,95 ^b $\pm$ 00,26	20,25 ^b $\pm$ 00,09	20,42 ^b $\pm$ 00,03	19,81 ^b $\pm$ 00,03	17,98 ^c $\pm$ 00,70
L*	86,00 ^a $\pm$ 05,01	86,09 ^a $\pm$ 03,84	84,41 ^a $\pm$ 02,35	83,96 ^a $\pm$ 05,12	83,85 ^a $\pm$ 06,06	76,20 ^b $\pm$ 13,80
a*	6,83 ^a $\pm$ 00,17	5,81 ^{ab} $\pm$ 00,05	6,29 ^{ab} $\pm$ 00,32	5,23 ^b $\pm$ 00,02	5,32 ^b $\pm$ 00,24	5,91 ^{ab} $\pm$ 00,20
b*	23,20 ^{ab} $\pm$ 04,12	21,09 ^a $\pm$ 04,21	21,03 ^a $\pm$ 00,45	27,78 ^c $\pm$ 01,26	26,28 ^{bc} $\pm$ 00,51	26,74 ^{bc} $\pm$ 00,20
ΔE	-	-	-	5,26 ^a $\pm$ 02,62	5,67 ^a $\pm$ 02,49	10,01 ^b $\pm$ 02,89

*Os resultados são expressos como média $\pm$ desvio-padrão (DP), Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$), segundo o teste de Tukey As amostras R1, R2, R3, E1, E2 e E3 referem-se, respectivamente, às farinhas cruas e extrusadas contendo 100% de grão-de-bico, 90% de grão-de-bico / 10% de aveia e 80% de grão-de-bico / 20% de aveia.

O teor de umidade das amostras de farinha crua de grão-de-bico variou de 11,66% a 12,27%, enquanto nas amostras extrusadas variou de 4,75% a 5,09%. Não foram observadas diferenças significativas dentro de cada grupo; no entanto, uma diferença substancial foi detectada ao comparar os dois grupos. A umidade nas amostras extrusadas diminuiu mais da metade em relação às cruas. Esse comportamento evidencia como a alta temperatura e pressão influenciam o produto final durante o processo de extrusão.

Com relação à atividade de água, não foram observadas diferenças significativas entre as amostras R1 e R2 (0,48) do grupo de farinhas cruas; entretanto, ambas diferiram significativamente da amostra R3 (0,50). Isso pode sugerir que quanto maior a concentração de aveia na formulação, maior a atividade de água, o que pode impactar na conservação e vida de prateleira em aplicações industriais. Não foram observadas diferenças significativas entre as amostras extrusadas (0,36 e 0,37) para esse parâmetro, mas os valores desse grupo foram nitidamente menores do que os das amostras não extrusadas. Isso reforça a influência do processo de extrusão nas propriedades dos produtos alimentícios.

A análise do Índice de Absorção de Água (IAA) não apresentou diferenças significativas entre as amostras de farinhas cruas (variando de 2,02 a 2,10), indicando uma quantidade semelhante de água imobilizada em cada amostra. No entanto, as farinhas extrusadas apresentaram diferenças significativas, com valores consideravelmente mais altos em comparação às cruas, variando de 2,77 a 3,44. Considerando que a dispersão do amido aumenta com o grau de dano causado pela gelatinização, valores mais elevados de IAA sugerem a presença de grandes fragmentos

de amido no produto final (Oikonomou e Krokida, 2011).

Na avaliação dos valores de Índice de Solubilidade em Água (ISA), não foram observadas diferenças significativas entre as amostras R2 e R3 das farinhas cruas (20,95 e 20,25, respectivamente), nem entre as amostras E1 e E2 das farinhas extrusadas (20,42 e 19,81, respectivamente). No entanto, esses valores foram inferiores ao de R1 (24,80) e superiores ao de E3 (17,98). Assim, a adição de aveia resultou em uma redução dos valores de ISA tanto nas farinhas cruas quanto nas extrusadas. Esse comportamento sugere que a farinha de grão-de-bico puro contém mais polissacarídeos livres com a adição de água. Essa quantidade diminui com a inclusão de aveia nas formulações e com o processo de extrusão (Oikonomou e Krokida, 2011).

Considerando o parâmetro de cor L^* , as amostras de farinhas cruas apresentaram valores entre 84,41 e 86,09, e as amostras E1 e E2 apresentaram valores entre 83,96 e 83,85. A farinha E3 apresentou valor L^* mais baixo (76,20), sugerindo que a inclusão de aveia promoveu o escurecimento da farinha extrusada.

Para o parâmetro de cor a^* , não foram detectadas diferenças significativas dentro dos grupos, e apenas pequenas variações foram observadas na comparação entre as amostras (uma leve redução apenas de R1 para E1), indicando características cromáticas homogêneas. Tendência semelhante foi observada para o parâmetro de cor b^* .

O valor de diferença total de cor (ΔE) não apresentou diferenças significativas na comparação entre as amostras contendo 100% de grão-de-bico e 10% de aveia em sua composição. Entretanto, quando a proporção de aveia foi aumentada para 20%, observou-se praticamente o dobro do valor de ΔE entre as amostras extrusadas e não extrusadas. Considerando que resultados com valores de ΔE superiores a 5 podem ser percebidos visualmente pelo olho humano (Pourjavaher et al., 2017), essa percepção foi verificada em todos os casos, sendo mais acentuada nas formulações com 20% de aveia.

Ao analisar os teores de proteína bruta, as formulações R2 e R3 apresentaram os menores valores (19,64% e 20,14%, respectivamente), ambas farinhas cruas contendo aveia. Não foram encontradas diferenças significativas entre as amostras R2, E1 e E3, nem entre as amostras R1, E1, E2 e E3. Isso indica que o processo de extrusão não impactou significativamente no teor de proteína entre as formulações desenvolvidas.

Foram relatados valores entre 0,20% e 4,40% para fibra bruta, consistentes com os observados em nossa pesquisa. Notavelmente, não foram detectadas diferenças significativas no teor de fibra bruta entre todas as formulações, tanto cruas quanto extrusadas. Bayomy e Alamri (2022) encontraram teor de fibra bruta de 4,38% em farinha de grão-de-bico e uma faixa de 2,19% a 4,07% em macarrões produzidos com 15%–25% de grão-de-bico. Por outro lado, Mousa et al. (2021) identificaram valores entre 0,89% e 1,25% em sopas instantâneas em pó preparadas com 5%–15% de casca de ervilha verde desidratada. Os valores mais baixos de fibra bruta em formulações com casca de ervilha verde em comparação ao grão-de-bico em produtos industriais sugerem que a farinha extrusada de grão-de-bico possui considerável potencial para aumentar o teor proteico em aplicações da indústria alimentícia.

Tendência semelhante foi observada na análise de FDA (Fibra em Detergente Ácido), onde não foram encontradas diferenças significativas entre as formulações, que variaram de 5,11% a 6,20%. Isso sugere que o processo de extrusão não afeta a parede celular do grão nem a composição de celulose e lignina.

Contudo, para FDN (Fibra em Detergente Neutro), os valores variaram de 22,53% a 23,74% nas amostras não extrusadas, sem diferenças significativas. Em contraste, todas

as amostras extrusadas apresentaram diferenças significativas em relação às não extrusadas (valores mais baixos). No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre as amostras extrusadas, cujos valores variaram de 7,62% a 10,24%.

Análise de Viscosidade Rápida

Os perfis da análise RVA são apresentados na Figura 2, com os resultados correspondentes na Tabela 2.

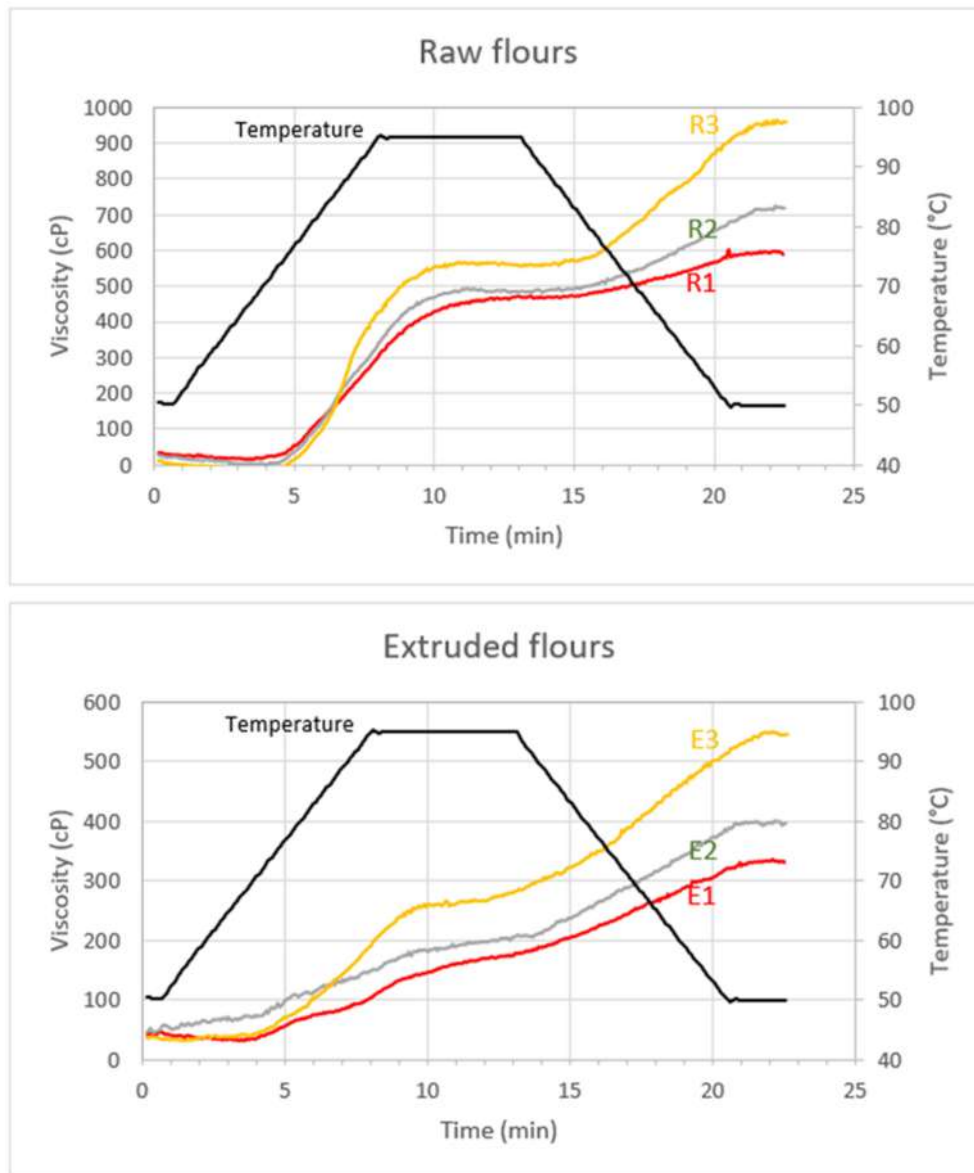


Fig. 2 Perfis de RVA das farinhas cruas e extrusadas.

O primeiro ponto a ser destacado é que a adição de aveia aumenta a viscosidade final tanto nas farinhas cruas quanto nas extrusadas. Em outras palavras, uma maior proporção de farinha de aveia nas misturas elevou a viscosidade final. Tendência semelhante foi observada para a viscosidade de pico, a temperatura de gelatinização e a retrogradação (*setback*) nas farinhas cruas, sem que houvesse ocorrência de quebra de viscosidade (*breakdown*) em nenhuma delas. Conforme demonstrado na Tabela 2: todas as amostras, cruas e extrusadas, apresentaram estabilidade sob condições de cisalhamento e cocção.

Tabela 2 - Resultados da análise de RVA.

Sample	PT (°C)	PV (cP)	TV (cP)	FV (cP)	BD (cP)	SB (cP)
R1	73,2	303	313	590	-	287
R2	74,0	340	346	719	-	379
R3	76,8	429	555	958	-	530
E1	71,5	104	107	332	-	228
E2	71,5	149	151	395	-	247
E3	71,0	198	200	546	-	348

*PT – temperatura de gelatinização; PV – viscosidade de pico; TV – viscosidade mínima (trough); FV – viscosidade final; BD – quebra de viscosidade (breakdown); SB – retrogradação (setback). As amostras R1, R2, R3, E1, E2 e E3 referem-se às farinhas cruas e extrusadas com 100% grão-de-bico, 90% grão-de-bico / 10% aveia e 80% grão-de-bico / 20% aveia, respectivamente.

As curvas de RVA de todas as amostras apresentaram baixa viscosidade, o que é compreensível, visto que foram utilizadas farinhas ao invés de amidos puros. As formulações contêm proteínas, lipídios e fibras, que podem influenciar os resultados. Do ponto de vista nutricional, o grão-de-bico é uma excelente fonte de proteínas (18–29%), carboidratos (59–65%), fibras (3–17%), lipídios (4,5–6,6%) e cinzas (2,48–3,50%), além de apresentar elevada digestibilidade proteica, que pode aumentar de 53% para 89% (Boye et al. 2010). Por sua vez, Syed et al. (2020) reportaram os seguintes teores para a aveia: umidade de 4,206%, cinzas 1,97%, carboidratos totais 55,75%, proteína bruta 12,62%, lipídios brutos 6,91% e fibra total 13,65%.

De maneira geral, a gelatinização do amido e a desnaturação proteica são acompanhadas por um aumento da viscosidade. Inicialmente, a gelatinização é o principal fator que contribui para o desenvolvimento da viscosidade (relacionada à temperatura de gelatinização), seguida pela desnaturação das proteínas, que ocorre em temperaturas mais elevadas (até 95 °C) e contribui em menor escala para a viscosidade (Meares et al. 2004). Isso ajuda a explicar o comportamento semelhante ao do amido observado nos perfis de RVA, em que a retrogradação (*setback*) é muito baixa e não há ocorrência de quebra de viscosidade, especialmente nas farinhas cruas. O teor proteico estabiliza a viscosidade durante o processo de aquecimento.

A retrogradação (*setback*) é um parâmetro importante para compreender a retrogradação de curto prazo de materiais amiláceos, que ocorre devido à cristalização da amilose. Apesar de os valores de *setback* serem baixos, é relevante notar que as farinhas com maior adição de aveia apresentaram os maiores valores para este parâmetro. Isso pode ser atribuído ao alto teor de amilose no amido da aveia, que pode representar até 33,6% da fração amilácea deste cereal (Autio e Eliasson 2009).

Quanto à temperatura de gelatinização das farinhas cruas, Meares et al. (2004) explicam que essa propriedade está positivamente correlacionada com a concentração de amido. Assim, um maior teor de amido normalmente resulta em uma temperatura de gelatinização mais elevada. O grão-de-bico contém entre 59% e 65% de carboidratos (Boye et al. 2010), dos quais 30,8% a 37,9% correspondem a amido (Kaur & Prasad 2021), enquanto a aveia contém 55,75% (Syed et al. 2020).

Para as farinhas extrusadas, a temperatura de gelatinização foi praticamente idêntica entre todas as amostras, sugerindo que o grau de cozimento obtido por meio da extrusão foi uniforme, independentemente do teor de amido nas formulações. As farinhas extrusadas apresentaram aumento contínuo de viscosidade durante o ensaio, sem ocorrência de *breakdown*. Destaca-se que a amostra E3 demonstrou um comportamento amiláceo mais sutil, conforme ilustrado na Figura 2.

A viscosidade inicial das farinhas extrusadas foi maior do que a das farinhas cruas, provavelmente porque as farinhas extrusadas são pré-gelatinizadas, permitindo que o amido se hidrate e inche rapidamente, formando um gel de forma instantânea. Entretanto, a viscosidade final de todas as farinhas cruas foi superior à de suas respectivas extrusadas. Esse comportamento já foi documentado em diversos estudos, nos quais o tratamento térmico da extrusão reduz consistentemente propriedades de gelatinização, como a viscosidade de pico, viscosidade final e retrogradação. Exemplos incluem estudos com farinha de milho extrusada (Zhang et al. 2020) e farinhas de mandioca e feijão-caupi com diferentes teores de umidade (Kesselly et al. 2023).

Em resumo, o cozimento por extrusão reduz a viscosidade devido à despolimerização do amido, o que diminui a ocorrência de *breakdown* e *setback*. Conforme demonstrado neste estudo, as farinhas extrusadas não apresentaram quebras distintas e apresentaram retrogradações pouco acentuadas, refletindo um perfil de RVA atípico de amido. Consequentemente, essas farinhas são mais estáveis e mais adequadas para produtos com alto teor de amido que exigem maior estabilidade, como sopas instantâneas (Zhang et al. 2020).

Microscopia

Considerando que a pré-gelatinização induz o inchaço dos grânulos, levando à formação de uma massa coesa (aglomerados) e fragmentos residuais de grânulos, esse comportamento pode ser visualmente observado nas micrografias apresentadas na Figura 3. Nessas imagens, as amostras não gelatinizadas (R1, R2 e R3) exibem comportamento de inchaço distinto das amostras pré-gelatinizadas (E1, E2 e E3).

Exceto pela amostra R1, na qual não se observaram diferenças aparentes no tamanho das moléculas de amido entre 20 °C e 100 °C, nota-se um aumento visível no tamanho dos grânulos de amido em água fervente quando comparados aos grânulos em água fria. Esse comportamento está de acordo com os achados relatados por Noordraven et al. (2021).

Quanto aos grânulos de amido, apenas pequenas diferenças foram observadas entre as amostras ao se comparar as composições sem aveia (R1 e E1) e aquelas com 10% e 20% de aveia. Isso indica que a adição de aveia tem impacto físico mínimo sobre as farinhas, contribuindo positivamente para suas características funcionais sem alterar significativamente suas características físicas ou visuais.

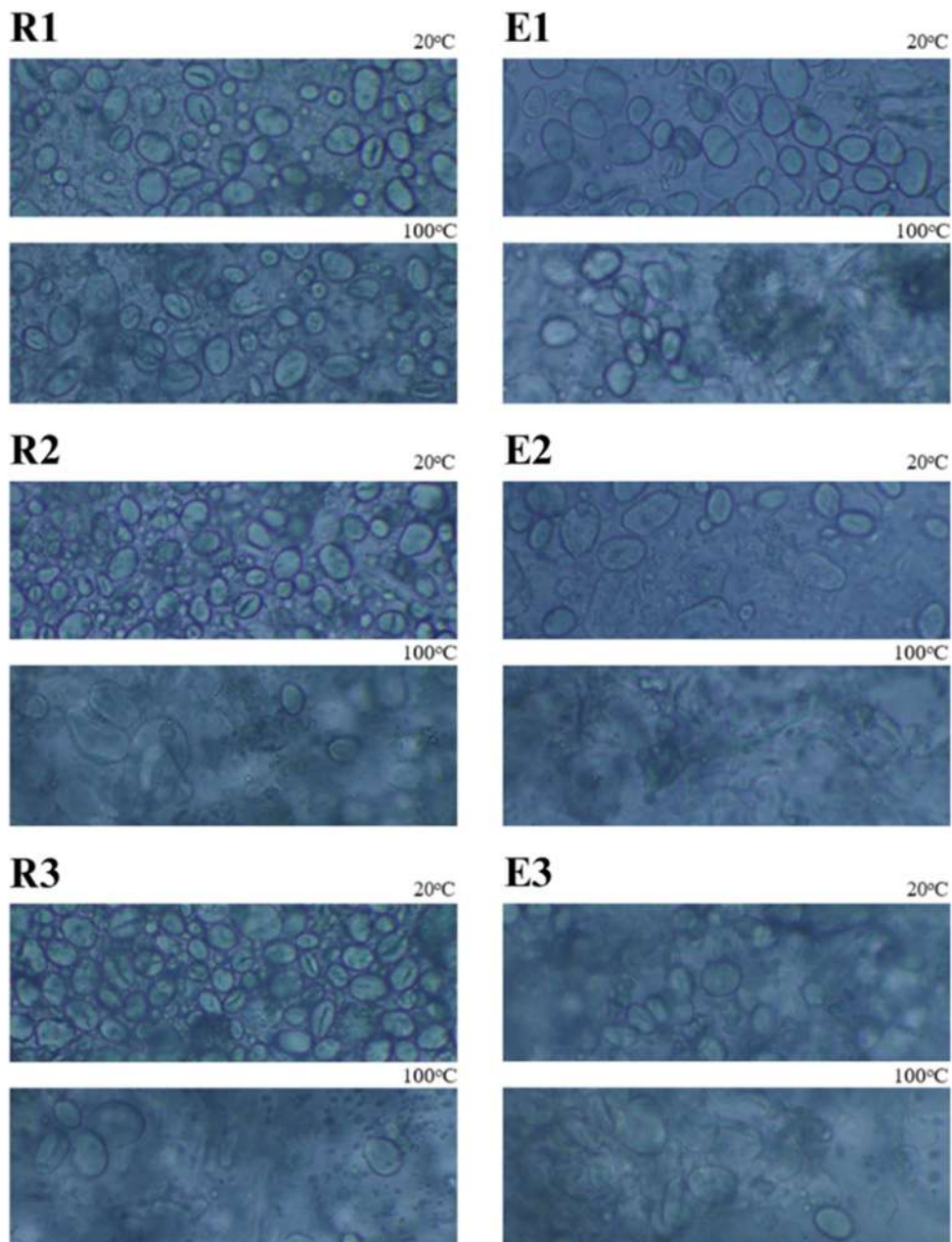


Figura 3 – Micrografias mostrando a microestrutura das suspensões de amostras de amido (R1, R2 e R3: grão-de-bico não gelatinizado com estrutura celular aberta; E1, E2 e E3: farinha de grão-de-bico pré-gelatinizada com estrutura celular aberta) dispersas em água fria (20 °C) e fervente (100 °C) (Aumento de 20×, barra de escala: 50 µm).

