



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE NUTRIÇÃO
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS



**ISOLADO PROTEICO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)
COMO POSSÍVEL SUBSTITUINTE DE PROTEÍNA ANIMAL**

Adrisda Alexandra Pereira Augusto
Orientadora: Prof.^a Michelle J. P. de Azevedo Batista
Coorientadora: Prof.^a Priscila Cardoso Fidelis

**OURO PRETO
2025**

ADRIDSA ALEXANDRA PEREIRA AUGUSTO

**ISOLADO PROTEICO DE GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum* L.)
COMO POSSÍVEL SUBSTITUINTE DE PROTEÍNA ANIMAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Michelle J. P. de Azevedo Batista
Coorientadora: Prof.^a Priscila Cardoso Fidelis
Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

**OURO PRETO
2025**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A923i Augusto, Adrisda Alexandra Pereira.
Isolado proteico de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) como possível substituinte de proteína animal. [manuscrito] / Adrisda Alexandra Pereira Augusto. - 2025.
36 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Michelle Batista.
Coorientadora: Profa. Dra. Priscila Fidelis.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Nutrição. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos .

1. Proteínas. 2. Emulsificantes. 3. Solução salina. 4. Produtos vegetais. 5. Vegetarianos. I. Batista, Michelle. II. Fidelis, Priscila. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 613.2

Bibliotecário(a) Responsável: Sônia Marcelino - CRB6/2247



FOLHA DE APROVAÇÃO

Adrisda Alexandra Pereira Augusto

Isolado proteico de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) como possível substituinte de proteína animal

Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2025.

Membros da banca

Dra. Michelle Jennifer Pereira de Azevedo Batista - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Pâmella Fronza Câmara - (Universidade Federal de Minas Gerais)
Me. Sílvio Jackson Felix Alves - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Michelle Jennifer Pereira de Azevedo Batista, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 27/02/2025.



Documento assinado eletronicamente por **Michelle Jennifer Pereira de Azevedo Batista, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/02/2025, às 16:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0868199** e o código CRC **05056E66**.

RESUMO

A criação de produtos à base de matérias-primas vegetais está em alta, impulsionada por vegetarianos e consumidores que visam uma alimentação mais saudável e sustentável. No entanto, substituir ingredientes como leite e ovo é um desafio para a indústria alimentícia. Cereais e leguminosas, especialmente estas, possuem proteínas funcionais variadas, cuja extração influencia suas respectivas propriedades. Algumas formam espumas ou emulsões mais eficazmente, garantindo produtos mais estáveis e versáteis. Este trabalho teve como objetivo comparar duas formas de extração de proteínas a partir de isolado proteico de grão-de-bico. Foram avaliadas a extração ácida seguida de centrifugação e extração ácida salina. Os extratos foram caracterizados quanto a suas propriedades funcionais, isto é, propriedades de formação de espuma e de emulsão. Os resultados das extrações utilizadas nas análises mostraram-se eficazes para extração da proteína do grão-de-bico, os dados sugerem que a extração salina apresenta maior eficiência e maior rendimento com níveis superiores de proteína recuperada. O percentual de proteína para extração ácida salina foi de 0,376% m/m, enquanto para extração ácida, 0,239% m/m. As propriedades funcionais do isolado proteico apontaram que a presença de sal favorece o processo de formação e estabilidade de espuma, e também as massas maiores contribuíram para este fato. Para capacidade de emulsão (EC), a massa inicial igual a 0,5 g obteve melhores resultados, ultrapassando os 80% indicados pela literatura. Em relação ao pH, a alcalinidade mostrou contribuir para a capacidade de formação de emulsão. Desta maneira, esses resultados indicaram a possibilidade de utilização dos isolados proteicos em formulações de produtos à base de plantas. O estudo da utilização desses grãos e suas proteínas pode colaborar como opção de uso e agregação de valor a essas matérias-primas, além de atender a demanda dos consumidores por produtos à base de plantas.

Palavras-chave: proteínas; emulsificantes; solução salina; produtos vegetais; vegetarianos.

ABSTRACT

The development of plant-based products is on the rise, boosted by vegetarians and consumers seeking a healthier and more sustainable diet. However, replacing ingredients such as milk and eggs is a challenge for the food industry. Cereals and legumes, especially the latter, contain diverse functional proteins, whose extraction influences their respective properties. Some form foams or emulsions more effectively, ensuring more stable and versatile products. This study aims to compare two methods of protein extraction from chickpea protein isolate. Acid extraction followed by centrifugation and saline acid extraction were evaluated. The extracts were characterized based on their functional properties, namely foam and emulsion formation. The extraction methods used in the analyses were effective for extracting chickpea protein, with saline extraction showing greater efficiency and yield, achieving higher levels of recovered protein. The protein percentage for saline acid extraction was 0.376% m/m, whereas for acid extraction, it was 0.239% m/m. The functional properties of the protein isolate indicated that the presence of salt favored the foam formation and stability process, with higher masses also contributing to this effect. Regarding emulsifying capacity (EC), the initial mass of 0.5 g achieved better results, surpassing the 80% threshold indicated by the literature. In terms of pH, alkalinity contributed to the emulsification capacity. These results suggest the potential use of protein isolates in plant-based product formulations. Studying the utilization of these grains and their proteins may provide an alternative for adding value to these raw materials while meeting consumer demand for plant-based products.

Keywords: proteins, emulsifiers, saline solution, vegetable products, vegetarian.

Sumário

1	Introdução	7
2	Objetivo	9
3	Referencial teórico	9
3.1	Proteínas	9
3.2	Propriedades funcionais das proteínas	10
3.3	Grão-de-bico.....	11
3.4	Isolado proteico	12
4	Material e Métodos	13
4.1	Materiais	13
4.2	Métodos.....	14
4.2.1	Preparo das amostras - Isolado Proteico	14
4.2.2	Extração Ácida.....	14
4.2.3	Extração Ácida e Salina	16
4.2.4	Análise de Bradford	17
4.2.5	Análise do teor de Umidade.....	18
4.2.6	Cálculo de concentração de proteína recuperada nas diferentes extrações.....	19
4.2.7	Cálculo do rendimento	19
4.2.8	Propriedades funcionais	19
5	Resultados e Discussão	22
5.1	Concentração De Proteína nas diferentes extrações	22
5.2	Rendimento	23
5.2.1	Rendimento das extrações.....	23
5.2.2	Rendimento total.....	25
5.3	Avaliação de estabilidade de espuma	26
5.4	Avaliação da capacidade emulsionante.....	30
6	Conclusão	33
7	Referências	34

1 Introdução

Conforme a pesquisa do Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística Inteligência, realizada em abril de 2018, 14% da população brasileira se declara vegetariana, representando quase 30 milhões de brasileiros. Ainda segundo o levantamento, que entrevistou 2002 pessoas em 142 municípios, 55% dos entrevistados (mesmo os não vegetarianos) afirmaram que consumiriam mais produtos veganos caso estes tivessem preços similares aos dos produtos que costumam adquirir (IBOPE, 2018). Esses dados refletem uma tendência crescente de interesse por dietas baseadas em vegetais, impulsionando a demanda por produtos específicos para esse público.

A alimentação vegetariana pode ser segmentada em diferentes categorias, conforme o grau de exclusão de produtos de origem animal. Entre essas categorias, destacam-se a ovolactovegetariana (exclui carne, mas inclui ovos e leite de vaca), a lactovegetariana (exclui carne e ovos, mas inclui leite de vaca), a vegetariana estrita (exclui carne, ovos, leite de vaca e mel) e a vegana (além de excluir alimentos de origem animal, também evita o uso de cosméticos, vestuários e demais produtos de empresas que realizam testes em animais) (SOCIEDADE VEGETARIANA BRASILEIRA, 2012). No entanto, apesar da crescente adesão a essas dietas, o mercado de produtos destinados ao público vegetariano ainda é pequeno quando comparado aos mercados tradicionais, caracterizando-se frequentemente pela informalidade de processos e pela ausência de legislações específicas.