Análise Sensorial

A Tabela 3 apresenta os resultados da primeira etapa do teste, no qual os provadores indicaram sua preferência quanto à textura das amostras não extrusadas ou extrusadas (pré-gelatinizadas).

Tabela 3 – Resultados do teste discriminativo de comparação pareada quanto ao atributo de textura de cada amostra de farinha (não extrusada e extrusada).

Sample 1 (%)		Sample 2 (%)		Sample 3 (%)	
R1	E1	R2	E2	R3	E3
14,29	86,81	28,57	71,43	18,68	81,32

Também se pode observar a preferência global pelo atributo de textura entre as amostras selecionadas na etapa inicial do teste: E2 (30,77%); E3 (26,37%); E1 (20,88%); R2 (16,48%); R3 (3,30%) e R1 (2,20%). Essa análise revela uma preferência consistente pelas amostras extrusadas em comparação às não extrusadas em todas as formulações. Em todas as análises (Formulações 1, 2 e 3), mais de 40% dos provadores preferiram a opção com farinha extrusada. Isso indica uma preferência marcante dos consumidores pela textura das farinhas pré-gelatinizadas em relação às alternativas não extrusadas.

Uma análise mais detalhada da Tabela 3 mostra que as Formulações 1 e 3 apresentaram uma preferência ainda maior pelas farinhas pré-gelatinizadas do que a Formulação 2. Isso sugere o potencial para o desenvolvimento de novos produtos e pesquisas futuras com base nessas formulações, que podem apresentar maior probabilidade de aceitação pelo consumidor. Phomkaivon et al. (2018) demonstraram que a incorporação de farinha de batata-doce roxa em *snacks* expandidos ao ar promoveu melhorias na aparência, razão de expansão, estrutura física e textura.

A segunda etapa do teste revelou que a Formulação 2 da farinha extrusada obteve a maior preferência global quanto ao atributo de textura (30,77%) entre as amostras selecionadas na primeira parte do teste, seguida pelas Formulações extrusadas 3 (26,37%) e 1 (20,88%). Mais uma vez, as amostras de farinha extrusada foram preferidas às não extrusadas. Ding et al. (2023) observaram que a incorporação de farinha de cevada-do-alto com proteínas e farinha/amido pré-gelatinizados no desenvolvimento de macarrão aumentou as forças intermoleculares, contribuindo para o aprimoramento da ligação cruzada proteica, da ordem estrutural e das propriedades texturais do produto.

CONCLUSÃO

Em conclusão, os achados indicam alterações significativas no teor de umidade e na atividade de água das formulações de farinha após a extrusão, evidenciando os efeitos da temperatura e da pressão sobre as características do produto. A adição de aveia influenciou notavelmente parâmetros como o teor de proteína e fibra brutas, ressaltando o potencial de enriquecimento da farinha de grão-de-bico com nutrientes essenciais.

O processo de extrusão afetou de forma expressiva os índices de absorção e solubilidade em água, a dispersão do amido, os parâmetros de cor e os perfis de viscosidade, melhorando, assim, a adequação das farinhas extrusadas para produtos

estáveis à base de amido, como a sopa instantânea desenvolvida.

Adicionalmente, a análise sensorial revelou uma clara preferência dos consumidores pelas amostras de farinha extrusada em comparação às não extrusadas, especialmente quanto aos atributos de textura. Isso sugere uma oportunidade promissora para o desenvolvimento de novos produtos. As amostras com adição de aveia foram particularmente bem aceitas, indicando o potencial dessas formulações para a criação de produtos alimentícios inovadores, alinhados às preferências crescentes dos consumidores.

De modo geral, este estudo oferece contribuições valiosas para a aplicação da tecnologia de extrusão sem perdas nutricionais, promovendo melhorias nas características sensoriais de farinhas à base de grão-de-bico e aveia, e, assim, favorecendo o desenvolvimento de alimentos instantâneos inovadores e com boa aceitação pelo consumidor.

REFERÊNCIAS

AOAC (2006). *Official Methods of Analysis of AOAC International*.

Arribas, C., Cabellos, B., Sánchez, C., Cuadrado, C., Guillamón, E., & Pedrosa, M.M. (2017). The impact of extrusion on the nutritional composition, dietary fibre and in vitro digestibility of gluten-free snacks based on rice, pea and carob flour blends. *Food & Function*, 8(10), 3654–3663.

Autio, K., & Eliasson, A.C. (2009). Chapter 15 – Oat Starch. In BeMiller, J., & Whistler, R. (Eds.), *Starch (Third Edition), Food Science and Technology* (pp. 589–599). Academic Press.

Bayomy, H., & Alamri, E. (2022). Technological and nutritional properties of instant noodles enriched with chickpea or lentil flour. *Journal of King Saud University – Science*, 34(3), 101833.

Boye, J.I., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterisation, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414–431.

Brückner-Gühmann, M., Banovic, M., & Drusch, S. (2019). Towards an increased plant protein intake: Rheological properties, sensory perception and consumer acceptability of lactic acid fermented, oat-based gels. *Food Hydrocolloids*, 96, 201–208.

Ding, X., Quan, Z.Y., Zhang, L.L., Li, L., & Qian, J.Y. (2023). Development of noodles with high highland barley flour incorporation level with proteins and pre-gelatinized flour/starch. *International Journal of Food Science & Technology*, 59(2), 1094–1103.

Dischsen, A.E., Monteiro, A.R.G., Fukuda, G.T., & Marques, D.R. (2013). Development of a breakfast cereal using waste from cassava processing industry. *Acta Scientiarum. Technology*, 35, 157–161.

Kaur, R., & Prasad, K. (2021). Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*) – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 448–463.

- Kesselly, S.R., Mugabi, R., & Byaruhanga, Y.B. (2023). Effect of soaking and extrusion on functional and pasting properties of cowpeas flour. *Scientific African*, 19, e01532.
- Meares, C.A., Bogracheva, T.Y., Hill, S.E., & Hedley, C.L. (2004). Development and testing methods to screen chickpea flour for starch characteristics. *Starch□Stärke*, 56(6), 215–224.
- Mendes, M.P., Raniero, G.Z., Demiate, I.M., & Monteiro, A.R.G. (2023). Effects of reactive extrusion on cross-linking of corn starch. *International Food Research Journal*, 30(4), 1040–1048.
- Monteiro, A.R.G., Marques, D.R., Benossi, L., Chinellato, M.M., Berwig, K.P., & Wolf, B. (2016). Eliminating the Use of Fat in the Production of Extruded Snacks by Applying Starch Coating. *Chemical Engineering Transactions*, 49, 625–630.
- Mousa, M.M., El-Magd, M.A., Ghamry, H.I., Alshahrani, M.Y., El-Wakeil, N.H., Hammad, E.M., & Asker, G.A. (2021). Pea peels as a value-added food ingredient for snack crackers and dry soup. *Scientific Reports*, 11(1), 22747.
- Musso, Y.S., Salgado, P.R., & Mauri, A.N. (2016). Gelatin based films capable of modifying its colour against environmental pH changes. *Food Hydrocolloids*, 61, 523–530.
- Noordraven, L.E., Bernaerts, T., Mommens, L., Hendrickx, M.E., & Van Loey, A.M. (2021). Impact of cell intactness and starch state on the thickening potential of chickpea flours in water-flour systems. *LWT – Food Science and Technology*, 146, 111409.
- Oikonomou, N.A., & Krokida, M.K. (2011). Literature data compilation of WAI and WSI of extrudate food products. *International Journal of Food Properties*, 14(1), 199–240.
- Phomkaivon, N., Surojanametakul, V., Satmalee, P., Poolperm, N., & Dangpium, N. (2018). Thai purple sweet potato flours: characteristic and application on puffed starch-based snacks. *Journal of Agricultural Science*, 10(11), 171–184.
- Pourjavaher, S., Almasi, H., Meshkini, S., Pirs, S., & Parandi, E. (2017). Development of a colourimetric pH indicator based on bacterial cellulose nanofibers and red cabbage (*Brassica oleraceae*) extract. *Carbohydrate Polymers*, 156, 193–201.
- Pumacahua-Ramos, A., Demiate, I.M., Schnitzler, E., Bedin, A.C., Telis-Romero, J., & Lopes-Filho, J.F. (2015). Morphological, thermal and physicochemical characteristics of small granules starch from *Mirabilis jalapa* L. *Thermochimica Acta*, 602, 1–7.
- Singh, S.K., & Muthukumarappan, K. (2016). Effect of feed moisture, extrusion temperature and screw speed on properties of soy white flakes based aquafeed: a response surface analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(6), 2220–2229.
- Syed, S.J., Gadhe, K.S., & Katke, S.D. (2020). Studies on physical, chemical and mineral evaluation of oats (*Avena sativa*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 79–82.

Thienhirun, S., & Chung, S. (2018). Consumer attitudes and preferences toward cross-cultural ready-to-eat (RTE) food. *Journal of Food Products Marketing*, 24(1), 56–79.

Zhang, Y., Nie, L., Sun, J., Hong, Y., Yan, H., Li, M., & Fang, F. (2020). Impacts of environmental factors on pasting properties of cassava flour mediated by its macronutrients. *Frontiers in Nutrition*, 7, 598960.

Artigo 2

DESENVOLVIMENTO DE MISTURAS EM PÓ, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ACEITAÇÃO DOS CONSUMIDORES DE HAMBÚRGUERES VEGANOS COM ALTO TEOR DE PROTEÍNA À BASE DE FARINHAS DE GRÃOS PRÉ-GELATINIZADAS SEM GLÚTEN

Journal of Food Science and Technology

DOI: <https://doi.org/10.5327/fst.00306>

Bruna Mayara Roldão Ferreira, Isadora Maria Melo Torres, Antonio Roberto Giriboni Monteiro

Resumo

O veganismo está em ascensão como uma das principais tendências no cenário da alimentação mundial. As proteínas vegetais vêm ganhando popularidade como substitutas das proteínas de origem animal dada sua versatilidade proveniente de diversas fontes. Acredita-se que a combinação de fontes proteicas complementares em produtos análogos modernos pode oferecer um perfil nutricional equilibrado. Com o objetivo de proporcionar aos consumidores veganos uma opção prática e nutritiva de proteína vegetal, foram desenvolvidas três formulações em pó distintas de hambúrgueres veganos utilizando farinhas pré-gelatinizadas isentas de glúten (MIX 1, MIX 2 e MIX 3), com posterior caracterização físico-química e análise de aceitação sensorial. As amostras 1 e 2 apresentaram teores notavelmente elevados de proteína bruta (17,99% e 18,09%, respectivamente), superando estudos anteriores. A dureza (N) variou entre 6,66 e 8,41, sem diferenças significativas observadas, o que sugere que a rigidez dos grãos utilizados não influenciou nesse parâmetro. Embora a análise sensorial não tenha revelado diferenças significativas entre os atributos de cor, sabor, aroma e textura, a preferência global foi direcionada para a amostra 3 (49%). A formulação contendo sorgo (*Sorghum bicolor*) e isolado de ervilha (*Pisum sativum*), grãos não presentes nas outras misturas, provavelmente contribuiu para sua maior aceitação.

Palavras-chave: arroz (*Oryza sativa*); ervilha (*Pisum sativum*); lentilha (*Lens culinaris*); sorgo (*Sorghum bicolor*); aveia (*Avena L.*); análogos de carne; processo de extrusão; tendência de mercado.

INTRODUÇÃO

O consumo de proteínas de origem vegetal derivadas de grãos tem se destacado como uma tendência alimentar significativa, Casalvara et al. (2024) enfatizaram a importância de grãos como quinoa, amaranto e milho, reconhecendo-os como excelentes fontes de proteína, capazes de fornecer uma ampla gama de aminoácidos essenciais indispensáveis à saúde humana. Lee et al. (2009) sugeriram que o consumo regular de proteínas oriundas de grãos pode contribuir para a redução do risco de doenças crônicas, como as cardiovasculares e o diabetes tipo 2, em razão de seus efeitos benéficos sobre os perfis lipídicos e o controle glicêmico.

O crescimento demográfico de indivíduos veganos e vegetarianos tem se consolidado como uma tendência proeminente no mercado global, conforme apontado por estudos recentes e análises de comportamento do consumidor. Pesquisas realizadas após o ano de 2020 indicam um aumento substancial no número de pessoas adeptas a dietas à base de vegetais, motivadas por preocupações relacionadas ao bem-estar animal, à sustentabilidade ambiental e aos benefícios para a saúde pessoal. Bryant et al. (2022) evidenciaram um aumento significativo na prevalência de estilos de vida vegetarianos e veganos em diversos grupos demográficos, com destaque para os *Millennials* e a Geração Z, que lideram essa mudança cultural em direção a padrões alimentares baseados em plantas.

Além disso, relatórios de mercado da *Euromonitor International* (2024) e de Masterson (2023) destacam a crescente demanda por produtos à base de vegetais, abrangendo desde alternativas à carne até substitutos de laticínios, refletindo uma mudança fundamental nas preferências dos consumidores em direção a escolhas de consumo mais sustentáveis e éticas. À medida que a população vegana e vegetariana continua a crescer mundialmente, empresas de diversos setores têm adaptado suas estratégias para atender a esse segmento de mercado em expansão, sinalizando uma transformação profunda no panorama alimentar global.

A incorporação do arroz (*Oryza sativa*) como fonte proteica na alimentação humana tem despertado atenção devido aos seus inúmeros benefícios à saúde, como a promoção do crescimento e da recuperação muscular, em razão de seu perfil de aminoácidos rico, especialmente com altos teores de aminoácidos essenciais como leucina, isoleucina e valina. Liu et al. (2021) e Wang et al. (2023) demonstraram o potencial da proteína do arroz no auxílio ao controle de peso e na melhora da saúde metabólica, ao promover níveis de saciedade e regular a glicemia. Ademais, trata-se de uma proteína hipoalergênica, sendo, portanto, uma alternativa adequada para indivíduos com sensibilidades alimentares ou alergias a outras fontes proteicas.

A inclusão da proteína de ervilha (*Pisum sativum*) nas dietas de indivíduos veganos e vegetarianos tem se consolidado como uma tendência alimentar relevante, devido ao seu elevado teor proteico, perfil de aminoácidos completo e biodisponibilidade comparável às fontes proteicas de origem animal. Pesquisas conduzidas por Gorissen et al. (2018) e Tang e Moore (2023) reforçam a eficácia da proteína de ervilha no suporte ao crescimento e à manutenção muscular, o que a torna uma opção valiosa para pessoas que seguem dietas à base de plantas. Além disso, essa proteína tem sido associada a diversos benefícios à saúde, incluindo maior saciedade, regulação da glicemia e melhora da saúde cardiovascular.

A utilização de lentilhas (*Lens culinaris*) como fonte de proteína na dieta humana também oferece inúmeros benefícios à saúde, como seu elevado teor proteico, a presença

de fibras alimentares e micronutrientes essenciais, como ferro, folato e potássio. Papanikolaou (2023) e Vasanthi et al. (2021) destacaram o papel das lentilhas na promoção da saúde cardiovascular, por meio da redução dos níveis de colesterol e da melhora na regulação da pressão arterial, atribuída à presença de fibras solúveis e compostos bioativos. Adicionalmente, as lentilhas têm sido associadas ao aumento da saciedade e ao controle do peso corporal, resultado de seu baixo índice glicêmico e da capacidade de prolongar a sensação de saciedade. Por serem uma fonte proteica versátil e sustentável, as lentilhas representam uma alternativa dietética valiosa para indivíduos que buscam melhorar sua ingestão nutricional e promover a saúde e o bem-estar geral.

Apesar de seus inúmeros benefícios à saúde e de seu baixo custo, o sorgo (*Sorghum bicolor*) permanece subutilizado na alimentação humana. Estudos recentes destacaram o sorgo como um grão nutritivo, rico em fibras, proteínas, antioxidantes e minerais essenciais. Awika et al. (2017) e Taylor et al. (2022) ressaltaram o potencial do sorgo na redução do risco de doenças crônicas, como diabetes e enfermidades cardiovasculares, devido ao seu baixo índice glicêmico e alto teor de fitoquímicos. Os autores afirmam que a resistência do sorgo à seca e sua capacidade de cultivo em solos marginais fazem dele uma cultura ambientalmente sustentável, com potencial para enfrentar desafios relacionados à segurança alimentar.

Por outro lado, a aveia (*Avena L.*) é amplamente utilizada na alimentação humana devido à sua popularidade, sabor suave, versatilidade, múltiplos benefícios à saúde e acessibilidade econômica. Reconhecida por sua textura cremosa e sabor neutro, a aveia é um ingrediente básico em diversos preparos, como cereais matinais, produtos de panificação e pratos salgados. Maki et al. (2023) e Rebello et al. (2021) destacaram consistentemente as propriedades promotoras de saúde da aveia, incluindo sua atuação na redução dos níveis de colesterol, regulação da glicemia e promoção da saúde intestinal, graças ao seu conteúdo de fibras solúveis e compostos bioativos únicos. Além disso, o baixo custo e a ampla disponibilidade da aveia a tornam uma opção atrativa para consumidores que buscam alimentos nutritivos e economicamente acessíveis.

Considerando esse contexto, o hambúrguer consolidou-se como um alimento básico na cultura alimentar moderna, amplamente reconhecido por sua conveniência, versatilidade e apelo generalizado. No entanto, esforços para melhorar o perfil nutricional desse alimento popular impulsionaram o interesse por alternativas à base de plantas. À medida que os consumidores passam a priorizar cada vez mais a saúde e a sustentabilidade, os hambúrgueres vegetais surgem como alternativas viáveis, oferecendo sabor e textura comparáveis aos tradicionais, ao mesmo tempo em que apresentam reduções significativas no teor de gordura saturada e colesterol. Hall et al. (2019) e Van Oldenborgh et al. (2022) demonstraram as vantagens nutricionais dos hambúrgueres vegetais, destacando seu potencial em melhorar a saúde cardiovascular e contribuir para o controle do peso corporal. Ademais, o crescente mercado desses produtos reflete uma mudança nas preferências dos consumidores em direção a escolhas alimentares mais sustentáveis e éticas.