Mesmo diante dessas limitações, observa-se um crescimento contínuo desse segmento, impulsionado pela maior conscientização da população sobre a relação entre a produção de alimentos, a ética no tratamento animal e a preservação ambiental (FRANÇA, 2017). Entretanto, o desenvolvimento de novos produtos vegetarianos representa um desafio para a indústria, pois exige conhecimento teórico e prático sobre a substituição de ingredientes de origem animal, como leite e ovos, por alternativas vegetais (TAFFAREL, 2012). Nesse contexto, as proteínas desempenham um papel crucial não apenas como macronutrientes essenciais para a manutenção dos sistemas biológicos, mas também como componentes tecnológicos que influenciam a textura, propriedades mecânicas e características físico-químicas dos alimentos. Dessa forma, são necessários estudos que comparem o comportamento de proteínas de origem animal e vegetal em novas formulações, buscando avaliar sua viabilidade de produção (CAMPOS et al., 2009).

Nesse cenário, em que as proteínas vegetais são cada vez mais solicitadas para diversas aplicações e afins, as leguminosas se mostram como uma ótima opção para substituição de proteínas de origem animal. Elas pertencem à família Fabaceae, um dos grupos vegetais mais diversificados, abrangendo cerca de 630 gêneros e 1.800 espécies, que incluem ervas, lianas, arbustos e árvores. Caracterizam-se pela presença de vagens que protegem suas sementes, além de possuírem folhas variadas, caules de diferentes tamanhos e flores de diversas cores. As leguminosas podem ser divididas em dois grupos principais: leguminosas de grão e leguminosas oleaginosas (SILVA, 2024).

Dentre as leguminosas, o grão-de-bico se destaca por seu alto teor de proteínas, aminoácidos e minerais (FERREIRA et al., 2006). Esse alimento versátil pode ser consumido de diversas formas, como cozido, germinado, torrado, em preparos salgados e doces, além de servir como base para condimentos. Seu pré-preparo é essencial para reduzir e inativar fatores antinutricionais durante o cozimento, aumentando a biodisponibilidade dos nutrientes presentes (ARTIAGA et al., 2012). Além de seu valor nutricional, a funcionalidade das proteínas do grão-de-bico na formação de espumas e emulsões pode ser explorada na indústria de alimentos.

A formação e estabilidade de espumas dependem da capacidade das proteínas de reduzirem a tensão superficial na interface líquido-gás, permitindo a dispersão de gases em uma fase líquida ou sólida. No entanto, fatores como diferenças de pressão, evaporação, difusão de gases entre bolhas e rupturas da fração líquida podem comprometer a estabilidade das espumas (FILHO; VASCONCELOS, 2011). Além disso, as proteínas também desempenham um papel essencial na formação de emulsões utilizadas na elaboração de molhos, cremes e sopas. Uma emulsão é um sistema coloidal em que gotículas de óleo estão dispersas em uma fase contínua de água (PEREIRA; GARCIA-ROJAS, 2015; MUSTAFA et al., 2018).

Considerando o aumento da população vegetariana no Brasil e a crescente busca por produtos à base de plantas, além da limitada disponibilidade de produtos vegetais adequados a esse público no mercado, torna-se necessário o aprofundamento de pesquisas sobre as propriedades tecnológicas das proteínas vegetais. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo contribuir para a área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, investigando a capacidade do isolado proteico de grão-de-bico de formar espumas e emulsões, visando sua aplicação como substituto de proteínas de origem animal em formulações futuras.

2 Objetivo

Este trabalho visa avaliar o potencial das propriedades de formação de espuma e capacidade emulsificante das proteínas de grão-de-bico para uso como substituto de ingredientes de origem animal. Os objetivos específicos são comparar dois métodos de obtenção de isolado proteico do grão-de-bico - a extração ácida e salina - além disso, estimar a quantidade de proteína presente na farinha de grão-de-bico pelo método de Bradford, avaliar qual das extrações obteve um isolado proteico com maior recuperação de proteínas.

3 Referencial teórico

3.1 Proteínas

As proteínas são macronutrientes essenciais para o crescimento e funções fisiológicas, fornecendo aminoácidos e sendo a principal fonte de nitrogênio na dieta (SÁ, 2021). Sua ingestão traz diversos benefícios, e tanto proteínas de origem animal quanto vegetal são amplamente utilizadas em alimentos devido às suas propriedades funcionais (PATIL et al., 2024).

Carne, aves, ovos e leite são as principais fontes de proteína animal no mundo. As fontes animais apresentam alta qualidade proteica em relação à digestibilidade das proteínas e aminoácidos, também possuem características sensoriais agradáveis aos consumidores, como sabor, aparência e textura (ETTOUMI; CHIBANE; ROMERO, 2016)

O consumo de proteína animal está relacionado a aspectos culturais, hábitos e tradições. É importante repensar essa alta ingestão de proteína animal, devido a questões ambientais, incluindo uso de água doce, terra, mudanças climáticas e perda de biodiversidade. Além disso, há preocupação com o bem-estar animal (ETTOUMI; CHIBANE; ROMERO, 2016).

Essa preocupação motivou a busca por estratégias alimentares para aumentar a ingestão de proteínas de fontes alternativas e o desenvolvimento de processos para atingir os níveis necessários de qualidade proteica. A população mundial está crescendo continuamente, e é difícil garantir a segurança alimentar com base nos recursos limitados da Terra e na economia restrita. Assim, é imperativo encontrar alternativas inteligentes para atender às necessidades nutricionais da humanidade, valorizando o meio ambiente, os aspectos culturais e a dignidade das pessoas. É demonstrado que proteínas de origem

vegetal são abundantes e amplamente encontradas, com potencial perfil nutricional. Diversas fontes vegetais, ricas em proteínas, podem suprir a necessidade humana e superar o desafio do crescimento populacional (SÁ, 2021).

Recentemente, as proteínas vegetais têm se destacado entre os consumidores por suas vantagens, como baixo custo, menor impacto ambiental, abundância natural, sustentabilidade e benefícios à saúde, incluindo a prevenção de doenças cardiovasculares (PATIL et al., 2024). Esse interesse crescente impulsiona a indústria alimentícia a utilizá-las como substitutas das proteínas animais em novas formulações. Diversas leguminosas, como feijão, grão-de-bico, fava, ervilha, feijão-caupi e tremoço, vêm sendo estudadas por suas propriedades emulsificantes e de formação de espuma (KARACA; LOW; NICKERSON, 2011).

3.2 Propriedades funcionais das proteínas

A capacidade das proteínas alimentares de formar e estabilizar emulsões é essencial para seu uso como ingredientes em diversas aplicações alimentícias, pois elas atuam como emulsificantes devido à sua habilidade de adsorver na interface óleo-água e formar camadas estabilizadoras ao redor das gotículas de óleo (KARACA; LOW; NICKERSON, 2011). Durante esse processo, proteínas individuais ou agregadas se adsorvem na superfície das gotículas recém-formadas, criando uma camada densamente compactada que reduz a tensão interfacial e impede a coalescência, funcionando como uma barreira física que mantém a estabilidade da emulsão (DAMODARAN, 2024).

A capacidade de emulsificação (EC) das proteínas alimentares é moldada por sua eficácia emulsificante, assim, o EC é o volume em mL de óleo que pode ser emulsionado por grama de proteína antes que ocorra a inversão da fase. Essa eficácia, por sua vez, depende de uma combinação de fatores internos e externos. Os fatores internos incluem as propriedades da própria proteína, como carga, polaridade, solubilidade, peso molecular, estrutura e estabilidade conformacional. E fatores externos, como pH, força iônica e temperatura, também desempenham um papel na estabilidade da emulsão, afetando a interação entre a proteína e os componentes da emulsão (PATIL et al., 2024).

Já as espumas são sistemas compostos por uma fase contínua aquosa e uma fase dispersa gasosa, presentes em diversos alimentos processados, como cremes batidos, sorvetes, bolos, merengues, pães, suflês, musses e marshmallows. A textura característica e a sensação na boca desses produtos resultam da dispersão de minúsculas bolhas de ar

em sua estrutura. As proteínas desempenham um papel essencial na formação e estabilização das espumas, atuando como agentes ativos de superfície na interface gás-líquido. O processo de bater ou agitar uma solução proteica promove a incorporação e estabilização das bolhas de gás, graças à formação de uma película fina e resistente que mantém a estrutura espumosa (DAMODARAN, 2024).

3.3 Grão-de-bico

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma leguminosa de hábito herbáceo (Figuras 1 e 2) e destaca-se pelo seu alto teor proteico, que varia entre 20,9% e 25,27%. Sua proteína é composta principalmente por albumina (3,9% a 12,31%), globulina (53,14% a 60,29%), glutelinas (3,12% a 6,89%) e prolamina (19,38% a 24,40%). Além disso, contém uma ampla gama de aminoácidos essenciais e não essenciais, incluindo arginina, ácido glutâmico, lisina, metionina, treonina, fenilalanina, valina, triptofano, histidina, cisteína, ácido aspártico, leucina e glicina. As proteínas vegetais do grão-de-bico são uma alternativa promissora às proteínas de origem animal, devido à sua alta digestibilidade, ampla disponibilidade e custo-eficiência, fatores que impulsionam sua crescente demanda (PATIL, N. D 2024)

Além da proteína, o grão-de-bico é uma fonte rica de carboidratos, fibras, polifenóis, flavonoides, vitaminas (tiamina e niacina) e minerais como magnésio, cálcio, ferro e fósforo. Antes do consumo, passa por diversos processos, como imersão, cozimento, torrefação, germinação e vaporização, que modificam sua estrutura e influenciam suas propriedades nutricionais, físicas e funcionais (PATIL et al., 2024).

Figura 1: Planta herbácea do grão-de-bico



Fonte: BRASIL (2021)

Figura: 2 Grão-de-bico *in natura*



Fonte: CARVALHO (2017)

3.4 Isolado proteico

O isolado proteico de grãos é definido como o produto que contém quase toda a fração proteica, com a remoção da maior parte dos componentes não proteicos (FREIRE, 2016). É considerado a forma mais pura de proteínas vegetais, os isolados proteicos têm sua composição final variando conforme a espécie utilizada e o método de obtenção. O processo, em linhas gerais, envolve: (i) trituração para obtenção de uma farinha fina,

sendo que quanto menor a granulometria, mais fácil será a extração das proteínas; (ii) extração das proteínas, etapa crucial para o rendimento final, que pode ser realizada em meio líquido (usando água, ácidos, álcalis ou solução salina) ou em meio seco (classificação pelo ar) (SOUSA, 2014).

4 Material e Métodos

4.1 Materiais

Este trabalho foi realizado na Planta Piloto de Produtos Vegetais e Bebidas e no Laboratório Multiusuário de Pesquisa em Análise de Alimentos da Escola de Nutrição (ENUT) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) - MG.

Para o experimento foi utilizada uma amostra (mesmo lote) de grão-de-bico adquirida no comércio local. Para realização da farinha, os grãos passaram por um processo de secagem em estufa de secagem de 12 h a 105 °C (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Em seguida, os grãos foram moídos em um liquidificador (Oster modelo BLSTMG-BR8-317) A farinha foi acondicionada em temperatura ambiente.

Assim, foi preparado uma solução tampão, empregando dois reagentes: ácido cítrico 0,1 M com concentração de 19,2 g/L e citrato de sódio 0,1 M com concentração de 29,4 g/L, resultando em um pH final igual a 3,0. Para as análises de extração ácida e ácida salina, foram utilizadas as soluções tampão citrato, para extração salina o tampão foi acrescido de NaCl. Para determinação de proteínas, utilizou-se o corante de Azul de Coomassie Brilliant Blue G-250, etanol 95%, ácido fosfórico 85% e albumina do soro de leite (BSA) para o método de Bradford (BRADFORD, 1976).

Para as análises de estabilidade de espuma também se utilizou o tampão citrato, além dele um tampão alcalino, pH final de 8, os reagentes utilizados foram fosfato de sódio monobásico 0,1 M com concentração de 138,0 g/L e fosfato de sódio dibásico 0,1 M com concentração de 268,0 g/L.

4.2 Métodos

4.2.1 Preparo das amostras - Isolado Proteico

Os isolados foram extraídos de duas formas, método de extração ácida e extração ácida salina. As amostras de isolado proteico foram identificadas de acordo com o tratamento em que as amostras de grão-de-bico foram submetidas conforme apresentado no Quadro 1:

Quadro 1: Preparo das amostras em 10 mL de solução tampão.

Identificação das amostras	Farinha Grão-de-Bico	Extração
EASS-0,1	0,1 g	ácida
EASS-0,5	0,5 g	ácida
EASS-1,0	1,0 g	ácida
EACS-0,1	0,1 g	ácida e salina
EACS-0,5	0,5 g	ácida e salina
EACS-1,0	1,0 g	ácida e salina

EACS: extração ácida com sal pH 3

EASS: extração ácida sem sal pH 3

4.2.2 Extração Ácida

Para o procedimento de extração ácida, foram realizadas pesagens das amostras de farinha. As massas utilizadas foram 0,1 0,5 e 1,0 g da farinha de grão-de-bico (GB), identificada como EASS-0,1; EASS-0,5; e EASS-1,0. Em seguida, preparou-se uma solução tampão com pH 3, utilizando 3,8 g de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) e 0,7 g de citrato de sódio ($Na_3C_6H_5O_7$). O ácido cítrico foi diluído em um balão volumétrico de 200 mL com água destilada, enquanto o citrato de sódio foi diluído em um balão de 25 mL. As duas soluções foram misturadas em um balão volumétrico de 100 mL para garantir as

proporções adequadas. Por fim, a solução resultante foi vertida para um balão de 200 mL e completada com água destilada.

As amostras de farinha foram transferidas para tubos Falcon, aos quais foram adicionados 10 mL da solução tampão. Após uma leve agitação manual para assegurar a mistura do reagente com a amostra, os tubos foram colocados em um homogeneizador por 30 minutos. Em seguida, os tubos foram preenchidos com água e pesados para controle e calibração do processo. Posteriormente, os tubos foram centrifugados a 5.000 rpm por 15 minutos.

O sobrenadante foi removido e medido em proveta, enquanto o resíduo sólido foi reservado para tratamentos posteriores. Para a etapa seguinte, adicionou-se água destilada na proporção de 1:3 em tubo Falcon de 50 mL. O cálculo do volume de água destilada seguiu a Equação (1) de acordo com PINHEIRO (2019). O teor de proteína foi medido pelo método de Bradford (seção 4.2.4).

$$VS \times 3 = VA \quad Eq. (1)$$

Em que, VS é o volume do sobrenadante e VA é o volume de água destilada

Os volumes obtidos estão apresentados no Quadro 2:

Quadro 2: Sobrenadante obtido na extração aquosa

Amostras	Sobrenadante	Água destilada
EASS-0,1	8,6 mL	25,9 mL
EASS-0,5	9,0 mL	27,0 mL
EASS-1,0	9,5 mL	28,5 mL
EASS-0,1	10,0 mL	30,0 mL
EASS-0,5	9,10 mL	27,3 mL
EASS-1,0	8,30 mL	24,9 mL

EASS-0,1: extração ácida sem sal pH 3, com massa inicial de 0,1 g.

EASS-0,5: extração ácida sem sal pH 3, com massa inicial de 0,5 g.

EASS-1,0: extração ácida sem sal pH 3, com massa inicial de 1,0 g.