Na produção de farinhas pré-gelatinizadas a partir de grãos, o processo de extrusão submete os grãos crus a altas temperaturas e pressões, promovendo a gelatinização parcial dos amidos. O que melhora as propriedades funcionais das farinhas, como maior absorção de água, capacidade espessante e estabilidade aprimorada. O processo de extrusão oferece inúmeras vantagens, incluindo aumento da digestibilidade, redução de fatores antinutricionais e prolongamento da vida útil dos produtos resultantes. Pode-se

ainda afirmar que a tecnologia de extrusão é altamente versátil, permitindo a produção de uma ampla variedade de alimentos texturizados, fortificados e funcionais, adaptados a diferentes preferências (Singh & Sarkar, 2021; Maskey et al., 2020).

Considerando todos os tópicos e benefícios já mencionados, com o intuito de oferecer aos consumidores veganos uma fonte prática e nutritiva de proteína vegetal, foram desenvolvidas três formulações distintas de hambúrgueres veganos a partir de farinhas pré-gelatinizadas de arroz (*O. sativa*), ervilha (*P. sativum*), lentilha (*L. culinaris*), sorgo (*S. bicolor*) e aveia (*Avena L.*). Para tanto, realizaram-se a caracterização físico-química e a avaliação da aceitação sensorial dos produtos desenvolvidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Matérias-primas

O arroz (*Oryza sativa*), ervilha (*Pisum sativum*), lentilha (*Lens culinaris*), sorgo (*Sorghum bicolor*), aveia (*Avena L.*) e especiarias foram adquiridos de fornecedores da empresa Naturally Produtos Naturais (Maringá, Paraná, Brasil).

Preparação das farinhas pré-gelatinizadas

Todos os grãos foram moídos em moinho de facas (ACB Labor) e misturados nas proporções previamente estabelecidas para o estudo (MIX 1, MIX 2 e MIX 3), conforme apresentado na Tabela 1. Posteriormente, foram umedecidos com a adição de 4% de água (m/m) e submetidos ao cozimento por extrusão em extrusora monorroscas (50 mm de diâmetro e 200 mm de comprimento) (Inbramaq®, IB-50), sem utilização de matriz. Um único lote foi preparado para cada mistura com base na metodologia de referência descrita por Graça et al. (2020) e moído uma segunda vez para a obtenção das farinhas.

Formulações das misturas

Após a preparação das farinhas pré-gelatinizadas, óleo e especiarias foram adicionados a cada formulação na mesma proporção para todas as misturas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulações das misturas em pó desenvolvidas para hambúrguer vegano (%).

Ingredientes	MIX 1	MIX 2	MIX 3
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	35,00	35,00	35,00
Ervilha (<i>Pisum sativum</i>)	22,00	13,00	00,00
Lentilha (<i>Lens culinaris</i>)	13,00	22,00	17,50
Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	00,00	00,00	17,50
Aveia (<i>Avena L.</i>)	14,00	14,00	14,00
Óleo de girassol	05,49	05,49	05,49
Páprica defumada	05,21	05,21	05,21
Farinha de beterraba	01,74	01,74	01,74
Mostarda em pó	01,74	01,74	01,74
Sal	01,04	01,04	01,04
Salsinha desidratada	00,52	00,52	00,52
Pimenta em pó	00,17	00,17	00,17
Ácido cítrico	00,09	00,09	00,09

Preparo do hambúrguer instantâneo

Um dos objetivos do desenvolvimento deste novo produto foi a praticidade; assim, as formulações foram elaboradas para que o consumidor precise apenas adicionar água, misturar até formar uma massa, moldar da maneira mais conveniente e cozinhar. Dessa forma, a proporção de água foi calculada de maneira semelhante à do pó para hambúrguer (1:1), resultando em um hambúrguer de 100 g, com 1 cm de altura e 7 cm de diâmetro, conforme ilustrado na Figura 1.

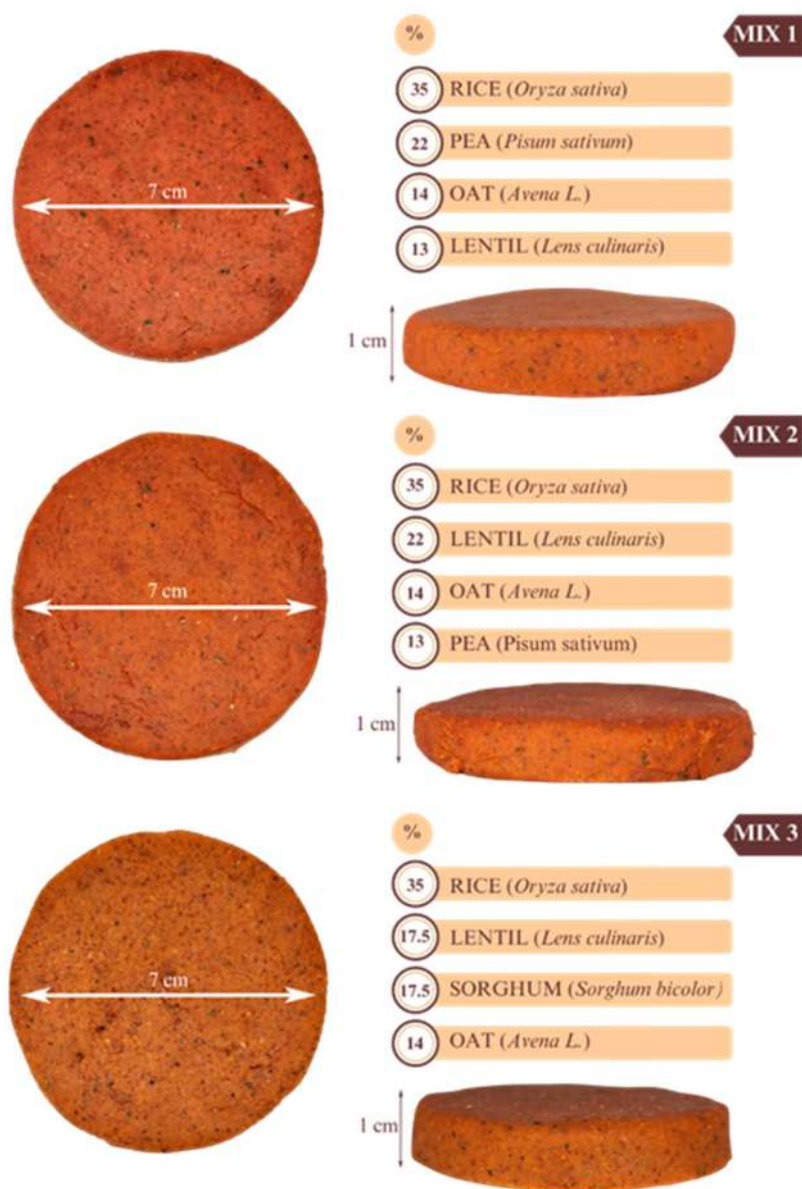


Fig. 1 Hambúrgueres preparados a partir de cada formulação (MIX 1, MIX 2 e MIX 3) com a proporção de água proposta (1:1).

Análise de textura

A análise de textura (dureza, coesividade e gomosidade) foi realizada à temperatura ambiente (25 °C), utilizando um texturômetro (TAXT Plus, Stable Microsystems®), equipado com uma sonda cilíndrica de aço inoxidável de 1/2" (12,7 mm) de diâmetro (P/0,5) (Software Texture Exponent Lite®, versão 6,1,4). As condições da análise foram conduzidas conforme o método modificado de Ganhão et al. (2010): distância de penetração = 20% da espessura do hambúrguer (2 mm), força = 1,0 g, velocidade da sonda antes e durante a penetração = 1 mm/s, e velocidade da sonda após a penetração = 10,0 mm/s. Os parâmetros do perfil de textura foram avaliados conforme as descrições sugeridas por Bourne (1978). Todas as análises foram realizadas com cinco amostras para cada tratamento.

Análises físico-químicas

As formulações foram avaliadas quanto à atividade de água, pH, densidade compactada, umidade, teor de cinzas, proteína bruta, fibra bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e parâmetros de cor (L^* = luminosidade, a^* = intensidade de vermelho, b^* = intensidade de amarelo), sempre em triplicata.

A atividade de água foi determinada utilizando um refratômetro digital Aqualab Series 4TE após a estabilização das amostras a 25 °C. O pH foi determinado com um medidor de pH digital calibrado (Hanna-Instruments HI 3221®). A densidade compactada foi determinada com um béquer de 50 mL previamente pesado, preenchido com o pó e batido 50 vezes sobre a bancada a partir de uma altura pré-estabelecida de 2,5 cm, calculando-se a razão entre a massa e o volume comprimido (Tonon et al., 2009).

O método 2,2,2,5 da *National Forage Testing Association* foi utilizado para a determinação da umidade (Ileleji et al., 2010). Os métodos da *Association of Official Agricultural Chemists* foram utilizados para a fibra bruta e o teor de cinzas, 978,10 e 923,03, respectivamente (AOAC, 2006). As proteínas brutas também foram determinadas utilizando o método AOAC (2001,11) (Cunniff, 1995). As análises de FDN e FDA foram realizadas conforme Van Soest et al. (1991). A cor foi medida com um colorímetro Minolta CR-400 (Minolta®).

Análise sensorial

Para a avaliação sensorial, os hambúrgueres foram preparados a partir de cada formulação com a proporção de água proposta (1:1) e assados em forno de convecção de ar quente a 180 °C por 20 minutos. As amostras foram codificadas e apresentadas a 103 provadores no Laboratório Sensorial da Universidade Estadual de Maringá, a uma temperatura aproximada de 60 °C. Para todas as amostras, os provadores avaliaram cor, gosto, sabor, textura e aceitabilidade global com o auxílio de uma escala hedônica de 9 pontos, sendo 9 = gostei extremamente e 1 = desgostei extremamente (Wichchukit & O'Mahony, 2015).

Análise estatística

O experimento completo foi repetido duas vezes, utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado. As análises de composição química e das características físicas e químicas foram realizadas em triplicata em cada repetição experimental. Para a aceitabilidade (análise sensorial), o delineamento experimental consistiu em blocos casualizados completos (os tratamentos foram as formulações e os blocos foram os

providores). Os dados foram submetidos à análise de variância com nível de significância de 5%. O sistema computacional da SAS Inst., foi utilizado para avaliar as diferenças entre as formulações dos hambúrgueres e a aceitação pelos consumidores (SAS Institute, 2010).

RESULTOS E DISCUSSÕES

Características físico-químicas

A Tabela 2 apresenta os resultados das características físico-químicas das misturas (MIX 1, MIX 2 e MIX 3).

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos das misturas em pó para hambúrg

	MIX 1	MIX 2	MIX 3
Atividade de água (g/ml)	00,46 ^a ±00,00	00,45 ^b ±00,00	00,45 ^b ±00,00
pH	05,98 ^a ±00,00	05,97 ^a ±00,00	05,84 ^b ±00,00
Densidade (g/ml)	00,69 ^a ±00,00	00,70 ^a ±00,00	00,67 ^a ±00,00
Umidade (%)	05,76 ^a ±00,06	05,40 ^a ±00,01	05,56 ^a ±00,01
Cinzas (%)	04,02 ^a ±01,32	03,87 ^a ±00,33	03,05 ^a ±00,40
Proteína bruta (%)	17,99 ^a ±00,01	18,09 ^a ±00,02	11,90 ^b ±00,06
Fibra bruta (%)	04,78 ^a ±00,13	05,00 ^a ±00,36	04,68 ^a ±00,02
FDN (%)	10,38 ^a ±00,39	10,89 ^a ±00,02	10,70 ^a ±01,92
FDA (%)	06,61 ^a ±00,09	06,66 ^a ±00,17	05,50 ^a ±00,50
L*	60,30 ^a ±05,46	58,38 ^a ±03,80	57,29 ^a ±04,07
a*	11,41 ^a ±00,11	13,99 ^b ±00,36	16,64 ^c ±00,24
b*	39,67 ^a ±00,10	40,58 ^a ±01,69	38,77 ^a ±00,13

*Os resultados são expressos como média ± desvio-padrão (DP), Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$), segundo o teste de Tukey.

Não foram observados valores significativos entre as amostras MIX 2 e MIX 3 para a atividade de água. Por outro lado, a MIX 1 (0,46) apresentou valor significativamente superior em comparação, uma vez que esta formulação continha maior concentração de ervilha (*Pisum sativum*). Para os parâmetros de pH, os valores foram significativamente menores no MIX 3 (5,84), em comparação com o MIX 1 e MIX 2 (5,98 e 5,97, respectivamente). Segundo Lima et al. (2018), em seu estudo sobre hambúrgueres vegetais à base de fibra de caju e feijão-caupi, o pH encontrado foi de 5,77, valor correspondente aos resultados obtidos no presente trabalho.

As densidades compactadas variaram entre 0,67 e 0,70, não demonstrando diferenças significativas entre as formulações desenvolvidas, o que indica homogeneidade neste aspecto. O teor de umidade das misturas variou entre 5,40 e 5,76, também sem diferenças estatísticas significativas entre elas ($p > 0,05$). Wichchukit et al. (2013) encontraram valores semelhantes em seu estudo com proteína de ervilha enriquecida como substituto da carne em hambúrgueres (5,32–6,10).

Situação semelhante foi observada no parâmetro de cinzas, que também não apresentou diferenças significativas entre as amostras (3,05–4,02), característica igualmente observada por Chilón-Llico et al. (2022) em sua pesquisa sobre proteína,

qualidade e percepção sensorial de hambúrgueres à base de quinoa, tremoço e milho, com valores variando entre 2,81 e 5,88.

Na análise de proteína bruta também não foram encontradas diferenças significativas entre as amostras 1 e 2 (17,99 e 18,09, respectivamente). Contudo, a amostra 3 apresentou menor quantidade de proteínas brutas (11,90), o que provavelmente se deve às diferentes formulações utilizadas durante a pesquisa, especialmente à presença de sorgo (*Sorghum bicolor*) e à ausência de ervilha (*Pisum sativum*) na formulação 3 — ingrediente presente nas duas primeiras. Quando comparamos nossos resultados com estudos semelhantes, destaca-se como ponto positivo a maior quantidade de proteínas encontrada nas formulações analisadas (11,90 a 18,09). Por exemplo, Benevides et al. (2023) relataram 5,66 e Lima et al. (2018) detectaram apenas 4,86 em seus produtos finais.

Considerando os resultados obtidos para a análise de fibras, não foram observadas diferenças significativas entre as amostras (4,68–5,00). Em seu trabalho com análogo de hambúrguer à base de fibra de caju, lentilha e spirulina, Benevides et al. (2023) encontraram valor de 10,25 para fibra bruta. Esse ponto evidencia a possibilidade de adicionar maiores fontes de ingredientes ricos em fibras em estudos futuros. A mesma situação foi observada nas análises de FDN e FDA, nas quais não foram detectadas diferenças significativas. Os valores de FDN variaram entre 10,38 e 10,89, enquanto para FDA os valores estiveram entre 5,50 e 6,66.

O parâmetro de cor L* variou de 57,29 a 60,30, sem diferenças significativas. Para o parâmetro de cor a*, foram observadas diferenças significativas entre todas as amostras das misturas, provavelmente em razão das diferentes colorações dos grãos utilizados na elaboração das farinhas. Por outro lado, para o parâmetro b* (intensidade de amarelo), não foram identificadas diferenças significativas entre as amostras.

Considerando que a variação dos parâmetros de cor entre as três misturas foi pouco expressiva, pode-se considerar que os grãos extrusados apresentaram homogeneidade nesse aspecto. Peñaranda et al. (2023) detectaram, para os parâmetros de cor, valores de L* entre 76,19 e 79,42, de a* entre 2,71 e 4,51, e de b* entre 19,10 e 21,75. Ainda, para proteína texturizada com diferentes formulações, os valores de L* variaram entre 54,80 e 58,20, a* entre 1,51 e 10,71, e b* entre 21,2 e 28,5.

Análise de Textura

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise de textura dos hambúrgueres preparados a partir de cada formulação com a proporção de água proposta (1:1), sem cocção, conforme ilustrado na Figura 1.

Tabela 3. Parâmetros de textura dos hambúrgueres preparados antes da cocção.

	MIX 1	MIX 2	MIX 3
Dureza (N)	08,41 ^a ±00,80	07,49 ^a ±00,17	06,66 ^a ±00,49
Coesividade	00,90 ^a ±00,00	00,91 ^a ±00,00	00,92 ^a ±00,00
Gomosidade	07,59 ^a ±00,68	06,78 ^a ±00,12	06,13 ^a ±00,38

*Os resultados são expressos como média ± desvio-padrão (DP), Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$), segundo o teste de Tukey.

Considerando os resultados obtidos para dureza (N), não foram observadas diferenças significativas entre as amostras (6,66–8,41), indicando que a rigidez dos diferentes grãos utilizados nas formulações não afeta esse parâmetro. Kim et al. (2021) encontraram um intervalo entre 3,9 e 8,3 para dureza (N) em seu estudo com hambúrgueres vegetais com sabor de carne bovina, demonstrando uma ampla variação entre suas amostras nesse parâmetro, o que sugere que as diferentes formulações com grãos extrusados desenvolvidas no presente trabalho não variam significativamente nesse sentido.

Observa-se situação semelhante na análise de coesividade, cujos valores não apresentaram diferenças significativas entre as formulações ($p < 0,05$), variando de 0,90 a 0,92. Monego et al. (2018) relataram valores entre 0,68 e 0,70 para hambúrgueres elaborados com carne de cordeiros alimentados com caroço de algodão integral, demonstrando um valor inferior para esse parâmetro em comparação com hambúrgueres de carne.

Para a gomosidade, os valores também não apresentaram diferenças significativas, variando entre 6,13 e 7,59. Considerando que esse indicador deve ser utilizado para descrever a sensação de mastigabilidade de alimentos semissólidos, pode-se afirmar que o sabor das amostras não apresenta variações perceptíveis. Dessa forma, outras características podem ser consideradas para uma possível introdução do produto no mercado, como, por exemplo, a formulação que apresentar os melhores valores nutricionais.

Análise Sensorial

A Tabela 4 apresenta os resultados da avaliação sensorial e a preferência global dos provadores entre as amostras de hambúrguer prontos (1, 2 e 3).

Tabela 4 - Resultados da análise sensorial e da preferência global.

	MIX 1	MIX 2	MIX 3
Cor	06,37 ^a ±00,06	06,18 ^a ±00,41	06,42 ^a ±00,36
Sabor	05,69 ^a ±00,90	06,20 ^a ±00,57	06,43 ^a ±00,17
Aroma	06,12 ^a ±00,16	06,14 ^a ±00,51	06,20 ^a ±00,93
Textura	06,16 ^a ±00,56	06,31 ^a ±00,82	06,44 ^a ±00,23
Preferência Global (%)	16	38	49

**Os resultados são expressos como média ± desvio-padrão (DP), Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ($p < 0,05$), segundo o teste de Tukey.*

Não foram observadas diferenças significativas entre todas as amostras quanto à cor, ao gosto, ao sabor ou à textura. Esse comportamento pode ser considerado um ponto positivo, tendo em vista a possibilidade de desenvolvimento de hambúrgueres veganos com alto teor proteico, elaborados com diferentes grãos e proporções, sem comprometer a aceitação do consumidor.

Para a cor, os resultados variaram de 6,18 a 6,42; para o gosto, de 5,69 a 6,43; para o sabor, de 6,12 a 6,20; e para a textura, de 6,16 a 6,44, indicando que as pontuações se situaram entre “nem gostei, nem desgostei” e “gostei ligeiramente”.

Embora nenhum dos atributos tenha apresentado valores significativamente diferentes entre as amostras, os provadores demonstraram uma preferência global pela amostra 3, com 49% das escolhas. Essa formulação contém sorgo (*Sorghum bicolor*) e é isenta de ervilha (*Pisum sativum*), ao contrário das demais, o que pode ter contribuído para uma melhor aceitação, considerando o sabor marcante que a ervilha pode conferir ao produto final e a suavidade atribuída ao sabor do sorgo.

CONCLUSÕES

O crescimento contínuo do mercado de proteínas vegetais tornou-se uma força motriz na busca por análogos da carne, embora os desafios estejam associados às propriedades tecnológicas das proteínas vegetais isoladas. A melhoria dos atributos sensoriais ainda exige mais pesquisas; por outro lado, é possível afirmar que as proteínas obtidas por meio do processo de extrusão apresentam melhora nessas propriedades, especialmente na texturização.