4.2.3 Extração Ácida e Salina

A preparação das amostras seguiu da mesma forma que na extração ácida, como retratada em PINHEIRO (2019), a solução tampão foi acrescida de 1,75 g de NaCl. O Quadro 3 aponta os volumes de água destilada e sobrenadante obtidos na extração salina:

Quadro 3: Sobrenadante obtido na extração salina

Amostras	Sobrenadante	Água destilada
EACS-0,1	8,8 mL	25,9 mL
EACS-0,5	9,0 mL	27,0 mL
EACS-1,0	9,0 mL	27,0 mL
EACS-0,1	10,0 mL	30,0 mL
EACS-0,5	9,0 mL	27,0 mL
EACS-1,0	8,2 mL	24,6 mL

EACS-0,1: extração ácida com sal pH 3, com massa inicial de 0,1 g.

EACS-0,5: extração ácida com sal pH 3, com massa inicial de 0,5 g.

EACS-1,0: extração ácida com sal pH 3, com massa inicial de 1,0 g.

4.2.4 Análise de Bradford

Para a determinação das proteínas, o método empregado foi o Bradford, no qual utilizou-se o reagente de Bradford, baseado na reação do corante azul de Coomassie Brilliant Blue G-250, etanol 95%, ácido fosfórico 85% e água destilada. A solução de Bradford foi preparada inicialmente com 0,05 g do corante azul de Coomassie Brilliant Blue G-250 dissolvido em 25 mL de etanol (95%), sob constante agitação, em seguida, foram adicionados 50 mL de ácido fosfórico (85%), e o volume foi completado com 500 mL de água destilada, então a solução foi filtrada duas vezes (BRADFORD, 1976). Para a preparação da solução estoque de albumina de soro bovina (BSA, foi utilizado 1 mg de BSA, o qual foi dissolvido em 1 mL de água destilada. Foram adicionados água destilada, BSA e o reagente de Bradford em micropipetas como apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Curva padrão para análise de Bradford

Tubos	1	2	3	4	5	6
Água destilada	100 μ L	90 μ L	80 μ L	70 μ L	60 μ L	50 μ L
BSA	0 μ L	10 μ L	20 μ L	30 μ L	40 μ L	50 μ L
Reagente de Bradford	2,5 mL					
Volume total	100 μ L					

Os itens foram misturados (Quadro 4), e os tubos ficaram em repouso por 5 min. Após isso, a absorbância dos tubos 1 a 6 foi medida em espectrofotômetro a 595 nm. Com os valores das absorbâncias do conteúdo dos tubos foi possível determinar a curva padrão como base na concentração conhecida de BSA.

Para a análise de Bradford, alíquotas de 100 μ L das amostras EASS (1 a 3) e EACS (4 a 6) foram adicionadas a tubos de ensaio com 2,5 mL do reagente de Bradford, agitadas e deixadas em repouso por 10 minutos. A absorbância foi medida a 595 nm no espectrofotômetro UV/Vis, com três repetições. Após a primeira medição, os resíduos sólidos foram lavados com 10 mL de água destilada, homogeneizados por 30 minutos, centrifugados por 15 minutos e o sobrenadante teve sua absorbância novamente medida. O precipitado passou por uma segunda lavagem, repetindo-se o processo e nova medição da absorbância.

4.2.5 Análise do teor de Umidade

O teor de umidade dos isolados proteicos foram avaliados por gravimetria, para isso alíquotas de 5 g foram colocadas em pesa-filtros e colocadas em estufa para secagem até atingir peso constante a 105 °C. Após resfriamento das amostras no dessecador, os pesa filtros foram pesados novamente, o que possibilitou calcular a porcentagem de umidade nas amostras analisadas, conforme adaptado da determinação de umidade descrito pelas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.2.6 Cálculo de concentração de proteína recuperada nas diferentes extrações

O cálculo realizado para se obter a concentração de proteína recuperada ocorreu por meio da Eq. 2:

$$PR = [PC] \times V \quad Eq. (2)$$

Em que PR (mg) é proteína recuperada, [PC] é concentração de proteína corrigida (mg/mL) e V é o volume do sobrenadante (mL).

4.2.7 Cálculo do rendimento

O Cálculo de rendimento foi efetuado conforme a fórmula citada abaixo:

$$R(\%) = \frac{PR}{PGB} \times 100 \quad Eq. (3)$$

Assim, R é rendimento em (%), PR (mg) é proteína recuperada, e PGB é proteína inicial de grão de bico.

Já o rendimento total foi calculado a partir da soma de cada extração do rendimento:

$$RT = RPE + RPL + RSL \quad Eq. (4)$$

Nessa equação RT é rendimento total, RPE rendimento da primeira extração e RSL rendimento da primeira lavagem.

4.2.8 Propriedades funcionais

Foram analisadas as propriedades funcionais das amostras de isolado proteico provenientes de extração ácida, extração ácida e salina (seção 4.2.4, Quadro 2), e extração alcalina (pH 8). Para este último tratamento, utilizaram-se os reagentes fosfato de sódio monobásico e fosfato de sódio dibásico, tampão com pH final 8 (Quadro 5).

Quadro 5. Proporções de farinha de grão-de-bico (GB) e solução tampão.

Tratamentos	pH	Farinha GB (g)	NaCl
EASS-0,1 EBSS-0,1	3 8	0,1	0 mol/L
EASS-0,5 EBSS-0,5	3 8	0,5	0 mol/L
EASS-1,0 EBSS-1,0	3 8	1,0	0 mol/L
EACS-0,1 EBCS-0,1	3 8	0,1	0,3 mol/L
EACS-0,5 EBCS-0,5	3 8	0,5	0,3 mol/L
EACS-1,0 EBCS-1,0	3 8	1,0	0,3 mol/L

EASS: extração ácida sem sal pH 3; EACS: extração ácida com sal pH 3; EBSS: extração básica sem sal pH 8; EBCS: extração básica com sal pH 8. Os números presentes nas identificações são referentes à massa inicial de farinha de grão-de-bico adicionados ao preparo da amostra para extração das proteínas em gramas.

4.2.8.1 Avaliação de estabilidade de espuma

Para este experimento foi utilizado um mixer da Black Decker. Cinco mililitros de extrato proteico foram colocados em um béquer a temperatura ambiente, e foi misturado por 1 min, a espuma de cada amostra formada foi vertida em tubos Falcon. Foram feitas medições de volume e altura inicial. Os tubos foram acondicionados em temperatura ambiente e após 30 min e 7 h repetiu-se as medições. Esse procedimento foi realizado em triplicatas, a leitura foi realizada no tempo 0, 30 min e após 7 h de descanso da mistura.

Os cálculos de capacidade de formação de espuma (FC) e estabilidade de espuma (FS) foram realizados de acordo com (SÁ, 2021), a partir das equações 2 e 3.

$$FC = \left(\frac{V1 - V0}{V0} \right) \times 100\% \quad Eq. (5)$$

$$FS = \left(\frac{V2 - V0}{V0} \right) \times 100\% \quad Eq. (6)$$

Em que V_0 é o volume do líquido inicial, V_1 é o volume total da amostra com espuma no tempo 0 e V_2 é o volume total da amostra com espuma após determinado tempo (30 min ou 7 h).

4.2.8.2 Avaliação da capacidade emulsionante

O preparo das amostras seguiu a mesma metodologia da análise de estabilidade de espuma (seção 4.2.8.1) (Quadro 5).

Para essa análise, foram pesados 6 g de extrato do isolado de grão-de-bico, 9 g de óleo de girassol e colocou-se em um béquer de 50 mL e agitou-se para formar a emulsão.

O agitador Ultra Turrax (modelo T10 Basic - IKA) foi utilizado com elemento de dispersão S10N-10 G na velocidade de 8000 rpm, as amostras foram agitadas por 2 min, em seguida transferidas para tubos Falcon, e ficaram armazenados em temperatura ambiente por 7h e 24h conforme adaptado de experimento descrito por Cooper e Goldenberg (1987) (COOPER, D. G.; GOLDENBERG, B. G., 1987 apud BARROS; QUADROS; PASTORE, 2008).

No intervalo entre as agitações, foram feitas as lavagens do agitador com 25 mL de água destilada por 1 minuto.

Após 7h foram efetuadas medidas do volume da camada emulsificada (V_o) e do volume total (V_t) dos líquidos do tubo. Após o intervalo 24h, novas medidas foram registradas.

O cálculo para se obter a estabilidade de emulsão foi realizado conforme a Equação 07 (DAMODARAN, 2024):

$$ES = \frac{VCC}{VT} \times 100\% \quad Eq. (7)$$

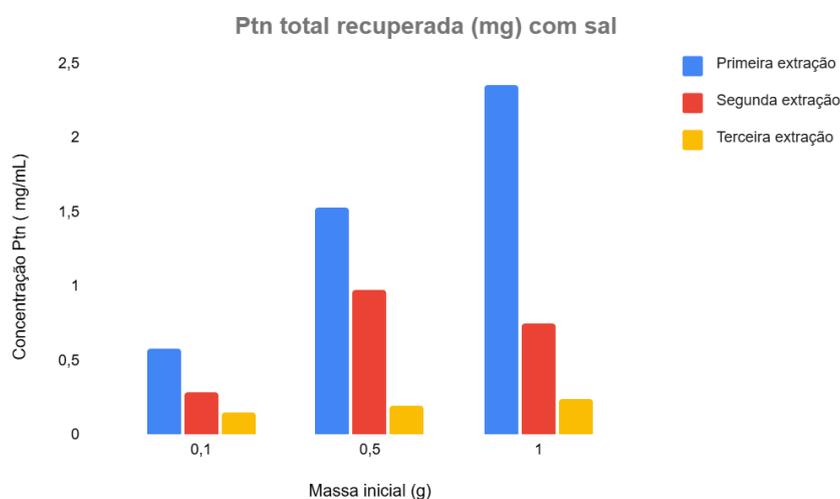
Em que ES estabilidade de espuma, VCC volume da camada de creme e VT volume total da emulsão.

5 Resultados e Discussão

5.1 Concentração De Proteína nas diferentes extrações

É possível observar nos Gráficos 1 e 2, a relação entre a concentração de proteína recuperada e a massa inicial de farinha de grão-de-bico obtida com a ajuda de uma solução tampão citrato e uma solução citrato mais sal de sódio. Observa-se que conforme a massa inicial de farinha de grão-de-bico aumenta, a concentração de proteína (mg/mL) também aumenta, mas a concentração de proteínas extraídas posteriormente (segunda e terceira extrações) é menor que na primeira extração. Essa relação aponta a eficiência da solução tampão citrato com pH 3, uma vez que, quanto maior a massa inicial, maior a concentração de proteína recuperada (mg/L).

Gráfico 1: Valores de concentração de proteína recuperada (mg) para extração em série (3 etapas de extração) e diferentes relações massa de farinha de grão-de-bico: solução tampão fosfato com pH: 3,0 (razão massa inicial: volume da solução: 0,1:10,0,5:10 e 1,0:10)

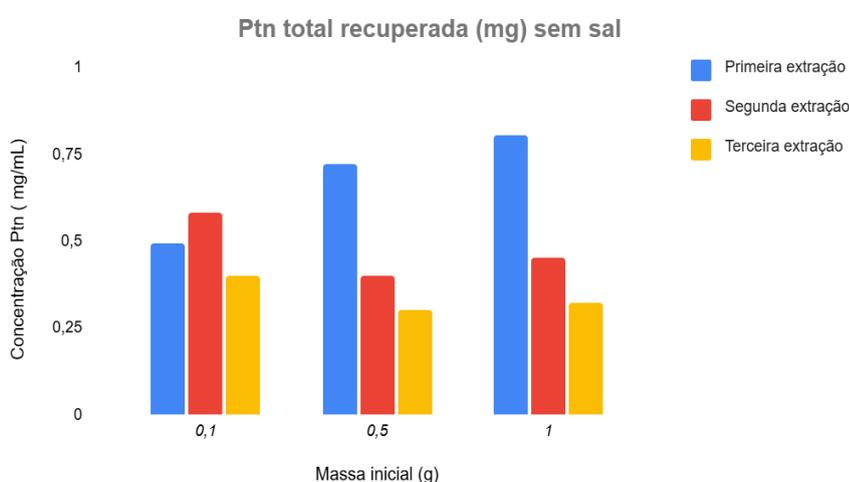


No Gráfico 1, observa-se que, em geral, a maior concentração de proteína recuperada ocorre na primeira extração para todas as massas iniciais. À medida que aumenta a massa inicial, a recuperação de proteína na primeira extração também aumenta, com um pico em 1 g, onde a concentração de proteína ultrapassa 2,35 mg.

A segunda extração mostra uma diminuição consistente da recuperação de proteína em relação à primeira extração, e essa tendência é mais acentuada na terceira extração. Esse padrão sugere que a maioria da proteína disponível é recuperada logo na

primeira etapa, e as subsequentes extrações têm rendimentos decrescentes. Tal característica também foi observada por outros escritores em Pinheiro (2019), os autores empregaram soluções salinas de NaCl de concentração entre 0,1 e 0,5 M para promover a solubilização das proteínas na etapa inicial do processo.

Gráfico 2: Valores de concentração de proteína recuperada (mg) para extração em série (3 etapas de extração) e diferentes relações massa de farinha de grão-de-bico: solução tampão fosfato pH: 3,0 (0,1:10,0,5:10 e 1,0:10).



No Gráfico 2, observa-se uma menor recuperação de proteína na ausência de sal. As amostras de maior massa inicial também obtiveram melhores resultados na primeira extração. Para 1 g de massa inicial, a concentração de proteína recuperada na primeira extração é de 0,80 mg.

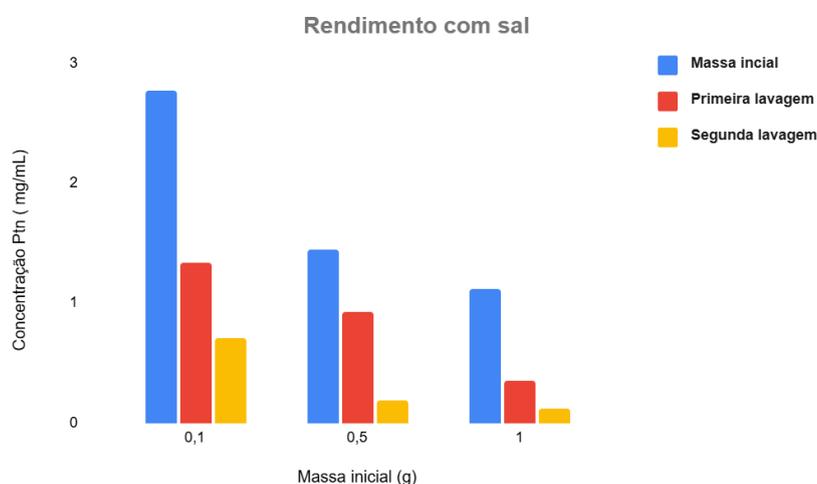
A segunda e terceira extração apresentaram uma diminuição na quantidade de proteína recuperada. No entanto, na massa inicial de 0,1 g essa diminuição não é tão acentuada, uma vez que a segunda extração ultrapassa a primeira. Na ausência de NaCl, as proteínas disponíveis não são totalmente recuperadas na primeira extração, assim a segunda extração também contém uma concentração significativa de proteínas.