Neste trabalho, foi detectado um aumento de 49% na preferência pela amostra MIX 3 entre os 103 provadores. A formulação com farinha de sorgo (*Sorghum bicolor*) pré-gelatinizada apresentou 11,90% de proteína bruta e 4,68% de fibra bruta. Esse resultado, no entanto, não anula as propriedades das demais amostras (MIX 1 e MIX 2), que apresentaram teores significativamente maiores de proteínas (17,99% e 18,09%, respectivamente), permanecendo, assim, a possibilidade de aperfeiçoar as propriedades sensoriais dessas formulações em estudos futuros, por meio da adição de ingredientes que também proporcionem maior concentração de fibras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Escrita Acadêmica (CEA) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) pelo apoio na tradução para o inglês e na edição do desenvolvimento textual. Assim como ao COMCAP (Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa) pelo suporte na realização das análises de textura.

REFERÊNCIAS

- AOAC (2006). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. AOAC.
- Awika, J. M. (2017). Sorghum: Its Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes. In *Gluten-Free Ancient Grains* (pp. 21-54). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100866-9.00003-0>
- Benevides, S. D., Wurlitzer, N. J., Dionisio, A. P., dos Santos Garruti, D., Nunes, G. M. V. C., Chagas, B. A., Bessa, J. M. R., & de Sousa, P. H. M. (2023). Alternative Protein and Fiber-Based Cheese and Hamburger Analogues: Meeting Consumer Demand for Differentiated Plant-Based Products. *Chemical Engineering Transactions*, 102, 25-30. <https://doi.org/10.3303/CET23102005>
- Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32, 62-66.
- Bryant, C., Szejda, K., Parekh, N., & Deshpande, V. (2022). *The state of plant-based eating in 2022: Insights from 25,000+ consumers*. The Good Food Institute.

Casalvara, R. F. A., Ferreira, B. M. R., Gonçalves, J. E., Yamaguchi, N. U., Bracht, A., Bracht, L., Comar, J. F., de Sá-Nakanishi, A. B., de Souza, C. G. M., Castoldi, R., Corrêa, R. C. G., & Peralta, R. M. (2024). Biotechnological, nutritional, and therapeutic applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and its by-products: a review of the past five-year findings. *Nutrients*, 16(6), 840. <https://doi.org/10.3390/nu16060840>

Chilón-Llico, R., Sigvas-Cruzado, L., Apaza-Humerez, C. R., Morales-García, W. C., & Silva-Paz, R. J. (2022). Protein Quality and Sensory Perception of Hamburgers Based on Quinoa, Lupin and Corn. *Foods*, 11(21), 3405. <https://doi.org/10.3390/foods11213405>

Cunniff, P. (1995). *Official methods of analysis of AOAC International*. (16a ed., v. 1). AOAC International.

Euromonitor International (2024). *Top 10 global consumer trends 2024*. Euromonitor International. Retrieved from <https://www.euromonitor.com/>

Ganhão, R., Morcuende, D., & Estévez, M. (2010). Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat Science*, 85(3), 402-409. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.02.008>

Gorissen, S. H., Crombag, J. J., Senden, J. M., Waterval, W. H., Bierau, J., Verdijk, L. B., & van Loon, L. J. (2018). Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids*, 50(12), 1685-1695. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2640-5>

Graça, C., Marques, D., Sousa, I., & Monteiro, A. R. G. (2020). Xanthan gum as an alternative to replace the fat for coating and flavoring the extruded snacks. *Journal of Food Science and Technology*, 57(8), 3151-3156. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04542-y>

Hall, K. D., Ayuketah, A., Brychta, R., Cai, H., Cassimatis, T., Chen, K. Y., Chung, S. T., Costa, E., Courville, A., Darcey, V., Fletcher, L. A., Forde, C. G., Gharib, A. M., Guo, J., Howard, R., Joseph, P. V., McGehee, S., Ouwemaker, R., Raisinger, K., Rozga, I., Stagliano, M., Walter, M., Walter, P. J., Yang, S., & Zhou, M. (2019). Ultra-Processed Diets Cause Excess Calorie Intake and Weight Gain: An Inpatient Randomized Controlled Trial of Ad Libitum Food Intake. *Cell Metabolism*, 30(1), 67-77. e3. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2019.05.008>

Ileleji, K. E., Garcia, A. A., Kingsly, A. R. P., & Clementson, C. L. (2010). Comparison of Standard Moisture Loss-on-Drying Methods for the Determination of Moisture Content of Corn Distillers Dried Grains with Solubles. *Journal of AOAC International*, 93(3), 825- 832. <https://doi.org/10.1093/jaoac/93.3.825>

Kim, T., Miller, R., Laird, H., & Riaz, M. N. (2021). Beef flavor vegetable hamburger patties with high moisture meat analogs (HMMA) with pulse proteins-peas, lentils, and faba beans. *Food Science & Nutrition*, 9(8), 4048-4056. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2172>

- Lee, A. R., Ng, D. L., Dave, E., Ciaccio, E. J., & Green, P. H. R. (2009). The effect of substituting alternative grains in the diet on the nutritional profile of the gluten-free diet. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 22(4), 359-363. <https://doi.org/10.1111/j.1365-277x.2009.00970.x>
- Lima, J. R., Garruti, D. dos S., Machado, T. F., & Araújo, Í. M. da S. (2018). Vegetal burgers of cashew fiber and cowpea: formulation, characterization and stability during frozen storage. *Revista Ciência Agronômica*, 49(4), 708-714. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180080>
- Liu, J. M., Mei, Q., Xue, C. Y., Wang, Z. Y., Li, D. P., Zhang, Y. X., & Xuan, Y. H. (2021). Mutation of G-protein γ subunit DEP1 increases planting density and resistance to sheath blight disease in rice. *Plant Biotechnology Journal*, 19(3), 418-420. <https://doi.org/10.1111%2Fpbi.13500>
- Maki, K. C., Hasse, J., Dicklin, M. R., Bell, M., Buggia, M., Cassens, M. E., & Dahl, W. J. (2023). Effects of oat consumption on glycemic control and insulin sensitivity: A randomized controlled cross-over trial. *Nutrition Journal*, 22(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s12937-022-00828-5>
- Maskey, B., Subedi, S., & Shrestha, N. K. (2020). Effect of incorporation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed flour on the quality of cookies. *Dristikon: A Multidisciplinary Journal*, 10(1), 60-72. <https://doi.org/10.3126/dristikon.v10i1.34541>
- Masterson, D. (2023). Mintel report: Marketers should focus on millennials. *Global Food*. Retrieved from <https://link.ingale.com/apps/doi/A737262828/HRCA?u=anon~b1fc75f3&sid=googleScholar&xid=4fdcc726>
- Monego, M. A., Kipper, D. K., de Pellegrini, L. G., de Pellegrini, L. G., Roman, S. S., Kubota, E. H., Prestes, R. C., & de Oliveira Mello, R. (2018). Physicochemical, technological and sensory properties of hamburger made with meat from lambs fed on whole cottonseed. *Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2230-2239. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3140-z>
- Papanikolaou, Y. (2023). *Dietary Patterns with Increased Bean Consumption are Associated with Greater Overall and Shortfall Nutrient Intakes, Lower Added Sugar, and Improved Diet Quality in Adults*.
- Peñaranda, I., Garrido, M. D., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J., & Igual, M. (2023). Enriched Pea Protein Texturing: Physicochemical Characteristics and Application as a Substitute for Meat in Hamburgers. *Foods*, 12(6), 1303. <https://doi.org/10.3390/foods12061303>
- Rebello, C. J., Burton-Freeman, B., Hsieh, P. S., & Shanely, R. A. (2021). Oatmeal consumption and blood lipids: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American College of Nutrition*, 40(5), 397-405. <https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1863587>

SAS Institute (2010). *SAS/STAT Users guide, version 6* (4a ed.). SAS Institute.

Singh, A., & Sarkar, B. C. (2021). Extrusion Cooking Technology: Principles, Types, and Applications in Food Processing. In *Food Processing and Preservation* (pp. 71-87). Springer.

Tang, J. E., & Moore, D. R. (2023). Protein source, quality, and timing: Effects on muscle protein synthesis and metabolism. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 48(7), 713-720. <https://doi.org/10.1139/apnm-2022-0876>

Taylor, J. R. N., Duodu, K. G., & Rooney, L. W. (2022). Sorghum: Nutritional and health attributes and potential for the future. In M. Wrigley, K. Bekes, & L. W. Rooney (Eds.), *Sorghum and millets* (pp. 295-332). AACC International Press.

Tonon, R. V., Brabet, C., Pallet, D., Brat, P., & Hubinger, M. D. (2009). Physicochemical and morphological characterization of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced with different carrier agents. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(10), 1950-1958. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02012.x>

Van Oldenborgh, G. J., Wehner, M. F., Vautard, R., Otto, F. E., Sen-eviratne, S. I., Stott, P. A., Hegerl, G. C., Philip, S. Y., & Kew, S. F. (2022). Attributing and projecting heatwaves is hard: We can do better. *Earth's Future*, 10(6), e2021EF002271. <https://doi.org/10.1029/2021EF002271>

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

Vasanthi, H. R., Mukherjee, S., & Das, D. K. (2021). Potential health benefits of lentils. *Current Nutrition Reports*, 10(1), 49-60. <https://doi.org/10.1007/s13668-021-00349-0>

Wang, Z., Luo, W., Yang, H., Wang, S., Ding, R., Huang, W., & Liu, L. (2023). Rice protein promotes muscle growth and alleviates obesity-related metabolic dysfunction by enhancing gut microbiota-mediated endocrine FGF21 signaling. *Food & Function*, 14(4), 1921-1932. <https://doi.org/10.1039/D2FO01982J>

Wichchukit, S., Oztop, M. H., McCarthy, M. J., & McCarthy, K. L. (2013). Whey protein/alginate beads as carriers of a bioactive component. *Food Hydrocolloids*, 33(1), 66-73. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.02.013>

Wichchukit, S., & O'Mahony, M. (2015). The 9-point hedonic scale and hedonic ranking in food science: some reappraisals and alternatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(11), 2167-2178. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6993>

Artigo 3

DESENVOLVIMENTO DE HOMUS A PARTIR DE FARINHA DE GRÃO-DE-BICO PRÉ-GELATINIZADA ENRIQUECIDA COM COMPOSTOS BIOATIVOS

Bruna Roldão^{1,2}, Eliana Pereira¹, Tânia Pires¹, Tiane Finimundy¹, Filipa Fernandes¹, Antonio Monteiro², Cristina Caleja^{1*}, Lillian Barros¹

¹CIMO, LA SusTEC, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal. ²Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, 87020-900 Maringá - PR, Brasil. *Autor correspondente (e-mail: ccaleja@ipb.pt; telephone +351-273-303219; fax +351-273-325405).

RESUMO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum*) tem atraído atenção por suas propriedades benéficas à saúde, principalmente devido ao seu rico conteúdo em compostos bioativos, incluindo polifenóis, carotenoides, taninos, esteróis e peptídeos. O aumento do consumo de grão-de-bico tem sido amplamente impulsionado pela popularidade do homus – uma pasta tradicional do Oriente Médio feita com grão-de-bico, tahine, suco de limão, azeite e especiarias – que se alinha com a crescente demanda por alimentos saborosos e nutritivos, adequados para dietas à base de plantas. Um desafio fundamental na produção de homus é o cozimento e a moagem do grão-de-bico, que pode ser resolvido por meio do processamento por extrusão. Dado que a conveniência no preparo, cozimento e consumo influencia significativamente as preferências do consumidor, este estudo teve como objetivo desenvolver uma mistura seca para o preparo de homus usando farinha de grão-de-bico extrusada enriquecida com compostos bioativos. Para tanto, seis misturas de ervas (M1–M6) de uma empresa no Norte de Portugal foram selecionadas e avaliadas quanto à sua composição fenólica, potencial bioativo e atividades antioxidante e antimicrobiana. A pasta de homus foi preparada com água, farinha de grão-de-bico pré-gelatinizada, mistura de ervas, pasta de gergelim, óleo, sal, alho em pó e ácido cítrico em três formulações: F1 (controle, sem extratos), F2 (com extrato M1) e F3 (com extrato M5). M1, composto por 40% de *Mentha piperita* L., 30% de *Mentha aquatica* e 30% de *Mentha spicata*, e M5, contendo 25% de *Rosmarinus officinalis* L. e 25% de *Laurus nobilis* L., entre outras ervas, foram selecionados com base em seu alto teor fenólico, forte atividade antioxidante e propriedades antimicrobianas eficazes. A Formulação 2 (F2), enriquecida com o extrato M1, foi identificada como a opção mais bioativa e segura. O extrato M1 continha os maiores níveis de ácidos fenólicos (7,4 mg/g) e compostos fenólicos totais (17,3 mg/g), com eriocitrina (pico 25) como o principal componente (5,71 mg/g). F2 também apresentou a atividade antioxidante mais forte, com os menores valores de EC₅₀ nos ensaios TBARS (5,1 µg/mL) e DPPH (97 µg/mL), indicando alto potencial de eliminação de radicais livres e inibição da peroxidação lipídica. Além disso, F2 apresentou atividade antimicrobiana eficaz, inibindo *Yersinia enterocolitica* e *Staphylococcus aureus* a uma MIC de 2,5 mg/mL. Nutricionalmente, apresentou os maiores teores de lipídios (20,17 g/100 g de peso seco) e proteínas (9,50 g/100 g de peso seco), contribuindo para suas propriedades sensoriais e valor nutricional. Com F2 identificada como a formulação mais promissora e adequada para consumo, este estudo contribuiu para o desenvolvimento de uma mistura seca inovadora para o preparo de homus, à base de farinha de grão-de-bico pré-gelatinizada e enriquecida com compostos bioativos. Este produto, ainda não disponível no mercado, demonstra forte potencial de investimento no setor de alimentos de consumo rápido, oferecendo alto valor nutricional e propriedades bioativas aprimoradas.

Keywords: Pasta de grão-de-bico; Compostos bioativos; Novos produtos de preparo instantâneo; Alimentos seguros; Tendências de mercado.

1. INTRODUÇÃO

Em 2023, a Índia, a Austrália e a Turquia foram os principais produtores globais de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), respondendo coletivamente por quase 14 milhões de toneladas de produção (FAO, 2024). Essa leguminosa tem ganhado considerável atenção nos últimos anos devido aos seus potenciais benefícios à saúde, em grande parte atribuídos à sua rica composição em compostos bioativos, como polifenóis, carotenoides, taninos, esteróis e peptídeos (De Camargo et al., 2019; Faridy et al., 2020; Kaur & Prasad, 2021; Wallace, Murray & Zelman, 2016). Da mesma forma, o consumo de grão-de-bico aumentou significativamente, impulsionado principalmente pela crescente popularização do homus, uma pasta tradicional do Oriente Médio feita de grão-de-bico cozido e amassado, misturado com tahine, suco de limão, azeite e especiarias (Yamani & Mehryar, 2011).

O homus ganhou grande popularidade nos países ocidentais devido à sua acessibilidade e alto valor nutricional. A crescente demanda por alimentos saborosos e saudáveis, fáceis de incorporar em dietas à base de plantas, contribuiu ainda mais para essa tendência (Graça et al., 2019). Além disso, o homus é reconhecido por sua versatilidade e benefícios à saúde, tornando-o um componente valioso de padrões alimentares saudáveis, como a dieta mediterrânea (Turmo, 2012) e o USDA MyPlate (Departamento de Agricultura dos EUA, 2015).

A exploração industrial do grão-de-bico é limitada não apenas pela insuficiência de pesquisas, mas também por alterações nas propriedades funcionais de seus componentes quando submetidos a diversas condições de processamento, particularmente tratamento térmico e altas forças de cisalhamento (Acevedo Martinez, Yang & Gonzalez de Mejia, 2021). Além disso, um dos principais desafios na produção de homus, tanto artesanal quanto em larga escala, reside no cozimento e na moagem do grão-de-bico. Ambas as questões podem ser solucionadas com o uso do versátil processo de extrusão (Gujral & Singh, 2002; Xu et al., 2016).

A extrusão é uma técnica na qual amido e proteínas umedecidos e expansíveis são modificados sob parâmetros controlados (Liu et al., 2011). Esse método tornou-se uma técnica de fabricação fundamental para produtos como cereais matinais, salgadinhos, farinhas pré-cozidas, papinhas à base de cereais e proteínas texturizadas (Mishra, Mishra & Rao, 2012). Em consonância com esses aspectos, houve um aumento notável no consumo de refeições rápidas e práticas nos últimos anos (Srinivasan & Shende, 2016; Thienhirun et al., 2017). Estudos indicam que a facilidade de preparo, cozimento e consumo são os principais fatores que influenciam nas escolhas do consumidor (Capps et al., 1985; De Boer et al., 2004; Ahlgren et al., 2005).

“Grãos estufados” ou extrusados, são comumente utilizados em cereais matinais prontos para consumo, confeitaria e salgadinhos. Lanches à base de grão-de-bico estão disponíveis em todo o mundo em diversas formas, incluindo misturas de leguminosas torradas com especiarias e nozes, salgadinhos de farinha de grão-de-bico fritos, grão-de-bico torrado, misturas para bolo, pasta de grão-de-bico temperada com *ghee*, *tortillas* e barras de cereais salgadas (Acevedo Martinez, Yang & Gonzalez de Mejia, 2021). No entanto, até onde sabemos, faltam relatos sobre o uso da extrusão para a formulação de um produto seco de homus pronto para consumo.

Considerando que a farinha de grão-de-bico convencional não é adequada para o preparo de homus e que o maior desafio nesse preparo é o cozimento e a moagem do grão-de-bico, este estudo teve como objetivo desenvolver uma mistura seca à base de

farinha de grão-de-bico pré-gelatinizada, oferecendo aos consumidores modernos uma alternativa prática, segura e inovadora para o preparo de homus. Além disso, diversas fontes vegetais ricas em compostos bioativos foram avaliadas com o objetivo de enriquecer o produto, potencializando sua atividade antioxidante e outras propriedades funcionais potencialmente benéficas à saúde humana.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Mistura de plantas e preparo das infusões

Cada mistura de plantas secas utilizada na preparação das infusões foi fornecida pela empresa Ervital® (Castro Daire, Portugal). A composição de cada uma delas está apresentada na **Figura 1**. Para a preparação das infusões, foi seguido o protocolo descrito por Pereira et al. (2015). Para cada infusão, 1 g da amostra seca foi adicionado a 200 mL de água destilada fervente (100 °C) e mantido em repouso à temperatura ambiente (25 °C) por 5 minutos. Todas as amostras foram filtradas em papel de filtro Whatman nº 4, congeladas a -20 °C e, em seguida, liofilizadas para obtenção do extrato seco.

2.2 Perfil fenólico dos extratos

Os extratos secos foram ressuspensos em etanol aquoso (80:20 v/v), na concentração de 10 mg/mL, e filtrados (0,2 µm). O perfil fenólico dos extratos foi determinado por cromatografia líquida (Dionex Ultimate 3000 UPLC, Thermo Scientific, San Jose, CA, EUA), com detector de arranjo de diodos (em comprimentos de onda de 280, 330 e 370 nm) acoplado a um espectrômetro de massas com ionização por eletrospray operando em modo negativo (Linear Ion Trap LTQ XL, Thermo Scientific, San Jose, CA, EUA). O nitrogênio foi utilizado como gás de nebulização (50 psi); o sistema operou com uma voltagem de spray de 5 kV, temperatura da fonte de 325 °C e voltagem do capilar de -20 V. O desvio da lente do tubo foi mantido a uma voltagem de -66 V. A varredura completa abrangeu a faixa de massas de m/z 100 a 1800 (Bessada et al. 2016). A aquisição dos dados foi realizada com o sistema Xcalibur® (ThermoFinnigan, San Jose, CA, EUA). Os compostos fenólicos foram identificados com base em suas características cromatográficas, por seus tempos de retenção, espectros de absorção e características de massa, em comparação com padrões obtidos e com a literatura. Para a análise quantitativa, foram utilizadas curvas de calibração preparadas com padrões apropriados. Os resultados foram expressos em miligramas por grama de extrato seco (mg/g), como média ± desvio padrão de três análises independentes.