5.2 Rendimento

5.2.1 Rendimento das extrações

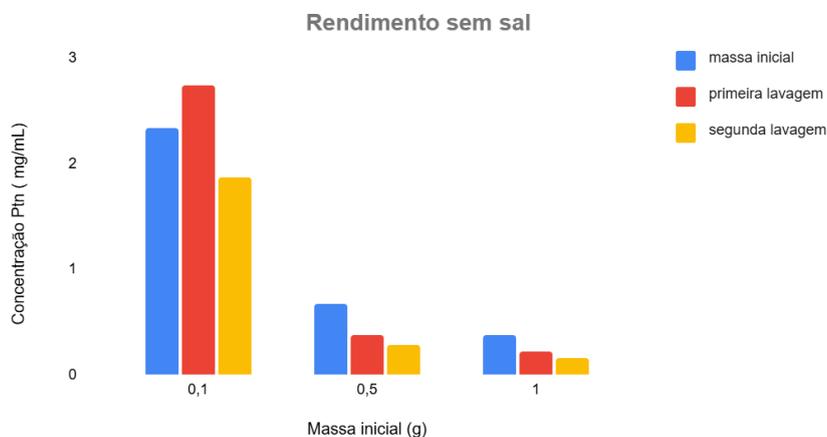
O rendimento das extrações proteicas é observado nos Gráficos 3 e 4.

Gráfico 3: Valores de rendimento de proteína para extração em série (3 etapas de extração) e diferentes relações massa de farinha de grão-de-bico: solução tampão fosfato com pH 3,0 e solução NaCl 0,1 mol/L (0,1:10;0,5:10 e 1,0:10)



No Gráfico 3, observa-se que a primeira extração tem concentrações de proteína relativamente altas, isso é notável na menor massa inicial (0,1 g), onde a concentração de proteína é igual a 2,76 mg/mL, que sugere que o sal favorece a solubilização ou liberação de proteínas da amostra. Conforme relatado em ETTOUMI; CHIBANE; ROMERO (2016), baixas concentrações de sal aumentam a solubilidade porque os íons de sal hidratados, especialmente os ânions ligam-se fracamente ao grupo carregado de proteínas. Isto é importante pelo conhecido *salting in* das proteínas, resultando em alta solubilidade na presença de baixa concentração de sal. Nestas concentrações os sais podem estabilizar proteínas por meio de interações eletrostáticas não especificadas, depende apenas da força iônica do meio e o aumento da solubilidade das proteínas vem da água ligada aos íons.

Gráfico 4: Valores de rendimento de proteína para extração em série (3 etapas de extração) e diferentes relações massa de farinha de grão-de-bico: Solução tampão fosfato pH 3,0 (0,1:10;0,5:10 e 1,0:10).



O Gráfico 4 aponta menor eficiência na extração sem sal. Mesmo nas primeiras lavagens, a quantidade de proteína extraída é menor do que nas condições com sal. Para a menor massa inicial (0,1 g), a diferença entre a concentração da massa inicial e as lavagens é bem mais acentuada. À medida que a massa inicial aumenta, o rendimento nas lavagens continua baixo.

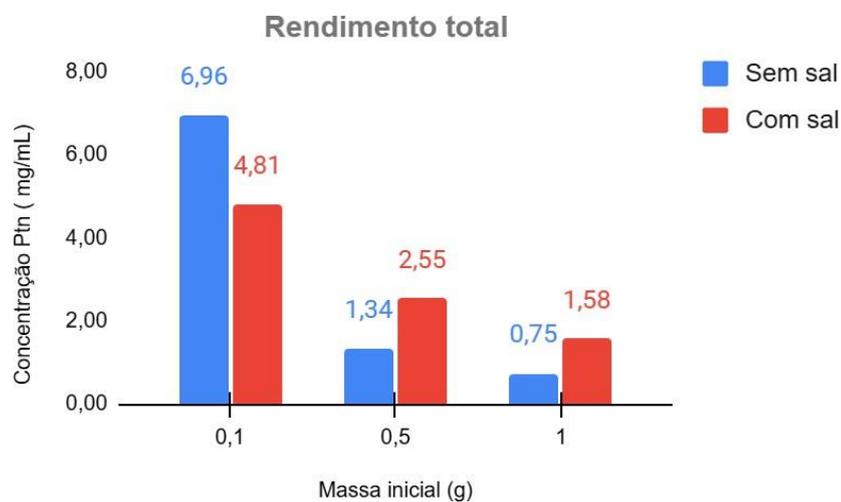
Tal fato é explicado pela ausência de sal na solução extratora, uma vez que a presença de sais em baixas concentrações (0,1 a 0,5M) aumentam a solubilidade das proteínas e como consequência tem-se maior extração das mesmo (ETTOUMI; CHIBANE; ROMERO. 2016), o contrário também é verdade, na ausência de NaCl as proteínas se encontram com menor solubilidade e por isso tem uma menor concentração de proteínas extraídas.

5.2.2 Rendimento total

O Gráfico 5 mostra a eficiência acumulada do processo, e as diferenças em relação ao tipo de extração sugerem que fatores como salinidade e massa inicial influenciam diretamente a solubilização ou recuperação da proteína.

O rendimento total expresso, aponta que, a extração ácida sem a presença de sal obteve um maior rendimento total, no entanto, nas massas iniciais maiores 0,5 g e 1,0 g a presença de sal mostra-se positiva, com interferência benéfica na extração.

Gráfico 5: Valores de rendimento total de proteína para extração em série (3 etapas de extração) e diferentes relações massa de farinha de grão de bico: Solução tampão fosfato pH 3,0 (0,1:10;0,5:10 e 1,0:10).



5.3 Avaliação de estabilidade de espuma

A Tabela 1 apresenta os resultados da capacidade de formação de espuma. As massas iniciais iguais a 1,0 g apresentaram melhor capacidade de formação tanto para o pH de 3 quanto para o pH 8. Tal fato é explicado por Rocha (2023), que a concentração proteica influencia diretamente na formação de espuma, pois quanto maior a concentração de proteínas presente em uma amostra, mais firme e estável será a espuma.

Com relação a formação de espuma em diferentes valores de pH, as amostras com pH ácido apresentaram melhor desenvolvimento de espuma, além disso, a presença de NaCl também favoreceu essa formação.

Tabela 1: Capacidade de formação de espuma (FC) em relação à massa inicial de isolado proteico de grão-de-bico.

Amostras	FC (%)
EASS-1,0	71,75 ± 15,54
EASS-0,5	63,64 ± 9,09
EASS-0,1	58,97 ± 11,72
EBSS-1,0	57,88 ± 1,47
EBSS-0,5	55,67 ± 4,02
EBSS-0,1	51,47 ± 6,76
EACS-1,0	95,00 ± 10,93
EACS-0,5	80,98 ± 21,07
EACS-0,1	75,43 ± 5,00
EBCS-1,0	77,64 ± 2,69
EBCS-0,5	67,59 ± 6,05
EBCS-0,1	53,84 ± 2,65

EASS: extração ácida sem sal pH 3; EACS: extração ácida com sal pH 3; EBSS: extração básica sem sal pH 8; EBCS: extração básica com sal pH 8. Os números presentes nas identificações são referentes à massa inicial de farinha de grão-de-bico adicionados ao preparo da amostra para extração das proteínas em gramas. Valores médios ± desvio padrão (n=3).

Em relação à presença ou à ausência de sal, a Tabela 3 aponta que as amostras obtidas por meio da extração salina tiveram melhores resultados de capacidade de criação de espuma, ademais com o aumento da massa inicial de isolado proteico, a capacidade de formação também aumentou.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos referentes a estabilidade de espuma após 30min. De modo geral, as diferentes massas iniciais não resultaram em grandes diferenças na estabilidade de formação de espuma após 30 min, no entanto, as massas de 1,0 g e 0,5 g apresentaram maior estabilidade.

Tabela 2: Estabilidade de formação de espuma (FS) em de isolado proteico de grão-de-bico avaliada após 30 min de espuma em repouso.