2.3 Caracterização bioativa dos extratos

Atividade antioxidante: A inibição da peroxidação lipídica em homogeneizados de cérebro de porco (*Sus scrofa*) foi avaliada por meio da redução das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), seguindo o protocolo descrito por Pinela et al. (2012). Os resultados foram expressos como valores de EC₅₀ (concentração da amostra capaz de fornecer 50% de atividade antioxidante, µg mL⁻¹). O método DPPH foi utilizado para avaliar a atividade antioxidante por meio da redução do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil, conforme descrito por Corrêa et al. (2017).

Atividade antibacteriana: O potencial antibacteriano dos extratos foi testado contra patógenos transmitidos por alimentos e isolados clínicos. Os extratos foram testados contra cinco bactérias Gram-negativas, sendo elas: *Enterobacter cloacae* (ATCC 49741),

Escherichia coli (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 9027), *Salmonella enterica* subsp. (ATCC 13076), *Yersinia enterocolitica* (ATCC 8610), e três bactérias Gram-positivas: *Bacillus cereus* (ATCC 11778), *Listeria monocytogenes* (ATCC 19111) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) (Frlabo, Porto, Portugal). Antes da análise, as bactérias foram incubadas a 37 °C em meio de cultura fresco e apropriado por 24 horas para garantir a fase de crescimento exponencial.

Os isolados clínicos foram obtidos de pacientes hospitalizados em diferentes departamentos do Centro Hospitalar Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro (Vila Real, Portugal). Entre eles, cinco bactérias Gram-negativas: *Escherichia coli* (VRU12881), *Proteus mirabilis* (VRU17684), *Klebsiella pneumoniae* (VRI17214), *Pseudomonas aeruginosa* (VRU14123) e *Morganella morganii* (VRU14272), além de três bactérias Gram-positivas: *Enterococcus faecalis* (VRU14041), *Listeria monocytogenes* (VRU17684) e *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) (VRI17654).

Os valores de Concentração Inibitória Mínima (MIC), correspondentes às menores concentrações que inibiram o crescimento bacteriano visível, foram obtidos utilizando o ensaio colorimétrico descrito por Pires et al. (2018). Primeiramente, as amostras foram dissolvidas em 5% (v/v) de dimetilsulfóxido (DMSO) e 95% de água destilada autoclavada, obtendo-se uma concentração inicial de 20 mg/mL. Foram adicionados 100 µL dessa solução ao primeiro poço (placa de 96 poços), em duplicata, juntamente com 90 µL de meio *Tryptone Soy Broth* (TSB). Nos poços restantes, foram adicionados 90 µL de TSB. As amostras foram, então, diluídas em série para se obter uma faixa de concentrações (10 a 0,03125 mg/mL). Por fim, foram adicionados 10 µL do inóculo (padronizado a $1,5 \times 10^6$ Unidades Formadoras de Colônia – UFC/mL) em todos os poços, assegurando uma concentração final de $1,5 \times 10^5$ UFC.

Foram preparados dois controles negativos: um com TSB e outro com extrato. Também foram preparados dois controles positivos: um com TSB e cada inóculo, e outro com meio, antibióticos e bactérias. Ampicilina e Estreptomicina foram utilizados para todas as bactérias testadas, e Meticilina também foi usada para *Staphylococcus aureus*. As microplacas foram incubadas a 37 °C por 24 horas. A MIC das amostras foi detectada após a adição de 40 µL de cloreto de p-iodonitrotetrazólio (INT) a 0,2 mg/mL, seguida de incubação a 37 °C por 30 minutos.

Para determinar a Concentração de Bactericida Mínima (MBC), correspondente à menor concentração que não produziu crescimento bacteriano, 10 µL do conteúdo de cada poço que não apresentou alteração de cor foi inoculado em meio sólido, Ágar Sangue (7% sangue de carneiro), e incubado a 37 °C por 24 horas.

Atividade antifúngica: O potencial antifúngico foi avaliado segundo o método descrito por Heleno et al. (2013), utilizando *Aspergillus fumigatus* (ATCC 204305) e *A. brasiliensis* (ATCC 16404) (Frlabo, Porto, Portugal). Os fungos foram mantidos em ágar malte, e as culturas armazenadas a 4 °C até serem transferidas para meio fresco e incubadas a 25 °C por 72 horas.

Para a determinação da atividade antifúngica, os esporos fúngicos foram removidos da superfície das placas de ágar com solução salina estéril a 0,85% contendo 0,1% de Tween 80 (v/v). A suspensão de esporos foi ajustada com solução salina estéril para uma concentração aproximada de $1,0 \times 10^5$ esporos por um volume final de 100 µL por poço.

Inicialmente, as amostras foram dissolvidas em 5% (v/v) de dimetilsulfóxido (DMSO) e 95% de água destilada autoclavada, obtendo-se uma concentração inicial de 20 mg/mL.

Em seguida, foram adicionados 100 µL dessa concentração ao primeiro poço (placa de 96 poços), em duplicata, juntamente com 90 µL de meio *Malt Extract Broth* (MEB). Nos demais poços, foram adicionados 90 µL de MEB. As amostras foram então diluídas em série para se obter uma faixa de concentrações (10 a 0,03125 mg/mL). Os valores de MIC foram determinados pela ausência de crescimento fúngico visível (sob microscópio binocular).

A Concentração Fungicida Mínima (MFC) foi determinada por subcultivo de 2 µL do conteúdo de cada poço, com incubação por 72 horas a 26 °C. O fungicida comercial cetoconazol (Frilabo, Porto, Portugal) foi utilizado como controle positivo.

2.4 Desenvolvimento da pasta de grão-de-bico (homus)

Após testes preliminares, a seguinte formulação foi definida para o homus: água (50%), farinha de grão-de-bico (22%), mistura (10%), pasta de gergelim (9,4%), óleo (7%), sal (0,8%), alho em pó e ácido cítrico (0,4% cada). Com o objetivo de desenvolver uma mistura seca para o preparo instantâneo de homus em casa, foi elaborado um método de preparo baseado em medidas caseiras. Para preparar 100 gramas do produto, o consumidor deve adicionar 1 xícara de café ou meio “copo americano” (50 mL) de água, 1 colher de sopa de azeite de oliva (7 mL) e misturar até obter uma pasta homogênea. Esse procedimento foi utilizado para obtenção das amostras analisadas no presente estudo.

2.5 Análises de cor, textura e atividade de água do homus

As pastas de homus foram avaliadas quanto aos parâmetros de cor, textura e atividade de água, todas as análises realizadas em triplicata. A cor foi medida com um colorímetro CR-400 (Minolta®). O colorímetro possuía uma área de leitura de 11 mm de diâmetro e foi calibrado com uma placa branca. As medições foram registradas como coordenadas de cor L* (luminosidade), a* (intensidade da cor vermelha) e b* (intensidade da cor amarela). A análise de textura (Firmeza e consistência) foi realizada à temperatura ambiente (25 °C), utilizando-se um texturômetro (TAXT Plus, Stable Microsystems®) equipado com uma sonda cilíndrica de aço inoxidável com 3,6 cm de diâmetro. As condições da análise foram as seguintes: distância de penetração = 10 mm, força = 1,0 g, velocidade da sonda antes e durante a penetração = 1 mm/s, e velocidade da sonda após a penetração = 10,0 mm/s. A atividade de água foi determinada utilizando-se um medidor de atividade de água Aqualab Série 4TE, após estabilização das amostras a 25 °C.

2.6 Caracterização nutricional do homus

Todas as formulações de homus foram analisadas quanto aos teores de lipídios, carboidratos, umidade, cinzas, proteínas e valor energético, utilizando os procedimentos recomendados pela AOAC. O valor energético foi calculado utilizando-se a seguinte equação: Energia (cal) = 4 × (mg de proteína + mg de carboidrato) + 9 × (mg de lipídios).

Os açúcares livres foram analisados utilizando um sistema de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – HPLC (Knauer, Smartline System 1000) acoplado a um detector de índice de refração (RI detector, Knauer Smartline 2300), conforme o método descrito por Barros et al. (2013). A quantificação foi realizada por meio de curvas de calibração obtidas para açúcares individuais, utilizando o método de padrão interno (PI), sendo a

melezitose o padrão utilizado. Os resultados foram expressos em gramas por 100 mL de infusão.

O perfil de ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) foi analisado após a transesterificação da fração lipídica, utilizando cromatografia gás-líquido (GLC) equipada com detector de ionização por chama (FID) e uma coluna capilar. A análise foi realizada em um sistema YOUNG IN Chromass 6500 GC, equipado com injetor split/splitless, FID e coluna Zebron-FAME, conforme descrito por Spréa et al. (2020). Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção relativos dos componentes da amostra com os padrões comerciais. Os dados foram processados utilizando o software Clarity DataApex (versão 1.7; Praga, República Tcheca), e os resultados foram reportados como a porcentagem relativa de cada ácido graxo identificado.

2.7 Avaliação da carga microbiana do homus

Procedimento de contaminação: Para os extratos selecionados para a continuidade do estudo, a farinha pré-gelatinizada e cada formulação de homus desenvolvida, foram realizadas avaliações da carga microbiana a fim de garantir a segurança das matérias-primas e do produto recém-desenvolvido. Cada amostra foi contaminada com *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* e *Aspergillus parasiticus*, gentilmente fornecidos pelo Centro de Investigação de Montanha do Instituto Politécnico de Bragança (Bragança, Portugal), e selecionados devido à sua prevalência nesse tipo de alimento. Os procedimentos de contaminação foram realizados conforme o protocolo descrito por Fernandes et al. (2020). Para a preparação dos pré-inóculos, células bacterianas de culturas com 1 dia de crescimento foram suspensas em meio Tryptic Soy Broth (TSB, Liofilchem Co., Roseto degli Abruzzi, Itália) e incubadas a 36 °C por 24 horas. A levedura foi suspensa no mesmo meio (TSB) e incubada a 25 °C por 24 horas. A densidade óptica das suspensões foi determinada utilizando um densitômetro Den-1B (Biosan, Riga, Letônia). A concentração celular foi estimada em 10^9 células/mL. O pré-inóculo fúngico foi preparado por inoculação em Ágar Extrato de Malte (MEA, Liofilchem Co., Roseto degli Abruzzi, Itália) e incubado por 7 dias a 25 °C no escuro. Após a incubação, 2 mL de solução de Tween 80 a 0,05% foram adicionados à cultura, e os esporos foram raspados para obtenção de uma suspensão. A suspensão de esporos foi ajustada para 10^9 esporos/mL utilizando uma câmara de contagem de Neubauer. Todas as amostras foram contaminadas com aproximadamente 10^6 células/mL de cada microrganismo, e o número de células viáveis (em UFC/mL) foi confirmado pela técnica de contagem em placas. Para as demais etapas da avaliação da carga microbiana, foi utilizada a metodologia descrita por Fernandes et al. (2022).

2.7.3 Microorganismos analisados

- Mesófilos aeróbicos (ISO 4833-1:2013): Foram transferidos 1 mL de cada diluição da amostra para placas de Petri, aos quais foram adicionados 15 mL de Ágar PCA (Plate Count Agar, Liofilchem, Itália), utilizando a técnica de *pour plate*, em duplicata. Após a homogeneização e solidificação do meio, as placas foram incubadas a 30 °C, em posição invertida, por 72 horas. A contagem foi realizada em placas contendo entre 15 e 300 colônias ((LOQ = $1 \log_{10}$ (Unidades Formadoras de Colônia) UFC/g)).

- Coliformes (e *E. coli*; ISO 4832:2006): As diluições foram inoculadas em VRBLA (Violet Red Bile Lactose Agar) (Liofilchem Co., Roseto degli Abruzzi, Itália), utilizando-se a técnica de *pour plate*, em duplicata ((Limite de Quantificação (LOQ) = $1 \log$ [Unidades

Formadoras de Colônia] UFC/g)). Foi pipetado 1 mL da suspensão sobre a placa, e em seguida foram adicionados 15 mL de VRBLA fundido (Liofilchem Co., Roseto degli Abruzzi, Itália), mantido a 50 °C em banho-maria ou incubadora. Após a homogeneização, o meio foi deixado solidificar. Posteriormente, uma camada de 4 mL de VRBLA foi vertida sobre a superfície e também deixada solidificar. As placas foram incubadas a 30 °C por 48 horas, em posição invertida. A contagem foi realizada em placas contendo entre 10 e 150 colônias.

- Bolores e leveduras (ISO 21527-1/2:2008): As diluições foram inoculadas em DRBC (*Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar*) (Liofilchem Co., Roseto degli Abruzzi, Itália), utilizando-se a técnica de espalhamento em superfície (*spread plate*), em duplicata (LOQ = 1,7 log UFC/g). Foram pipetados 0,2 mL das suspensões sobre placas contendo 15 mL do meio, e o inóculo foi espalhado com auxílio de espalhador descartável. A incubação foi realizada a 25 °C por 5 dias, em posição vertical. Em placas com menos de 150 colônias, a contagem de colônias de leveduras e bolores foi realizada separadamente após 2 e 5 dias de incubação.

- *Bacillus cereus* (ISO 7932:2004): As diluições foram inoculadas em MYP (*Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar*) (Liofilchem Co., Roseto degli Abruzzi, Itália), utilizando-se a técnica de espalhamento em superfície (*spread plate*), em duplicata (LOQ = 1,7 log UFC/g). Foram pipetados 0,2 mL da suspensão sobre placas contendo 15 mL do meio, e o inóculo foi espalhado com auxílio de espalhador descartável. A incubação foi realizada a 30 °C por 24 a 48 horas, em posição invertida. A contagem foi realizada em placas contendo entre 10 e 150 colônias.

2.8 Análises estatísticas

Para cada infusão, amostra de farinha pré-gelatinizada e formulação de homus, três amostras foram analisadas, e todos os ensaios foram realizados em duplicata. Os resultados foram analisados por meio de análise de variância unidirecional (*one-way ANOVA*), seguida do teste post-hoc de Tukey, e expressos como valores médios acompanhados do desvio padrão (DP).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Perfil fenólico dos extratos

O tempo de retenção (Rt), os comprimentos de onda de absorção máxima na região visível (λ_{max}), os dados espectrométricos de massa, a tentativa de identificação dos compostos fenólicos e suas respectivas quantificações (mg/g de extrato) dos seis extratos vegetais estão apresentados na **Tabela 1**.

Um total de 73 compostos fenólicos foram identificados nas amostras, dos quais 21 são ácidos fenólicos e 52 são flavonoides. Todas as matrizes vegetais que compõem as misturas herbais aqui analisadas tiveram seu perfil fenólico previamente caracterizado por outros grupos de pesquisa; assim, a identificação dos compostos foi realizada com base nas referências (Tabela 1).

A Mistura 1 (40% *Mentha piperita* L.), com 17 compostos, apresentou as maiores concentrações de ácidos fenólicos (7,4 mg/g) e de compostos fenólicos totais (17,3 mg/g) entre as amostras analisadas. O flavonoide eridictiol-O-rutinosídeo (eriocitrina, pico 25) foi o principal componente (5,71 mg/g de extrato), seguido pelo composto fenólico ácido *cis*-rosmarínico (pico 54, com 4,985 mg/g de extrato), além de luteolina-7-O-glucoronil-pentosídeo (pico 36), quercetina-3-O-glicosídeo (pico 40) e salvianólico B (pico 63), em

concentrações menores. Ao analisar infusões herbais comerciais de *M. piperita*, Muñoz-Velázquez et al. (2012) encontraram concentrações significativamente menores de eriocitrina (0,36 a 0,5 mg/g). Por outro lado, Miguel et al. (2016) relataram uma concentração 8,8 vezes maior (44 mg/g) de ácido *cis*-rosmarínico em um extrato de *M. cervina*.

A Mistura 5 (25% de *Rosmarinus officinalis* L., 25% de *Laurus nobilis* L.), contendo 23 fitoquímicos, apresentou o ácido *cis*-rosmarínico (4,69 mg/g) como composto majoritário, seguido pelo ácido salvianólico J/W (1,21 mg/g, pico 67) e pela quercetina-3-O-glicosídeo (0,764 mg/g de extrato, pico 40). O ácido rosmarínico, um composto fenólico formado pela esterificação do ácido cafeico com o ácido 3,4-di-hidroxifenil-láctico, tem despertado considerável interesse devido às suas diversas propriedades farmacológicas, incluindo efeitos antioxidante, anti-inflamatório, antialérgico, antiviral e anticancerígeno. Adicionalmente, tem demonstrado potencial na mitigação de doenças neurodegenerativas, como a doença de Alzheimer, bem como na gestão de distúrbios relacionados à hiperlipidemia. Estudos recentes também destacaram a influência do ácido rosmarínico na biossíntese de colágeno, sugerindo seu possível papel na saúde dos tecidos conjuntivos (Khojasteh et al., 2020; El Kantar et al., 2022; Formiga et al., 2020; Jin et al., 2021; Lee et al., 2021; Nyandwi et al., 2021; Sutkowska et al., 2021).

A Mistura 2 (35% de *Mentha piperita* e 30% de *Urtica dioica*) apresentou a maior diversidade de compostos fenólicos entre os extratos, com 26 tipos distintos identificados. O flavonoide mais predominante foi o isoramnetina-7-O-glucuronil-rutinosídeo (pico 33), com concentração de 0,91 mg/g, enquanto o ácido fenólico mais abundante foi o ácido *cis*-rosmarínico (pico 54), com 1,92 mg/g. Uma concentração total de 1,91 mg/g de derivados de isoramnetina foi encontrada na Mistura 2 (Tabela 1). Isoramnetinas são flavonoides comumente encontrados em plantas medicinais (Alqudah et al., 2023). Utilizando também HPLC-MS, Todorovic et al. (2017) identificaram uma concentração de 0,98 mg/g de glicosídeos totais de isoramnetina ao analisar extratos florais de *Sambucus nigra* var. *laciniata*.

De forma semelhante à Mistura 1, a eriocitrina (5,54 mg/g) foi o composto mais abundante na Mistura 3 (44% de *Hypericum perforatum* e 22% de *Satureja montana*). Embora ambas as misturas contivessem um total de 10 flavonoides, a Mistura 1 apresentou uma concentração de ácido *cis*-rosmarínico 2,8 vezes superior à da Mistura 3 (1,8 mg/g), o que pode ter contribuído para a menor atividade antioxidante comparativa desta última.

A Mistura 4 (23% de *Foeniculum vulgare*, 21% de *Allium schoenoprasum* e 20% de *Lippia citriodora*) apresentou 17 flavonoides distintos, sendo o isoramnetina-hexosil-glucuronídeo o mais abundante (0,72 mg/g – pico 23), assim como observado na Mistura 2. Entre todas as misturas analisadas, a Mistura 4 exibiu a menor concentração de ácido *cis*-rosmarínico (1,3 mg/g – pico 54), o qual, ainda assim, foi seu ácido fenólico mais proeminente.

Por fim, foram detectados 13 flavonoides na Mistura 6 (31% de *Laurus nobilis* e 31% de *Thymus pulegioides*), com destaque para a quercetina-O-glucuronídeo (0,985 mg/g de extrato, pico 41), seguida por luteolina-7-O-glucuronídeo (0,77 mg/g de extrato, pico 50) e luteolina-7-O-rutinosídeo (0,65 mg/g de extrato, pico 24). A Mistura 6 apresentou uma concentração total de flavonoides da subclasse das luteolinas de 3,45 mg/g de extrato. Bazylo & Strzelecka (2007) encontraram uma concentração semelhante de luteolina (3,91 mg/g) em um extrato seco de *Thymus vulgaris*, por meio de análise

fotodensitométrica HPTLC. Espécies de *Thymus* são conhecidas por conter uma ampla variedade de flavonoides e antioxidantes fenólicos, incluindo zeaxantina, luteína, apigenina, naringenina, luteolina e timonina (Sharangi et al., 2013).

3.2 Caracterização bioativa dos extratos

Como etapa preliminar para a seleção dos extratos a serem incorporados ao homus, seu potencial antioxidante foi avaliado por meio de dois métodos distintos, nomeadamente os ensaios de TBARS e DPPH, cujos resultados estão apresentados na **Tabela 2**.

No ensaio de TBARS, as Misturas 1 (40% de *Mentha piperita* L.) e 5 (25% de *Rosmarinus officinalis* L., 25% de *Laurus nobilis* L.) apresentaram os maiores potenciais antioxidantes entre todas as combinações herbais analisadas, com valores de EC₅₀ de 5,1 e 4,3 µg mL⁻¹, respectivamente. A Mistura 1 também apresentou a maior atividade antioxidante no ensaio de DPPH (EC₅₀ = 97 µg mL⁻¹). Pesquisas in vitro já haviam confirmado que o chá de hortelã-pimenta possui fortes atividades antioxidante, antitumoral, antiviral, antialérgica e antimicrobiana (McKay & Blumberg, 2006). De Lucena et al. (2020) relataram percentuais de inibição da auto-oxidação de DPPH entre 78,4% e 95,3% para extratos aquosos e hidroetanólicos de *L. nobilis*.

A **Tabela 2** também apresenta os resultados do potencial antimicrobiano dos extratos frente a um painel de bactérias e fungos selecionados com base em sua relevância para a saúde pública. Com relação à inibição de patógenos transmitidos por alimentos, as amostras 1 e 5 foram as mais eficazes entre todas, destacando-se contra *Yersinia enterocolitica* (valores de MIC de 2,5 e 1,25 mg/mL, respectivamente) e *Staphylococcus aureus* (MIC = 2,5 e 1,25 mg/mL, respectivamente).

No que diz respeito às bactérias de interesse clínico, novamente as Misturas 1 e 5 apresentaram os maiores potenciais antibacterianos, sendo particularmente eficazes contra *Morganella morganii* (MICs = 1,25 mg/mL; MBCs = 2,5 mg/mL) e *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina – MRSA (MICs = 1,25 mg/mL; MBCs = 0,6 mg/mL). Embora a Mistura 6 tenha sido eficaz contra MRSA, as Misturas 1 e 5 foram, de modo geral, aquelas com os maiores potenciais antibacterianos entre as amostras.

Silva et al. (2021) relataram atividades antibacterianas semelhantes ao avaliarem extratos hidroetanólicos de *Mentha spicata*, com valores de MIC variando de 1,25 a 2,5 mg/mL para *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Hamdan & Masoud (2020) observaram que o potencial inibitório de extratos de *L. nobilis* foi mais pronunciado contra bactérias Gram-positivas do que contra Gram-negativas, padrão também observado em nosso estudo para *S. aureus*. Ao estudar os extratos metanólicos das partes aéreas e raízes de *Mentha aquatica*, Ferhat et al. (2016) encontraram atividades inibitórias mais expressivas do que as aqui relatadas (MICs = 0,06 e 0,13 mg/mL) frente à *Morganella morganii*.

Com relação à atividade antifúngica, as misturas herbais apresentaram comportamento semelhante, com valores de MIC de 10 mg/mL e de MFC superiores a 10 mg/mL, consideravelmente mais elevados do que os obtidos para o cetoconazol.

Devido aos potenciais antioxidante e antimicrobiano mais relevantes observados para as Misturas 1 e 5, estas foram as amostras selecionadas para o desenvolvimento das formulações de homus (F2 e F3, respectivamente), as quais foram comparadas a uma formulação padrão sem a adição dos extratos (F1).

3.4 Atividade de água, textura e cor do homus

A **Tabela 3** apresenta os dados de atividade de água, textura e cor das amostras de homus. Com relação à atividade de água, foram observadas diferenças significativas entre as amostras, com valores variando de 0,97 a 0,99. Valores de A_w semelhantes foram relatados por Olaimat et al. (2022) para amostras de homus ($A_w = 0,97 - 0,99$) e por Shahein et al. (2025) para homus fresco tratado com tecnologias não térmicas ($A_w = 0,96$).

No que se refere à textura, os resultados demonstraram uma variação mais pronunciada entre as amostras. Tanto para a Firmeza (g) quanto para a Consistência (g•seg), os valores obtidos para a formulação F1 (763,5 e 3209,4, respectivamente) foram significativamente superiores aos observados para F2 e F3. Variáveis como agregação de partículas, natureza e concentração dos componentes proteicos impactam significativamente a textura do homus, uma vez que são determinantes na formação de sua delicada estrutura de rede semelhante a um gel (Ahmed, Thomas & Mulla, 2020; Olaimat et al., 2023; Li et al., 2022). Assim, a incorporação dos extratos à matriz de grão-de-bico pode ter contribuído para o enfraquecimento da integridade estrutural do homus, resultando nas texturas mais suaves e menos resistentes observadas nas formulações F2 e F3. Apesar da popularidade global do homus industrializado, estudos reológicos sobre esse produto ainda são escassos (Alvarez et al., 2017).

A **Figura 2** exhibe os aspectos finais das formulações de homus desenvolvidas. Quanto aos parâmetros de cor, observou-se que a luminosidade (L^*) da amostra padrão (F1) foi significativamente inferior (67,4) em comparação às demais. No entanto, Tayyarcı et al. (2022) verificaram valor próximo ($L^* = 66,6$) ao avaliarem amostras de homus fresco. Para os parâmetros de cor semelhantes aos das formulações F2 e F3, Alvarez et al. (2017) relataram $L^* = 75,3$, $a^* = 0,29$ e $b^* = 14,3$ para uma formulação comercial espanhola de homus. A F3 apresentou o maior índice de intensidade vermelha ($a^* = 1,6$) entre as amostras, enquanto a F2 teve o maior índice de intensidade amarela ($b^* = 29,8$), valores próximos aos relatados por Alvarez et al. (2017) e Tayyarcı et al. (2022), respectivamente.

3.5 Caracterização nutricional do homus

As informações nutricionais e a composição de ácidos graxos das amostras de homus encontram-se na **Tabela 3**. Os valores energéticos variaram de 259 a 288 kcal por 100 g de peso seco (ps), sendo a formulação F1 a mais calórica. O valor energético médio das amostras (273 kcal/100 g ps) é superior ao relatado por Reister et al. (2020) para uma marca comercial de homus (237 kcal) e por Wallace, Murray e Zelman (2016) por meio do *Nutrient Database Number* do USDA *Food Composition Databases* (166 kcal).

A F2 apresentou o maior teor de lipídios entre as amostras (20,17 g/100 g ps), seguida de perto pela F3 (19,06 g/100 g ps) e, posteriormente, pela F1 (15,13 g/100 g ps). Resultado semelhante foi informado por Reister et al. (2020) para homus comercial (17,82 g/100 g ps). Os lipídios atuam como veículos para compostos aromáticos e prolongam sua liberação na cavidade bucal, contribuindo positivamente para a aceitação sensorial dos alimentos (Shahidi & Hossain, 2022).

De forma semelhante, a F2 foi a pasta de homus mais rica em proteínas (9,50 g/100 g ps). Esse valor é superior aos verificados por Reister et al. (2020), Wallace, Murray e Zelman (2016) e Shahein et al. (2025) para homus, os quais relataram teores de proteína de 7,78 g/100 g ps, 7,90 g/100 g ps e 8,5 g/100 g ps, respectivamente. Um elevado teor

proteico é uma característica altamente desejável, dada a crescente demanda dos consumidores por fontes vegetais de proteína.

A F2 também apresentou o maior teor de cinzas (2,44 g/100 g ps), seguida pela F3 (2,39 g/100 g ps) e F1 (1,90 g/100 g ps). Em estudo recente, Shahein et al. (2025) relataram um teor de cinzas de 1,55 g/100 g ps. A concentração significativamente superior de cinzas nas formulações F2 e F3 possivelmente está relacionada à incorporação dos extratos vegetais nessas amostras.

O teor de umidade variou de 44,96% a 58,04% nas três formulações desenvolvidas, representando valores inferiores aos relatados por Shahein et al. (2025), que encontraram 66,8% de umidade. Com relação ao conteúdo de carboidratos, a Formulação 1 apresentou o maior valor (30,64 g/100 g ps), enquanto a Formulação 3 apresentou valor mais próximo ao reportado na literatura - 16,11 g/100 g ps, em comparação a 15 g/100 g ps informados por Reister et al. (2020).

No que se refere aos açúcares totais, a F2 apresentou o maior teor (8,22 g/100 g dw), enquanto apenas pequenas diferenças foram observadas entre as Formulações 1 e 3, com valores de 6,33 g/100 g dw e 6,25 g/100 g dw, respectivamente. Esses teores de açúcares são consideravelmente superiores ao valor reportado por Reister et al. (2020) para homus comercial (0,62 g/100 g dw).

Para todos os ácidos graxos, as concentrações observadas em cada uma das formulações foram significativamente diferentes entre si. Em relação aos ácidos graxos saturados (SFAs), a maior concentração foi detectada na F1 (21,5 mg/g), sendo o ácido palmítico (C16:0) o mais prevalente nesse grupo. Reister et al. (2020) verificaram um teor ligeiramente superior de SFAs (25,6 mg/g) em amostras de homus comercial. Quanto aos ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs), as formulações F2 e F3 (58,1 e 57,8 mg/g, respectivamente) apresentaram concentrações superiores à da F1.

O ácido oleico (C18:1n9) foi o ácido graxo mais abundante em todas as formulações, inclusive dentro da categoria de MUFAs. Reister et al. (2020) relataram uma concentração inferior de MUFAs (53,4 mg/g) em homus. O ácido oleico tem sido amplamente associado a diversos benefícios à saúde, incluindo a redução do colesterol de lipoproteína de baixa densidade (LDL) e o aumento do colesterol de lipoproteína de alta densidade (HDL), ambos com impacto direto na saúde cardiovascular (Tindall et al., 2019). Os achados de Barbour et al. (2017) demonstraram uma correlação entre o ácido oleico e a melhora da função cognitiva, sugerindo uma redução no risco de declínio cognitivo. Com relação aos ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs), a F3 apresentou a maior concentração entre as amostras (27,21 mg/g), sendo o ácido linoleico (C18:2n6) o mais abundante nesse grupo. Reister et al. (2020) relataram um teor de PUFAs de 88,00 mg/g, valor significativamente superior aos obtidos no presente estudo.

Segundo Madurapperumage et al. (2021), a gordura do grão-de-bico é composta por 66% de PUFAs, 19% de MUFAs e 15% de SFA. Embora os valores de SFAs (15–21,5 mg/g) encontrados nas amostras de homus estejam dentro dessa faixa, a mesma tendência não foi observada para os teores de PUFAs e MUFAs.

3.6 Atividade antioxidante do homus

No ensaio de TBARS, a formulação de homus desenvolvida com o extrato da Mistura 1 (*Mentha* spp.) (F2) apresentou o potencial antioxidante mais expressivo ($EC_{50} = 37 \mu\text{g/mL}$), seguida da F3 ($EC_{50} = 142 \mu\text{g/mL}$). No ensaio de DPPH, a atividade antioxidante da F2 foi ainda mais destacada, com um valor de EC_{50} (14,4 $\mu\text{g/mL}$) 99 vezes inferior ao

verificado para a F1 (1419,7 µg/mL). Esses resultados corroboram os achados anteriormente mencionados sobre as atividades antioxidantes dos extratos vegetais utilizados no enriquecimento do homus.

3.7 Avaliação da carga microbiana do homus

Para investigar a qualidade microbiológica do homus desenvolvido neste estudo, os extratos vegetais, a farinha de grão-de-bico pré-gelatinizada e cada formulação de homus foram testados quanto à presença de microrganismos mesófilos aeróbios e anaeróbios, coliformes e *Bacillus cereus*.

Todas as amostras apresentaram-se livres de contaminação por coliformes, indicando condições higiênico-sanitárias adequadas e ausência de falhas no processamento do produto. Para as bactérias mesófilas aeróbias, as formulações de homus e a farinha de grão-de-bico apresentaram contagens variando de 2,19 a 3,72 log₁₀ UFC/g, valores significativamente inferiores aos relatados por outros autores para amostras de homus (>5 log₁₀ UFC/g), como Abidi & Yamani (2024) e Yamani & Mehyar (2011).

A formulação F2, enriquecida com a Mistura 1 (*Mentha* spp.), foi a amostra com as menores cargas tanto de mesófilos aeróbios quanto anaeróbios. Esse resultado pode ser atribuído ao potencial antimicrobiano previamente verificado por outros autores para extratos de *Mentha* (Salehi et al., 2018). Por exemplo, Bupesh et al. (2007) relataram efeitos antipatogênicos expressivos do extrato aquoso de folhas de hortelã-pimenta contra *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Serratia marcescens*.

4. CONCLUSÕES

Este estudo desenvolveu com êxito uma mistura seca para preparo de homus com propriedades bioativas, utilizando farinha de grão-de-bico extrusada e um extrato vegetal selecionado. O produto obtido é inovador, prático e seguro, abordando um dos principais desafios do preparo tradicional do homus — o cozimento e trituração dos grãos — ao mesmo tempo em que preserva qualidades nutricionais que contribuem para uma dieta equilibrada. Compostos bioativos como eriocitrina e ácido rosmarínico foram identificados no extrato vegetal, enquanto os ácidos oleico e linoleico foram detectados no produto final; todos esses compostos são reconhecidos por seus potenciais benefícios à saúde. Com base nesses achados, pesquisas futuras devem concentrar-se em avaliações de aceitação sensorial e estudos de mercado, a fim de compreender melhor as preferências dos consumidores e avaliar o potencial comercial do produto.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflito de interesse em relação a este manuscrito.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro (194 - PDSE - Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior Edital nº 44/2022 - Seleção 2023). Este trabalho também foi realizado no âmbito da Agenda VIIAFOOD – Plataforma de Valorização, Industrialização e Inovação Comercial para o Agroalimentar (n.º C644929456-00000040), projeto apoiado pelo PRR (www.recuperarportugal.gov.pt) e financiado pela União Europeia/Next Generation EU. Os autores agradecem, ainda, à empresa Ervital (Castro Daire, Portugal) pelo fornecimento

das amostras vegetais.

REFERÊNCIAS

- Abidi, S. M., & Yamani, M. I. (2024). Microbiological and chemical profiles of retail falafel sandwich in Jordan. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 24(1), 25221-25239. <https://doi.org/10.18697/ajfand.126.23930>
- Acevedo Martinez, K. A., Yang, M. M., & Gonzalez de Mejia, E. (2021). Technological properties of chickpea (*Cicer arietinum*): Production of snacks and health benefits related to type-2 diabetes. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 20(4), 3762-3787. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12762>
- Ahlgren, M. K., Gustafsson, I. B., & Hall, G. (2005). The impact of the meal situation on the consumption of ready meals. *International Journal of Consumer Studies*, 29(6), 485-492. <https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2005.00416.x>
- Ahmed, J., Thomas, L., & Mulla, M. (2020). High-pressure treatment of hummus in selected packaging materials: Influence on texture, rheology, and microstructure. *Journal of Food Process Engineering*, 43(7), e13425. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13425>
- Alqudah, A., Qnais, E. Y., Wedyan, M. A., Altaber, S., Bseiso, Y., Oqal, M., AbuDalo, R., Alrosan, K., Alrosan, A. Z., Bani Melhim, S., Alqudah, M., Athamneh, R. Y., & Gammouh, O. (2023). Isorhamnetin reduces glucose level, inflammation, and oxidative stress in high-fat diet/streptozotocin diabetic mice model. *Molecules*, 28(2), 502. <https://doi.org/10.3390/molecules28020502>
- Alvarez, M. D., Fuentes, R., Guerrero, G., & Canet, W. (2017). Characterization of commercial Spanish hummus formulation: Nutritional composition, rheology, and structure. *International Journal of Food Properties*, 20(4), 845-863. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1186692>
- Barbour, J. A., Howe, P. R. C., Buckley, J. D., Bryan, J., & Coates, A. M. (2017). Cerebrovascular and cognitive benefits of high-oleic peanut consumption in healthy overweight middle-aged adults. *Nutritional Neuroscience*, 20(10), 555-562. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2016.1204744>
- Barros, L., Pereira, E., Calhelha, R. C., Dueñas, M., Carvalho, A. M., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2013). Bioactivity and chemical characterization in hydrophilic and lipophilic compounds of *Chenopodium ambrosioides* L. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1732-1740. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.07.019>
- Bazylko, A. & Strzelecka, H. (2007). A HPTLC densitometric determination of luteolin in *Thymus vulgaris* and its extracts. *Fitoterapia*, 78(6), 391-395. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2007.01.007>

Bessada, S. M. F., Barreira, J. C. M., Barros, L., Ferreira, I. C. F. R., & Oliveira, M. B. P. P. (2016). Phenolic profile and antioxidant activity of *Coleostephus myconis* (L.) Rchb.f.: An underexploited and highly disseminated species. *Industrial Crops and Products*, 89, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.065>

Bupesh, G., Amutha, C., Nandagopal, S., Ganeshkumar, A., Sureshkumar, P., & Murali, K. S. (2007). Antibacterial activity of *Mentha piperita* L.(peppermint) from leaf extracts—a medicinal plant. *Acta Agriculturae Slovenica*, 89(1), 73-79.

Capps, O., Jr., Tedford, J. R., & Havlicek, J., Jr. (1985). Household demand for convenience and non-convenience foods. *American Journal of Agricultural Economics*, 67(4), 862–869.

Corrêa, R. C. G., Haminiuk, C. W. I., Barros, L., Dias, M. I., Calhelha, R. C., Kato, C. G., Correa, V. G., Peralta, R. M., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Stability and biological activity of Merlot (*Vitis vinifera*) grape pomace phytochemicals after simulated in vitro gastrointestinal digestion and colonic fermentation. *Journal of Functional Foods*, 36, 410–417. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.07.030>

De Boer, M., McCarthy, M., Cowan, C., & Ryan, I. (2004). The influence of lifestyle characteristics and beliefs about convenience food on the demand for convenience foods in the Irish market. *Food quality and preference*, 15(2), 155-165. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00054-5](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00054-5)

De Camargo, A. C., Favero, B. T., Morzelle, M. C., Franchin, M., Alvarez-Parrilla, E., de la Rosa, L. A., ... Schwember, A. R. (2019). Is chickpea a potential substitute for soybean? Phenolic bioactives and potential health benefits. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(11), 2644. <https://doi.org/10.3390/ijms20112644>

De Lucena, D. M., Amâncio, G. D. C. S., & Morais, H. A. (2020). Triagem fitoquímica e atividade antioxidante de extratos de Louro (*Laurus nobilis* L.). *Revista Sociedade Científica*, 3(8), 1. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4290020>

El Kantar, S., Yassin, A., Nehmeh, B., Labaki, L., Mitri, S., Naser Aldine, F., Hirko, A., Caballero, S., Monck, E., Garcia-Maruniak, A., & Akoury, E. (2022). Deciphering the therapeutical potentials of rosmarinic acid. *Scientific Reports*, 12(1), Article 15489. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19735-y>

Faridy, J. C. M., Cid-Gallegos, M. S., Meza-Márquez, O. G., & Jiménez-Martínez, C. (2020). Biological activities of chickpea in human health (*Cicer arietinum* L.): A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(2), 142–153. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00814-2>

Ferhat, M., Erol, E., Beladjila, K. A., Çetintaş, Y., Duru, M. E., Öztürk, M., ... Kabouche, Z. (2016). Antioxidant, anticholinesterase and antibacterial activities of *Stachys guyoniana* and *Mentha aquatica*. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 324–329. <https://doi.org/10.1080/13880209.2016.1238488>

Fernandes, F. A., Carochio, M., Heleno, S. A., Rodrigues, P., Dias, M. I., Pinela, J., ... & Ferreira, I. C. (2020). Effect of natural preservatives on the nutritional profile, chemical composition, bioactivity and stability of a nutraceutical preparation of aloe arborescens. *Antioxidants*, 9(4), 281. <https://doi.org/10.3390/antiox9040281>

Fernandes, F. A., Pedrosa, M. C., Ueda, J. M., Ferreira, E., Rodrigues, P., Heleno, S. A., ... & Barros, L. (2022). Improving the physicochemical properties of a traditional Portuguese cake—"económicos" with chestnut flour. *Food & function*, 13(15), 8243-8253. [https://doi-org.ez79.periodicos.capes.gov.br/10.1039/D2FO01385A](https://doi.org.ez79.periodicos.capes.gov.br/10.1039/D2FO01385A)

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *FAOSTAT: Countries by commodity rankings*. https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity (Accessed March 27, 2025).