Amostras	FS (%)
EASS-1,0	1,85 ±3,20
EASS-0,5	6,06 ±10,50
EASS-0,1	8,70 ±15,06
EBSS-1,0	15,69 ±27,17
EBSS-0,5	18,35 ± 5,67
EBSS-0,1	9,89 ± 8,58
EACS-1,0	32,62 ± 32,27
EACS-0,5	2,38 ± 4,12
EACS-0,1	4,44 ± 4,19
EBCS-1,0	25,87 ± 3,57
EBCS-0,5	35,78 ± 12,78
EBCS-0,1	16,21 ± 4,52

EASS: extração ácida sem sal pH 3; EACS: extração ácida com sal pH 3; EBSS: extração básica sem sal pH 8; EBCS: extração básica com sal pH 8. Os números presentes nas identificações são referentes à massa inicial de farinha de grão-de-bico adicionados ao preparo da amostra para extração das proteínas em gramas. Valores médios ± desvio padrão (n=3).

De acordo com DAMODARAN (2019), a estabilidade da espuma é aumentada por maiores concentrações proteicas, uma vez que isso aumenta a viscosidade e facilita a formação de uma película proteica coesiva de múltiplas camadas na interface.

Com relação à estabilidade da espuma após 30 min, em diferentes valores de pH e na presença ou ausência de sal, os resultados indicaram que, em pH básico e adição de NaCl na composição, a estabilidade da espuma é favorecida e acompanha melhores resultados. Isso pode ser explicado por afirmações feitas por PATIL, N. D (2024), em que a extração alcalina demonstra maior eficiência sobre a extração salina em relação ao

rendimento de extração proteica; entretanto, não implica superioridade de um isolado produzido sobre outro, uma vez que o produto pode ter aplicações distintas que não serão implicadas significativamente por pureza proteica.

Na Tabela 2, é possível observar os desvios padrões com valores elevados devido às espumas e emulsões que são sistemas complexos. DAMODARAN (2019), afirma em seus estudos, a existência de ordens de grandeza que influenciam as propriedades de espuma assim, uma grandeza é a força de Ostwald, tendência de um sistema reduzir sua energia livre, favorecendo o crescimento das bolhas maiores e a diminuição das menores. Esse processo ocorre mais intensamente em espumas com bolhas de tamanhos variados, o que leva à desestabilização da espuma, já que as bolhas pequenas desaparecem. A instabilidade e a rápida maturação de Ostwald tornam o estudo da espuma complicado, pois as mudanças no tamanho das bolhas alteram suas propriedades físicas durante sua formação, dificultando a observação do processo. Isso torna os estudos sobre a formação e estabilidade das espumas desafiadores, exigindo controle das interações e dos fatores envolvidos. Como sugestão para próximos estudos é fazer maior controle das condições de análise para diminuir os erros experimentais.

Os resultados obtidos da Tabela 3 são referentes à estabilidade de espuma após 7 h. Por fim, é notório que as amostras com maior massa inicial apresentaram maior estabilidade de espuma. Os resultados sugerem que as amostras extraídas com pH 8 apresentaram uma estabilidade superior em relação às amostras extraídas em pH ácido. Além disso, avaliando a presença ou ausência de sal, pode se afirmar que a presença de sal favoreceu a estabilização da espuma, uma vez que os tratamentos que foram extraídos com soluções que contêm sal, apresentam maior estabilidade após as 7 horas.

Tabela 3: Estabilidade de formação de espuma (FS) em relação à massa inicial de isolado proteico de grão-de-bico avaliada após 7 h de espuma em repouso.

Amostras	FS (%)
EASS-1,0	15,16 ± 5,29
EASS-0,5	7,33 ± 7,15
EASS-0,1	2,56 ± 4,44
EBSS-1,0	10,64 ± 1,83
EBSS-0,5	4,57 ± 12,44
EBSS-0,1	2,08 ± 3,61
EACS-1,0	4,57 ± 1,83
EACS-0,5	3,47 ± 0,54
EACS-0,1	2,08 ± 3,61
EBCS-1,0	25,08 ± 4,95
EBCS-0,5	18,27 ± 3,92
EBCS-0,1	1,96 ± 3,40

EASS: extração ácida sem sal pH 3; EACS: extração ácida com sal pH 3; EBSS: extração básica sem sal pH 8; EBCS: extração básica com sal pH 8. Os números presentes nas identificações são referentes à massa inicial de farinha de grão-de-bico adicionados ao preparo da amostra para extração das proteínas em gramas. Valores médios ± desvio padrão (n=3).

5.4 Avaliação da capacidade emulsionante

Observando a Tabela 4, verifica-se o efeito da massa inicial sobre a estabilidade da emulsão. Nota-se que as amostras com 0,5 g e 1,0 g apresentaram os melhores resultados de EC. A maioria desses tratamentos de massas iniciais (0,5 g e 1,0 g) obtiveram valores de EC positivos e coerentes com a literatura. No entanto, a amostra de 0,5 g obteve melhores resultados, tal fato pode ser explicado pela colocação de Rocha (2023) em que afirma, a capacidade emulsificante das proteínas tende a diminuir à medida que a concentração de proteína aumenta, em baixa concentração de proteína, a adsorção

de proteína na interface óleo-água é controlada por difusão, uma vez que ela se espalhará pela superfície antes de ser adsorvida. Em alta concentração de proteína, a barreira de energia de ativação não permite que a migração de proteína ocorra de maneira dependente da difusão.

Tabela 4: Capacidade de emulsão (EC) em relação à massa inicial de isolado proteico de grão-de-bico após 7 h de repouso.

Amostras	EC (%)
EASS-1,0	66,70 ± 2,06
EASS-0,5	63,30 ± 2,71
EASS-0,1	66,70 ± 5,09
EBSS-1,0	70,00 ± 5,09
EBSS-0,5	73,30 ± 8,82
EBSS-0,1	70,00 ± 3,33
EACS-1,0	76,70 ± 9,00
EACS-0,5	86,70 ± 16,33
EACS-0,1	66,70 ± 3,35
EBCS-1,0	76,70 ± 1,92
EBCS-0,5	83,30 ± 6,94
EBCS-0,1	66,70 ± 2,40

EASS: extração ácida sem sal pH 3; EACS: extração ácida com sal pH 3; EBSS: extração básica sem sal pH 8; EBCS: extração básica com sal pH 8. Os números presentes nas identificações são referentes à massa inicial de farinha de grão-de-bico adicionados ao preparo da amostra para extração das proteínas em gramas. Valores médios ± desvio padrão (n=3).

Conforme citado por Patil et al. (2024), o isolado de proteína de grão-de-bico apresenta uma capacidade emulsionante de 70–80%. Dessa forma, os resultados de EC obtidos estão dentro dessa faixa, exceto para amostras em pH ácido na ausência de sal (EASS).

Em relação à capacidade de emulsão em diferentes valores de pH após 7 horas de preparo, o pH 8 é mais favorável para a capacidade de emulsão na maioria das amostras. Contudo, os dados das amostras EACS-1,0 e EBCS-0,5 indicam valores superiores de capacidade de emulsão em relação às demais amostras, sugerindo que a adição de sal para as amostras com 0,5 g de massa inicial favorece a estabilidade da emulsão tanto em pH 3 quanto em pH 8.

Os resultados da Tabela 4 apontam como a presença ou ausência de sal interfere na capacidade de formação de emulsão. Desse modo, a presença de sal melhora a capacidade de formação de emulsão em concentrações de 0,5 g e 1,0 g. No entanto, em concentrações baixas de 0,1 g, a influência do sal é menos significativa. Além disso, a presença de sal tende a proporcionar maior estabilidade nos valores obtidos (EBCS-1,0). Portanto, os resultados sugerem que a adição de sal pode ser considerada um fator importante para otimizar a capacidade de emulsificação, especialmente em concentrações mais elevadas.