Formiga, R. D. O., Alves Júnior, E. B., Vasconcelos, R. C., Guerra, G. C. B., Antunes de Araújo, A., Carvalho, T. G. D., ... & Batista, L. M. (2020). P-cymene and rosmarinic acid ameliorate tnbs-induced intestinal inflammation upkeeping zo-1 and muc-2: Role of antioxidant system and immunomodulation. *International journal of molecular sciences*, 21(16), 5870. <https://doi.org/10.3390/ijms21165870>

Graça, J., Truninger, M., Junqueira, L., & Schmidt, L. (2019). Consumption orientations may support (or hinder) transitions to more plant-based diets. *Appetite*, 140, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.04.027>

Gujral, H. S., & Singh, N. (2002). Extrusion behaviour and product characteristics of brown and milled rice grits. *International Journal of Food Properties*, 5(2), 307–316. <https://doi.org/10.1081/JFP-120005787>

Hamdan, M. S., & Masoud, W. M. (2020). The antibacterial activity of *Laurus nobilis* leaf extract and its potential use as a preservative for fresh lamb meat. *African Journal of Microbiology Research*, 14(11), 617–624. <https://doi.org/10.5897/AJMR2020.9405>

Heleno, S. A., Ferreira, I. C. F. R., Esteves, A. P., Ćirić, A., Glamočlija, J., Martins, A., Soković, M., & Queiroz, M. J. R. P. (2013). Antimicrobial and demelanizing activity of *Ganoderma lucidum* extract, *p*-hydroxybenzoic and cinnamic acids and their synthetic acetylated glucuronide methyl esters. *Food and Chemical Toxicology*, 58, 95–100. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.04.025>

International Organization for Standardization. (2003). *Microbiology of food and animal feeding stuffs—Horizontal method for the enumeration of sulfite-reducing bacteria growing under anaerobic conditions* (ISO Standard No. 15213). ISO.

Jin, B.-R., Chung, K.-S., Hwang, S., Hwang, S. N., Rhee, K.-J., Lee, M., & An, H.-J. (2021). Rosmarinic acid represses colitis-associated colon cancer: A pivotal involvement of the TLR4-mediated NF-κB-STAT3 axis. *Neoplasia*, 23(6), 561–573. <https://doi.org/10.1016/j.neo.2021.05.002>

Kaur, R., & Prasad, K. (2021). Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*)—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 448–463. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.044>

Khojasteh, A., Mirjalili, M. H., Alcalde, M. A., Cusido, R. M., Eibl, R., & Palazon, J. (2020). Powerful plant antioxidants: A new biosustainable approach to the production of rosmarinic acid. *Antioxidants*, 9(12), 1273. <https://doi.org/10.3390/antiox9121273>

Lee, B. K., Jee, H. J., & Jung, Y.-S. (2021). A β 1–40-induced platelet adhesion is ameliorated by rosmarinic acid through inhibition of NADPH oxidase/PKC δ /integrin α IIb β 3 signaling. *Antioxidants*, 10(11), 1671. <https://doi.org/10.3390/antiox10111671>

Li, N., Yang, M., Guo, Y., Tong, L. T., Wang, Y., Zhang, S., ... & Liu, L. (2022). Physicochemical properties of different pea proteins in relation to their gelation ability to form lactic acid bacteria induced yogurt gel. *Lwt*, 161, 113381. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113381>

Liu, C., Zhang, Y., Liu, W., Wan, J., Wang, W., Wu, L., ... Yin, Z. (2011). Preparation, physicochemical and texture properties of texturized rice produce by improved extrusion cooking technology. *Journal of Cereal Science*, 54(3), 473–480. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.09.001>

Madurapperumage, A., Tang, L., Thavarajah, P., Bridges, W., Shipe, E., Vandemark, G., & Thavarajah, D. (2021). Chickpea (*Cicer arietinum* L.) as a source of essential fatty acids—a biofortification approach. *Frontiers in Plant Science*, 12, 734980. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.734980>

McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2006). A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.). *Phytotherapy Research*, 20. <https://doi.org/10.1002/ptr.1936>

Miguel, M., Barros, L., Pereira, C., Calhelha, R. C., Garcia, P. A., Castro, M. Á., ... Ferreira, I. C. F. R. (2016). Chemical characterization and bioactive properties of two aromatic plants: *Calendula officinalis* L. (flowers) and *Mentha cervina* L. (leaves). *Food & Function*, 7(5), 2223–2232. <https://doi.org/10.1039/C6FO00398B>

Mishra, A., Mishra, H. N., & Srinivasa Rao, P. (2012). Preparation of rice analogues using extrusion technology. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(9), 1789–1797. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03035.x>

Muñoz-Velázquez, E. E., Rivas-Díaz, K., Loarca-Piña, M. G. F., Mendoza-Díaz, S., Reynoso-Camacho, R., & Ramos-Gómez, M. (2012). Comparison of phenolic content, antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of commercial herbal infusions. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(3), 481–495. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n3/v3n3a6.pdf>

Nyandwi, J. B., Ko, Y. S., Jin, H., Yun, S. P., Park, S. W., & Kim, H. J. (2021). Rosmarinic Acid Exhibits a Lipid-Lowering Effect by Modulating the Expression of Reverse Cholesterol Transporters and Lipid Metabolism in High-Fat Diet-Fed Mice. *Biomolecules*, 11(10), 1470. <https://doi.org/10.3390/biom11101470>

Olaimat, A. N., Al-Holy, M. A., Ghoush, M. H. A., Al-Nabulsi, A. A., Osaili, T. M., Ayyash, M., ... Holley, R. A. (2022). Use of citric acid and garlic extract to inhibit *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* in hummus. *International Journal of Food Microbiology*, 362, 109474. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109474>

Olaimat, A., Tarique, M., Al Nabulsi, A., Bamigbade, G., Ali, L., MinAllah, S., ... & Ayyash, M. (2023). Enhancing the rheological, gelation, and functional properties of camel milk yogurt with pea extract. *ACS Food Science & Technology*, 3(11), 1988-2000. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00366>

Pereira, E., Antonio, A. L., Barreira, J. C. M., Barros, L., Bento, A., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Gamma irradiation as a practical alternative to preserve the chemical and bioactive wholesomeness of widely used aromatic plants. *Food Research International*, 67, 338–348. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.047>

Pinela, J., Barros, L., Dueñas, M., Carvalho, A. M., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2012). Antioxidant activity, ascorbic acid, phenolic compounds and sugars of wild and commercial *Tuberaria lignosa* samples: Effects of drying and oral preparation methods. *Food Chemistry*, 135, 1028–1035. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.038>

Pires, T. C. S. P., Dias, M. I., Barros, L., Alves, M. J., Oliveira, M. B. P. P., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2018). Propriedades antioxidantes e antimicrobianas de variedade de maçã portuguesa seca (*Malus domestica* Borkh. cv Bravo de Esmolfe). *Food Chemistry*, 240, 701–706. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.010>

Reister, E. J., Belote, L. N., & Leidy, H. J. (2020). The benefits of including hummus and hummus ingredients into the American diet to promote diet quality and health: A comprehensive review. *Nutrients*, 12(12), 3678. <https://doi.org/10.3390/nu12123678>

Salehi, B., Stojanović-Radić, Z., Matejić, J., Sharopov, F., Antolak, H., Kręgiel, D., ... & Sharifi-Rad, J. (2018). Plants of genus *Mentha*: From farm to food factory. *Plants*, 7(3), 70. <https://doi.org/10.3390/plants7030070>

Shahein, M., Albawarshi, Y., Al-khamaiseh, A., El-Eswed, B., Kanaan, O., & Majdalawi, M. (2025). Non-thermal shelf-life extension of fresh hummus by high hydrostatic pressure and refrigerated storage. *Discover Food*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00363-0>.

Shahidi, F., & Hossain, A. (2022). Role of lipids in food flavor generation. *Molecules*, 27(15), 5014. <https://doi.org/10.3390/molecules27155014>

- Sharangi, A. B., & Guha, S. (2013). Wonders of leafy spices: Medicinal properties ensuring Human Health. *Science International*, 1(9), 312-317. [10.17311/sciintl.2013.312.317](https://doi.org/10.17311/sciintl.2013.312.317)
- Silva, B. N., Cadavez, V., Ferreira-Santos, P., Alves, M. J., Ferreira, I. C. F. R., Barros, L., Teixeira, J. A., & Gonzales-Barron, U. (2021). Chemical profile and bioactivities of extracts from edible plants readily available in Portugal. *Foods*, 10(4), 673. <https://doi.org/10.3390/foods10030673>
- Spréa, R. M., Fernandes, Â., Calhelha, R. C., Pereira, C., Pires, T. C. S. P., Alves, M. J., Canan, C., Barros, L., Amaral, J. S., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Chemical and bioactive characterization of the aromatic plant *Levisticum officinale* W.D.J. Koch: A comprehensive study. *Food & Function*, 11, 1292–1303. <https://doi.org/10.1039/C9FO02841B> 34.
- Srinivasan, S., & Shende, K. M. (2016). A study on the benefits of convenience foods to non-working women. *Atithya: A Journal of Hospitality*, 2(1), 7–15. <https://www.i-scholar.in/index.php/Atithya/article/view/118796>
- Sutkowska, J., Hupert, N., Gawron, K., Strawa, J. W., Tomczyk, M., Forlino, A., & Galicka, A. (2021). The Stimulating Effect of Rosmarinic Acid and Extracts from Rosemary and Lemon Balm on Collagen Type I Biosynthesis in Osteogenesis Imperfecta Type I Skin Fibroblasts. *Pharmaceutics*, 13(7), 938. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13070938>
- Tayyarcı, E. K., Evran, S., Akin, P. A., Soykut, E. A., & Boyacı, I. H. (2022). The use of bacteriophage cocktails to reduce *Salmonella Enteritidis* in hummus. *LWT - Food Science and Technology*, 154, 112848. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112848>
- Thienhirun, S., & Chung, S. (2017). Consumer attitudes and preferences toward cross-cultural ready-to-eat (RTE) food. *Journal of Food Products Marketing*, 24(1), 56–79. <https://doi.org/10.1080/10454446.2016.1266544>
- Tindall, A. M., Petersen, K. S., Skulas-Ray, A. C., Richter, C. K., Proctor, D. N., & Kris-Etherton, P. M. (2019). Replacing saturated fat with walnuts or vegetable oils improves central blood pressure and serum lipids in adults at risk for cardiovascular disease: A randomized controlled-feeding trial. *Journal of the American Heart Association*, 8(9), e011512. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.011512>
- Todorovic, B., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., & Ivancic, A. (2017). Phenolic compounds in floral infusions of various *Sambucus* species and their interspecific hybrids. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(2), 154–164. <https://doi.org/10.3906/tar-1702-26>
- Turmo, I. G. (2012). The Mediterranean diet: Consumption, cuisine and food habits. In *Mediterra 2012: The Mediterranean diet for sustainable regional development* (pp. 115–132). Presses de Sciences Po. <https://doi.org/10.3917/scpo.chea.2012.02.0115>

U.S. Department of Health and Human Services & U.S. Department of Agriculture. (2015). *2015–2020 Dietary Guidelines for Americans* (8^a ed.). [https://health.gov/sites/default/files/2019-09/2015-2020 Dietary Guidelines.pdf](https://health.gov/sites/default/files/2019-09/2015-2020_Dietary_Guidelines.pdf)

Wallace, T. C., Murray, R., & Zelman, K. M. (2016). The nutritional value and health benefits of chickpeas and hummus. *Nutrients*, 8(12), 766. <https://doi.org/10.3390/nu8120766>

Xu, E., Pan, X., Wu, Z., Long, J., Li, J., Xu, X., Jin, Z., & Jiao, A. (2016). Response surface methodology for evaluation and optimization of process parameter and antioxidant capacity of rice flour modified by enzymatic extrusion. *Food Chemistry*, 212, 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.171>

Yamani, M. I., & Mehyar, G. F. (2011). Effect of chemical preservatives on the shelf life of hummus during different storage temperatures. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 7(1), 19–31. <https://archives.ju.edu.jo/index.php/jjas/article/view/2295>

Figura 1



Fig. 1 Características morfológicas das misturas vegetais secas investigadas.

Figure 2



Fig. 2 Aspectos finais das formulações de pasta de grão-de-bico (homus) desenvolvidas.

Tabela 1 - Tempo de retenção (Rt), máximos de absorção na região do visível (λ_{max}), dados espectrais de massas, identificação provisória dos compostos fenólicos e suas quantificações (mg/g de extrato) nos seis extratos analisados.

Pico	Rt (min)	λ_{max} (nm)	[M-H] ⁻ m/z	MS2 (m/z)	Tentativa da Identificação	M1	M2	M3	M4	M5	M6
1	3,81	279	133	115(100)	Malic acid	nd	nd	nd	traces	0.083±0.001	Traces
2	4,82	280	191	173(25),111(100)	Quinic acid	traces	0.043±0.003	0.006±0.001	0.008±0.001	0.065±0.0001	traces
3	5,89	328	353	191(100),179(15),161,135(14)	4-O-caffeoylquinic acid	0.082±0.0001	1.671±0.018	0.295±0.002	nd	nd	nd
4	6,51	313	355	193(100),177(11),134(5)	Ferulic acid-hexoside	nd	0.056±0.001	nd	nd	nd	nd
5	6,71	289	447	271(100)	Naringenin-7-O-glucoronide	traces	nd	nd	nd	nd	nd
6	6,75	283	315	153(100)	Protocatechuic acid hexoside	nd	0.063±0.001	nd	nd	nd	nd
7	6,81	274	361	325(100),163(32)	p-coumaric-feruloyl acid	nd	nd	nd	0.106±0.001	0.095±0.0001	0.215±0.001
8	8,01	284	577	289(100)	B-type-Procyanidin dimer	nd	0.308±0.006	nd	nd	nd	nd
9	8,51	325	353	191(100),173(35),161(5)	5-O-caffeoylquinic acid	0.08±0.001	0.241±0.005	1.111±0.025	0.288±0.005	nd	nd
10	8,76	318	385	223(100)	Sinapic acid-hexoside	0.011±0.0002	nd	nd	nd	nd	nd
11	9,65	279	579	289(100)	A-type-Procyanidin dimer	nd	0.164±0.002	nd	nd	nd	nd
12	9,69	325	499	481(100),363(51),337(23)	p-coumaroylquinic-hexoside	0.08±0.0003	nd	nd	nd	nd	nd
13	9,72	328	593	473(100),383(18),353(11),269(5)	Apigenin-6,8-C-diglucoside	nd	nd	nd	0.001±0.0001	0.038±0.001	traces
14	10,32	322	179	135(100)	Caffeic acid	traces	nd	1.374±0.008	traces	traces	traces
15	10,42	288	865	695(100),575(33),287(11)	B-type-Procyanidin trimer	nd	0.158±0.001	nd	nd	nd	nd
16	11,24	280	863	711(100),573(16),451(18),411(30),289(16)	A-type-procyanidin trimer	nd	nd	nd	nd	0.326±0.008	nd
17	11,27	283	449	287(100),151(11)	Eridictyol-5-O-glucoside	nd	nd	nd	nd	nd	traces
18	11,96	336	623	447(100),285(35)	Kaempferol-glucoronyl-hexoside	nd	nd	nd	0.471±0.001	nd	nd
19	12,28	324	377	359(100),197(20),179(14),161(51)	Salvianolic acid C	nd	0.367±0.002	nd	nd	nd	nd
20	12,71	281	1153	1027(100),847(18),737(33),577(62)	Procyanidin tetramer	nd	0.116±0.001	nd	nd	nd	nd
21	12,76	283	449	287(100),269(8),151(52)	Eridictyol-6-O-glucoside	nd	nd	nd	nd	nd	0.089±0.007
22	12,84	340	653	477(100),315(54)	Isorhamnetin-hexosyl-glucoronide	nd	nd	nd	0.722±0.005	nd	nd
23	14,41	323	493	429(100),387(21),369(8),207(8)	Salvianolic acid A	0.523±0.007	0.417±0.003	nd	nd	nd	nd
24	14,46	346	593	285(100),241(64),175(21)	Luteolin-7-O-rutinoside	nd	nd	0.822±0.018	nd	0.461±0.001	0.651±0.004
25	15,19	285	595	287(100),151(21)	Eridictyol-O-rutinoside	5.71±0.147	traces	5.542±0.07	nd	nd	nd
26	15,55	332	641	555(100),461(21),285(8)	Kaempferol-feruloylhexoside	nd	nd	nd	0.472±0.002	nd	nd
27	15,72	328	295	179(100)	Coutaric acid	nd	nd	0.107±0.003	nd	0.252±0.011	nd
28	15,99	336	577	269(100)	Apigenin-7-O-rutinoside	nd	nd	nd	nd	nd	0.207±0.002
					Kaempferol-glucoronyl-di-O-glucoside-rutinoside	nd	nd	nd	0.484±0.001	nd	nd
29	16,07	318	1093	917(100),771(21),285(11)	Eridictyol-7-O-glucoside	traces	nd	nd	nd	nd	nd
30	16,11	285	449	287(100)	Isorhamnetin-deoxyhexosyl-glucoside	nd	nd	nd	0.645±0.001	nd	0.503±0.002
31	16,71	330	623	315(100)	4-[[[(2',5'-Dihydroxybenzoyl)oxy]methyl]phenyl O-β-D-glucopyranoside	nd	nd	nd	nd	traces	nd
					Isorhamnetin-7-O-glucoronyl-rutinoside	nd	0.909±0.014	nd	nd	nd	nd
33	16,85	349	769	737(21),632(100),605(25),315(9),299(11)							