A Tabela 5 contém a EC em porcentagem referente a cada emulsão após 24 horas de seu preparo. A concentração de 0,5 g demonstrou ser a mais recomendada, conforme observado na Tabela 5, apresentando melhores resultados globais de capacidade emulsionante (EC), especialmente na presença de sal. Verificou-se que, após 24 horas, poucas amostras mantiveram a emulsão, assim os tratamentos EACS-0,5, -1,0 e EBCS-0,5,-1,0 foram os únicos com resultados positivos. Os dados da Tabela 5 indicam que a presença de sal melhora a EC em ambos os valores de pH (3 e 8), uma vez que a maioria das amostras tratadas com extração salina, estão dentro da faixa relatado por Patil et al. (2024), com destaque para a concentração de 0,5 g, indicando que o ajuste dessa concentração e a adição de sal proporcionam os melhores resultados emulsionantes.

Tabela 5: Capacidade de emulsão (EC) em relação à massa inicial de isolado proteico de grão-de-bico avaliada após 24 horas de seu preparo.

Amostras	EC (%)
EASS-1,0	64,50 ± 3,70
EASS-0,5	60,00 ± 4,50
EASS-0,1	63,30 ± 3,30
EBSS-1,0	67,70 ± 2,69
EBSS-0,5	67,70 ± 0,00
EBSS-0,1	63,40 ± 1,14
EACS-1,0	80,00 ± 28,10
EACS-0,5	86,70 ± 16,80
EACS-0,1	66,70 ± 1,90
EBCS-1,0	75,30 ± 1,68
EBCS-0,5	83,30 ± 10,72
EBCS-0,1	66,70 ± 0,00

EASS: extração ácida sem sal pH 3; EACS: extração ácida com sal pH 3; EBSS: extração básica sem sal pH 8; EBCS: extração básica com sal pH 8. Os números presentes nas identificações são referentes à massa inicial de farinha de grão-de-bico adicionados ao preparo da amostra para extração das proteínas em gramas. Valores médios ± desvio padrão (n=3).

6 Conclusão

Pode-se concluir que dos métodos de extração utilizados nas análises, a extração ácida salina apontou maior eficácia para extração da proteína do grão-de-bico.

As propriedades funcionais do isolado proteico de grão-de-bico, tais como a formação, estabilidade de espuma e capacidade de emulsão indicam a possibilidade de utilização de tais isolados em formulações de produtos à base de plantas. Assim, as condições que mais favoreceram essas propriedades foram as massas inicial de 0,5 e 1,0 g. Além disso, o sal contribuiu beneficentemente para ambas as propriedades. Com relação

ao pH, quando este é ácido favorece a formação de espuma, mas no geral o pH alcalino propiciou melhores condições para as propriedades de espuma e emulsão.

Portanto, faz-se necessário a ampliação desses estudos para fins de aplicações alimentares, com intuito de avaliar qual a faixa de pH ótimo para maximizar os rendimentos e qual o tipo de formulação o isolado proteico de grão-de-bico melhor se enquadra, por fim, a análise centesimal e a eletroforese em gel são estudos sugeridos para trabalhos futuros uma vez que eles fornecerão dados importantes a respeito das proteínas vegetais.

7 Referências

ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ARTIAGA, O.P. **Avaliação de genótipos de grãos de bico no Cerrado do planalto central brasileiro**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade de Brasília. 2012.

BARROS, Francisco Fábio Cavalcante; QUADROS, Cedenir Pereira de; PASTORE, Gláucia Maria. **Propriedades emulsificantes e estabilidade do biossurfactante produzido por Bacillus subtilis em manipueira**. Food Science and Technology, v. 28, p. 979-985, 2008

BRADFORD, Marion M. **A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding**. Analytical biochemistry, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Grão-de-bico é inserido no zoneamento agrícola de risco climático**, 2022. Disponível em: [Grão-de-bico é inserido no zoneamento agrícola de risco climático — Ministério da Agricultura e Pecuária](#). Acesso em: 3 fev. 2025.

CAMPOS, Denise Carvalho Pereira et al. **Molho cremoso à base de extrato de soja: estabilidade, propriedades reológicas, valor nutricional e aceitabilidade do consumidor**. Food Science and Technology, v. 29, p. 919-926, 2009.

CARVALHO, Henrique M. G. **Busca de Imagens**. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/> /midia/todos?p_auth=Dtm1ZMJX& buscamidia WAR_pcebusca6_1portlet_atoriaNo me=carvalho-henrique-m-g. Acesso em: 3 fev. 2025.

DAMODARAN, SRINIVASAN; PARKIN, Kirk L. **Química de alimentos de Fennema**. 5th ed. Porto Alegre: ArtMed, 2019. E-book. p.306. ISBN 9788582715468.

Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582715468/>. Acesso em: 24 out. 2024.

ETTOUMI, Y. L.; CHIBANE, M.; ROMERO, A. **Emulsifying properties of legume proteins at acidic conditions: effect of protein concentration and ionic strength.** *LWT - Food Science and Technology*, v. 66, p. 260-266, 2016.

FERREIRA, Andréa Cristina Penati; BRAZACA, Solange Guidolin Canniatti; ARTHUR, Valter. **Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção.** *Food Science and Technology*, v. 26, p. 80-88, 2006.

FILHO, A. B. M. VASCONCELOS, M. A.S. **Química de alimentos.** Recife: UFRPE, 2011. 78p.

FRANÇA, Giselle de Lourdes. **Proposta de um guia para desenvolvimento de produto vegano alimentício, case: hambúrguer vegano congelado.** 2017.

IBOPE Inteligência. População vegetariana. Disponível em: <http://www.ibopeinteligencia.com/noticias-e-pesquisas/14-da-populacao-se-declara-vegetariana/>. Acesso em: 28 abr. 2022.

LUTZ-OAL, Onstituto Adolfo. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** São Paulo: OAL, p. 1-11, 2008.

MERCADO LIVRE, **Mix Black Deck.** Disponível em: <https://lista.mercadolivre.com.br/mix-black-deck>. Acesso em: 3 fev. 2025.

MIRANDA, Cristiane Grella et al. **Lentil protein: Impact of different extraction methods on structural and functional properties.** *Heliyon*, v. 8, n. 11, 2022.

MUSTAFA, Rana et al. **Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake.** *International journal of food science & technology*, v. 53, n. 10, p. 2247-2255, 2018.

NEPA-UNICAMP. TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.** 4 ed. São Paulo: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, 2011.

PATIL, Nikhil Dnyaneshwar et al. **Extraction, modification, biofunctionality, and food applications of chickpea (*cicer arietinum*) protein: an up-to-date review.** *Foods*, v. 13, n. 9, p. 1398, 2024.

PEREIRA, Luciano José Barreto; GARCIA-ROJAS, Edwin Elard. **Emulsões múltiplas: formação e aplicação em micro encapsulamento de componentes bioativos.** *Ciência Rural*, v. 45, n. 01, p. 155-162, 2015

PINHEIRO, Elias. **Métodos de Extração de Proteínas em Leguminosas.** 2019. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019

ROCHA, Neilane Gomes. **Propriedades funcionais tecnológicas de concentrado proteico obtido a partir de amêndoa de castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

SÁ, Amanda Gomes Almeida. **Impact of food processing on the protein quality and functional properties of oilseed by-products**. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

SILVA, Amanda Carolina Rodrigues da. **Importância da proteína vegetal na alimentação: fontes tradicionais e alternativas, com ênfase no grão-de-bico e suas aplicações**. 2024. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2025.

SILVA, MA da; NEVES, Valdir Augusto; LOURENÇO, Euclides Joaquim. Frações protéicas e globulina principal de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), cv IAC-Marrocos. Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 12, n. 1, 2009.

TAFFAREL, J. A. S. **Desenvolvimento de alimentos veganos tipo “queijo” e tipo “requeijão”**. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

KARACA, Asli Can; LOW, Nicholas; NICKERSON, Michael. **Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction**. Food Research International, v. 44, n. 9, p. 2742-2750, 2011.