33	17,61	337	609	301(100)	Quercetin-3-O-rutinoside	0.481±0.001	0.684±0.003	0.621±0.005	0.483±0.001	0.65±0.002	nd
35	17,65	339	447	285(100),241(33),175(8)	Luteolin-7-O-glucoside	nd	nd	nd	nd	nd	0.463±0.001
36	17,96	348	593	285(100),151(23)	Luteolin-7-O-glucoronyl-pentoside	1.308±0.018	nd	1.611±0.026	0.501±0.002	nd	nd
37	18,04	324	537	339(100),295(31)	Lithospermic acid A	nd	nd	nd	nd	0.377±0.002	0.361±0.001
38	18,52	324	521	359(100)	Rosmarinic acid hexoside	nd	nd	nd	nd	0.401±0.002	1.149±0.043
39	18,62	353	463	301(100)	Quercetin-3-O-hexoside	nd	0.554±0.001	nd	nd	nd	nd
40	18,88	352	463	301(100)	Quercetin-3-O-glucoside	0.957±0.008	0.478±0.002	0.57±0.001	0.493±0.001	0.764±0.002	0.478±0.001
41	19,29	341	477	301(100)	Quercetin-O-glucoronide	nd	nd	nd	nd	nd	0.985±0.011
42	19,65	285	463	287(100)	Eridictyol-7-O-glucoronide	nd	nd	nd	nd	nd	traces
43	20,88	329	593	285(100)	Kaempferol-3-O-rutinoside	nd	0.479±0.001	0.589±0.003	nd	0.48±0.001	0.469±0.001
44	21,21	337	593	447(100),285(13)	Kaempferol-rhamnosyl-hexoside	nd	nd	nd	nd	nd	0.472±0.001
45	21,81	333	609	301(100),283(11)	Hesperetin-7-O-rutinoside	0.113±0.006	nd	traces	nd	nd	nd
46	21,82	330	623	315(100)	Isorhamnetin-3-O-rutinoside	nd	0.498±0	0.469±0.001	0.606±0.003	0.487±0.001	0.532±0.001
47	22,11	331	477	301(100)	Quercetin-3-O-glucoronide	nd	0.493±0.001	nd	nd	nd	nd
48	22,32	335	563	443(25),431(16),269(100)	Apigenin-O-glucosyl-pentoside	nd	nd	nd	0.011±0.001	nd	nd
49	22,51	335	447	301(100)	Quercetin-3-O-rhamnoside	nd	0.48±0.001	nd	nd	0.484±0.001	nd
50	22,59	332	461	285(100)	Luteolin-7-O-glucuronide	0.632±0.004	nd	0.492±0.001	0.477±0.001	nd	0.766±0.003
51	23,26	342	637	461(100),285(11)	Kaempferol-O-diglucoronide	nd	nd	nd	nd	0.491±0.001	0.476±0.001
52	23,85	340	637	351(100),285(38)	Luteolin-O-diglucoronide	nd	0.109±0.005	nd	0.027±0.001	nd	0.585±0.004
53	23,89	343	607	299(100),284(22)	Diosmetin-7-O-rutinoside	0.462±0.003	nd	0.533±0.001	nd	nd	nd
54	24,33	329	359	359(100),179(41),161(63)	Rosmarinic acid cis	4.985±0.11	1.917±0.027	1.787±0.01	1.295±0.024	4.692±0.017	2.685±0.057
55	24,82	328	359	179(100),135(21)	Rosmarinic acid trans	nd	nd	nd	0.35±0.001	nd	nd
56	25,81	338	491	315(100)	Isorhamnetin-glucoronide	nd	nd	nd	0.482±0.001	nd	nd
57	26,21	335	505	463(22),301(100)	Quercetin-3-O-acetylhexoside	nd	0.59±0.001	nd	nd	nd	nd
58	27,14	331	445	269(100)	Apigenin-7-O-glucuronide	0.262±0.001	nd	nd	0.487±0.002	0.042±0.003	traces
59	27,85	339	563	315(100)	Isorhamnetin-malonylhexoside	nd	0.504±0.001	nd	nd	nd	nd
60	28,02	332	649	605(100),563(8),473(22).443(9).269(80)	Apigenin-glucoronyl-acetylhexoside	nd	nd	nd	0.214±0.005	nd	nd
61	28,76	333	601	515(100),353(32),335(12),193(7)	Malonyl di-O-caffeoylquinic acid	nd	nd	nd	0.081±0.001	nd	nd
62	29,51	337	679	635(100),593(18),473(9),299(68)	Diosmetin-malonyl-pentosylglucoside	nd	nd	nd	0.066±0.002	nd	nd
63	29,77	325	717	519(100),339(32),321(11),293(8)	Salvianolic B	0.711±0.009	nd	nd	nd	nd	nd
64	29,92	332	461	285(100),241(38),175(24)	Luteolin-O-methyl-hexoside	nd	nd	0.118±0.004	nd	0.233±0.006	nd
65	30,69	323	717	535(33),519(100),339(11),295(16),251(8)	Salvianolic acid E	0.433±0.004	nd	0.533±0.001	nd	nd	nd
66	30,99	330	591	283(100)	Methylapigenin-rutinoside	nd	0.167±0.007	nd	nd	0.472±0.01	nd
67	32,09	325	537	493(100),359(33),313(5),295(3)	Salvianolic acid J/W	nd	0.778±0.002	nd	0.427±0.001	1.205±0.027	0.41±0.001
68	32,31	325	717	519(100)	Salvianolic acid L	0.507±0.003	nd	0.449±0.003	nd	nd	nd
69	33,31	334	503	461(21),285(100)	Luteolin-3-(4-acetylglucoronide)	nd	nd	nd	nd	0.056±0.004	nd
70	34,29	334	503	461(21),285(100)	Luteolin-3-(3-acetylglucoronide)	nd	nd	nd	nd	0.184±0.002	nd
71	35,68	334	503	443(100),285(30)	Luteolin-O-acetylglucoronide	nd	nd	nd	nd	0.131±0.006	nd
72	36,91	321	717	519(100),475(21)339(51),321(20),179(8)	Rabdosiin	nd	nd	nd	traces	traces	nd
73	42,94	322	537	493(100),359(51),313(8)	Salvianolic acid J/W	nd	0.437±0.002	nd	nd	nd	nd

		Ácidos fenólicos totais	7.4±0.1 ^a	6±0.1 ^b	5.7±0.1 ^c	2.6±0.03 ^d	7.2±0.1 ^e	4.8±0.1 ^f
		Flavonóides totais	9.9±0.2 ^a	6.7±0 ^b	11.9±0.1 ^c	6.6±0.02 ^b	5.3±0 ^d	6.7±0.03 ^b
		Compostos fenólicos totais	17.3±0.3 ^a	12.7±0.1 ^b	17±0.2 ^a	9.2±0.06 ^c	12.5±0.1 ^b	11.5±0.14 ^d

Pico	Ref	Curvas de calibração	Pico	Ref	Curvas de calibração
1	Serrano Flores, 2022	hydroxybenzoic acid (y = 20800x + 41309, R ² = 0.9986; LOD = 0.41 µg/mL; LOQ = 1.22 µg/mL);	38	Miguel et al., 2016	rosmarinic acid (y = 191291x – 652903; R ² = 0.999; LOD = 0.68 µg/mL);
2	Serrano Flores, 2022	chlorogenic acid (y = 168823x - 161172; R ² = 0.9999; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);	39	Carocho et al., 2016	quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
3	Ribeiro et al., 2016	chlorogenic acid (y = 168823x - 161172; R ² = 0.9999; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);	40		quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
4		ferulic acid (y = 633126x – 185462, R ² = 0.9990; LOD=0.20 µg/mL; 1.01 µg/mL),	41	Guimarães et al., 2013	quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
5	Serrano Flores, 2022	naringenin (y = 18433x + 78903, R ² = 0.9998; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.64 µg/mL),	42		naringenin (y = 18433x + 78903, R ² = 0.9998; LOD = 0.20 µg/mL);
6	Serrano Flores, 2022	protocatechuic acid (y = 214168x + 27102, R ² = 0.9999; LOD = 0.14 µg/mL; LOQ = 0.52 µg/mL).	43	Mandim et al., 2019	quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
7	Serrano Flores, 2022	chlorogenic acid (y = 168823x - 161172; R ² = 0.9999; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);	44	Mandim et al., 2019	quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
8		(+)-catechin (y = 84950x – 23200, R ² = 1; LOD = 0.17 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL),	45	Serrano Flores, 2022	naringenin (y = 18433x + 78903, R ² = 0.9998; LOD = 0.20 µg/mL);
9	Martins et al., 2016	chlorogenic acid (y = 168823x - 161172; R ² = 0.9999; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);	46	Dias et al., 2014	quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
10		sinapic acid (y=197.337x+30036; R ² =0.999; LOD=0.17 µg/ml; LOQ=1.22 µg/ml).	47		quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
11		(+)-catechin (y = 84950x – 23200, R ² = 1; LOD = 0.17 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL),	48		apigenin 7-O-glucoside (y = 10683x - 45794; R ² = 0.999; LOD = 0.53 µg/mL).
12	Serrano Flores, 2022	chlorogenic acid (y = 168823x - 161172; R ² = 0.9999; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);	49		quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
13		apigenin 6-C-glucoside (y = 107025x - 61531; R ² = 0.9989; LOD = 0.19 µg/mL; LOQ = 0.63 µg/mL).	50	Rita et al., 2016	quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
14	Carocho et al., 2016	caffeic acid (y=388,345x+406,369; R ² =0.994; LOD=0.78 µg/ml; LOQ=1.97 µg/ml);	51	Mandim et al., 2019	quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
15		(+)-catechin (y = 84950x – 23200, R ² = 1; LOD = 0.17 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL),	52	Rita et al., 2016	apigenin 7-O-glucoside (y = 10683x - 45794; R ² = 0.999; LOD = 0.53 µg/mL).
16		(+)-catechin (y = 84950x – 23200, R ² = 1; LOD = 0.17 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL),	53		apigenin 7-O-glucoside (y = 10683x - 45794; R ² = 0.999; LOD = 0.53 µg/mL).
17		naringenin (y = 18433x + 78903, R ² = 0.9998; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.64 µg/mL),	54	Miguel et al., 2016	rosmarinic acid (y = 191291x – 652903; R ² = 0.999; LOD = 0.68 µg/mL);
18	Mandim et al., 2019	quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.9998; LOD = 0.21 µg/mL; LOQ = 0.71 µg/mL);	55	Miguel et al., 2016	rosmarinic acid (y = 191291x – 652903; R ² = 0.999; LOD = 0.68 µg/mL);
19	Wang et al., 2012	rosmarinic acid (y = 191291x – 652903; R ² = 0.999; LOD = 0.15 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);	56		quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);
20		(+)-catechin (y = 84950x – 23200, R ² = 1; LOD = 0.17 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL),	57	Aires & Carvalho, 2017	quercetin 3-O-glucoside (y = 34843x – 160173; R ² = 0.999; LOD = 0.71 µg/mL);

21		naringenin ($y = 18433x + 78903$, $R^2 = 0.9998$; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.64 µg/mL),	58		apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).
22		quercetin 3-O-glucoside ($y = 34843x - 160173$; $R^2 = 0.9998$; LOD = 0.21 µg/mL; LOQ = 0.71 µg/mL);	59		quercetin 3-O-glucoside ($y = 34843x - 160173$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.21 µg/mL; LOQ = 0.71 µg/mL);
23	Rita et al., 2016	chlorogenic acid ($y = 168823x - 161172$; $R^2 = 0.9999$; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);	60		apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).
24	Rita et al., 2016	apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).	61		chlorogenic acid ($y = 168823x - 161172$; $R^2 = 0.9999$; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);
25		naringenin ($y = 18433x + 78903$, $R^2 = 0.9998$; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.64 µg/mL),	62		apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).
26	Mandim et al., 2019	quercetin 3-O-glucoside ($y = 34843x - 160173$; $R^2 = 0.9998$; LOD = 0.21 µg/mL; LOQ = 0.71 µg/mL);	63	Afonso et al., 2019	rosmarinic acid ($y = 191291x - 652903$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.15 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);
27		hydroxybenzoic acid ($y = 20800x + 41309$, $R^2 = 0.9986$; LOD = 0.41 µg/mL; LOQ = 1.22 µg/mL);	64	Rita et al., 2016	apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).
28		apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).	65		rosmarinic acid ($y = 191291x - 652903$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.15 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);
29	Mandim et al., 2019	quercetin 3-O-glucoside ($y = 34843x - 160173$; $R^2 = 0.9998$; LOD = 0.21 µg/mL; LOQ = 0.71 µg/mL);	66		apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).
30		naringenin ($y = 18433x + 78903$, $R^2 = 0.9998$; LOD = 0.20 µg/mL; LOQ = 0.64 µg/mL),	67		rosmarinic acid ($y = 191291x - 652903$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.15 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);
31		quercetin 3-O-glucoside ($y = 34843x - 160173$; $R^2 = 0.9998$; LOD = 0.21 µg/mL; LOQ = 0.71 µg/mL);	68	Rita et al., 2016	rosmarinic acid ($y = 191291x - 652903$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.15 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);
32		hydroxybenzoic acid ($y = 20800x + 41309$, $R^2 = 0.9986$; LOD = 0.41 µg/mL; LOQ = 1.22 µg/mL);	69	Rita et al., 2016	apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).
33		quercetin 3-O-glucoside ($y = 34843x - 160173$; $R^2 = 0.9998$; LOD = 0.21 µg/mL; LOQ = 0.71 µg/mL);	70	Rita et al., 2016	apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).
33	Carocho et al., 2016	quercetin 3-O-glucoside ($y = 34843x - 160173$; $R^2 = 0.9998$; LOD = 0.21 µg/mL; LOQ = 0.71 µg/mL);	71	Rita et al., 2016	apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).
35	Rita et al., 2016	apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).	72		rosmarinic acid ($y = 191291x - 652903$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.15 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);
36	Rita et al., 2016	apigenin 7-O-glucoside ($y = 10683x - 45794$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.10 µg/mL; LOQ = 0.53 µg/mL).	73		rosmarinic acid ($y = 191291x - 652903$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.15 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);
37	Ribeiro et al., 2016	rosmarinic acid ($y = 191291x - 652903$; $R^2 = 0.999$; LOD = 0.15 µg/mL; LOQ = 0.68 µg/mL);			

Tabela 2 - Resultados dos ensaios de atividade antioxidante, atividade antimicrobiana e atividade antifúngica das misturas.

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE																		
	Mistura 1		Mistura 2		Mistura 3		Mistura 4		Mistura 5		Mistura 6							
DPPH Ec50 (ug /mL)	97±4 ^a		143±4 ^b		340±10 ^c		610±10 ^d		250±10 ^e		370±10 ^f							
TBARS Ec50 (ug/mL)	5.1±0.2 ^a		8.6±0.4 ^b		16±1 ^c		19.3±0.4 ^d		4.3±0.4 ^e		13±1 ^f							
* Os resultados são expressos como média ± desvio padrão (DP). Valores com letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (p < 0,05) pelo teste de Tukey.																		
ATIVIDADE ANTIMICROBIANA													Controle Positivo					
Patógenos alimentares	Mistura 1		Mistura 2		Mistura 3		Mistura 4		Mistura 5		Mistura 6		Streptomicin 1mg/mL		Methicilin 1mg/mL		Ampicillin 10mg/mL	
	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
Gram-negative bacteria																		
Enterobacter Cloacae	10	>10	>10	>10	10	>10	10	>10	5	>10	10	>10	0.007	0.007	n.t.	n.t	0.15	0.15
Escherichia coli	5	>10	2.5	>10	10	>10	10	>10	10	>10	5	>10	0.01	0.01	n.t.	n.t.	0.15	0.15
Pseudomonas aeruginosa	10	>10	>10	>10	10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	0.06	0.06	n.t.	n.t.	0.63	0.63
Salmonella enterica	2.5	>10	10	>10	10	>10	10	>10	5	>10	10	>10	0.007	0.007	n.t.	n.t.	0.15	0.15
Yersinia enterocolitica	2.5	>10	5	>10	10	>10	2.5	>10	1.25	>10	5	>10	0.007	0.007	n.t.	n.t.	0.15	0.15
Gram-positive bacteria																		
Bacillus cereus	10	>10	5	>10	10	>10	10	>10	2.5	>10	5	>10	0.007	0.007	n.t.	n.t.	n.t.	n.t.
Listeria monocytogenes	5	10	5	10	10	10	10	>10	2.5	10	5	10	0.007	0.007	n.t.	n.t.	0.15	0.15
Staphylococcus aureus	2.5	10	5	10	10	>10	5	10	1.25	10	2.5	10	0.007	0.007	0.007	0.007	0.15	0.15

													Controle Positivo					
Patógenos clínicos	Mistura 1		Mistura 2		Mistura 3		Mistura 4		Mistura 5		Mistura 6		Ampicillin (10mg/mL)		Imipenem (1mg/mL)		Vancomycin (1mg/mL)	
	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
Gram-negative bacteria																		
Escherichia coli	>10	>10	>10	>10	10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	<0.15	<0.15	<0.0078	<0.0078	n.t.	n.t.
Klebsiella pneumoniae	5	>10	10	>10	10	>10	>10	>10	10	>10	>10	>10	10	>10	<0.0078	<0.0078	n.t.	n.t.
Morganella morganii	1.25	2.5	5	10	1.25	5	2.5	5	1.25	2.5	2.5	5	>10	>10	<0.0078	<0.0078	n.t.	n.t.
Proteus mirabilis	2.5	10	5	10	2.5	10	5	10	2.5	10	2.5	10	<0.15	<0.15	<0.0078	<0.0078	n.t.	n.t.
Pseudomonas aeruginosa	10	>10	>10	>10	5	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	0.5	1	n.t.	n.t.
Gram-positive bacteria																		
Enterococcus faecalis	5	10	10	10	5	10	10	10	2.5	10	2.5	10	<0.15	<0.15	<0.0078	<0.0078	n.t.	n.t.
Listeria monocytogenes	1.25	10	2.5	10	2.5	10	5	>10	2.5	5	2.5	10	<0.15	<0.15	n.t.	n.t.	0.25	0.5
MRSA *	1.25	10	2.5	10	2.5	10	2.5	10	0.6	10	1.25	5	<0.15	<0.15	n.t.	n.t.	0.25	0.5

* Resistente a *Staphylococcus aureus* methicilin

ATIVIDADE ANTIFÚNGICA													Controle Positivo	
Fungos	Mistura 1		Mistura 2		Mistura 3		Mistura 4		Mistura 5		Mistura 6		Ketoconazole	
	MIC	MFC	MIC	MFC	MIC	MFC	MIC	MFC	MIC	MFC	MIC	MFC	MIC	MFC
<i>Aspergillus brasiliensis</i>	10	>10	10	>10	10	>10	10	>10	10	>10	10	>10	0.06	0.125
<i>Aspergillus fumigatus</i>	10	>10	10	>10	10	>10	10	>10	10	>10	10	>10	0.5	1

**MIC- concentração inibitória mínima; MBC - concentração bacteriana mínima; nt – não testado.

Tabela 3 - Resultados das análises de cor, textura, atividade da água, valores nutricionais e ácidos graxos das diferentes formulações de pasta de grão-de-bico (homus).

COR, TEXTURA E ATIVIDADE DE ÁGUA				
		F1	F2	F3
Atividade de água	(Aw)	0.98±0 ^a	0.99±0 ^b	0.97±0 ^c
Firmeza	(g)	763.5±27 ^a	434±6 ^b	504.1±24.3 ^c
Consistência	(g.sec)	3209.4±140.1 ^a	2131.6±111.4 ^b	2626.2±112.2 ^c
L*		67.4±0.7 ^a	79.9±0.5 ^b	71.7±0.4 ^c
a*		1.03±0 ^a	0.13±0 ^b	1.6±0 ^c
b*		22±0.5 ^a	29.8±0.6 ^b	29.6±0.4 ^b
INFORMAÇÕES NUTRICIONAIS (Porção: 100 g)				
		F1	F2	F3
Energia	Kcal/100 g dw	288±1 ^a	259±5 ^b	271±0 ^b
Gorduras	(g/100 g dw)	15.13±0.1 ^a	20.17±0.1 ^b	19.06±1 ^b
Proteínas	(g/100 g dw)	7.37±0.1 ^a	9.5±0.06 ^b	8.63±0 ^c
Cinzas	(g/100 g dw)	1.9±2 ^a	2.44±0.4 ^b	2.39±0.2 ^b
Umidade	(%)	44.96±0 ^a	58.04±0 ^b	53.8±0 ^c
Carboidratos	(g/100 g dw)	30.64±0 ^a	9.85±0 ^b	16.11±1 ^c
Açúcar	(g/100 g dw)	6.33±4.1 ^a	8.22±2 ^b	6.25±4 ^c
Açúcares totais	(g/100 g dw)	6.33±4.1 ^a	8.22±2 ^b	6.25±4 ^c
ÁCIDOS GRAXOS				
Nome do Composto		F1	F2	F3
C16:0		20.24±0.12	15.08±0.14	14.56±0.00
C20:0		1.02±0.01	1.02±0.02	0.20±0.01
C24:0		0.25±0.00	0.24±0.01	0.24±0.00
SFA		21.5±0.1 ^a	16.3±0.2 ^b	15±0 ^c
C16:1		0.42±0.00	0.45±0.02	0.35±0.01
C18:1n9		52.43±0.01	56.95±0.06	56.49±0.05
C20:1		0.31±0.00	0.19±0.00	0.33±0.01
C22:1n9		0.60±0.00	0.51±0.00	0.61±0.02
MUFA		53.8±0 ^a	58.1±0.1 ^b	57.8±0.1 ^c
C18:2n6		23.64±0.07	24.62±0.06	26.21±0.02
C18:3n3		0.84±0.01	0.75±0.04	0.78±0.04
C20:2		0.21±0.00	0.20±0.01	0.23±0.00
PUFA		24.7±0.1 ^a	25.6±0.1 ^b	27.2±0.1 ^c

* Os resultados são expressos como média ± desvio padrão (DP). Valores com letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.