



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIENCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

JAN GABRIEL DA SILVA GOMES

**USO DO GRÃO DE BICO (*Cicer arietinum L.*) PARA ELABORAÇÃO DE
PRODUTO VEGETAL ANÁLOGO AO OVO.**

FORTALEZA

2023

JAN GABRIEL DA SILVA GOMES

USO DO GRÃO DE BICO (*Cicer arietinum L.*) PARA ELABORAÇÃO DE
PRODUTO VEGETAL ANÁLOGO AO OVO.

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal do Ceará, como
requisito final para a conclusão do curso de
Bacharel em Engenharia de alimentos.

Orientador: Prof^a Dr^a. Lucicleia Barros de
Vasconcelos Torres.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G614u Gomes, Jan Gabriel da Silva.
Uso do grão de bico (*Cicer arietinum* L.) para elaboração de produto vegetal análogo ao ovo / Jan Gabriel da Silva Gomes. – 2023.
56 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Lucicleia Barros de Vasconcelos Torres.

1. Grão de bico. 2. Plant based. 3. Proteína vegetal. I. Título.

CDD 664

JAN GABRIEL DA SILVA GOMES

USO DO GRÃO DE BICO (*Cicer arietinum L.*) PARA ELABORAÇÃO DE
PRODUTO VEGETAL ANÁLOGO AO OVO.

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal do Ceará, como
requisito final para a conclusão do curso de
Bacharel em Engenharia de alimentos.

Orientador: Prof^ª Dr^ª. Lucicleia Barros de
Vasconcelos Torres.

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Lucicleia Barros de Vasconcelos Torres (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Kelvi Wilson Evaristo Miranda
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Maryana Melo Frota
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho em
memória de minha amada Avó,
Antonia da Silva Gomes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas realizações em minha vida, ao meus pais que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a buscar meus sonhos. Agradeço ao laboratório de Frutos, em especial ao técnico Fernando Lima pelo apoio em diversas análises realizadas. Agradeço ao laboratório de embalagens da EMBRAPA e ao laboratório de microbiologia de alimentos da UFC pela disponibilidade e realização de análises adicionais. Agradeço a minha orientadora Lucicleia Barros por ter me ajudado a crescer pessoalmente e profissionalmente durante o curso, por ter me acolhido como seu aluno e por me orientar nessa jornada. Agradeço aos meus amigos pelo companheirismo. Por fim agradeço a todos meus familiares, em especial, minha avó que estando longe, sempre torceu por mim.

Aos professores participantes da banca examinadora Kelvi Miranda e Maryana Frota pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

RESUMO

Os padrões de consumo estão em constante evolução, tendo como foco a transição alimentar para opções inovadoras que buscam o consumo de alimentos saudáveis e funcionais. As proteínas vegetais e alimentos plant based se destacam por serem alimentos ricos em compostos bioativos, sendo seu consumo preferencialmente pela população que possui necessidades alimentares especiais, como portadores de intolerâncias. A preocupação com alergias e restrições alimentares, tem levado à exclusão de alimentos em muitas dietas, como por exemplo caso do ovo de galinha. O grão-de-bico surge como uma alternativa promissora, sendo uma fonte de proteína completa, economicamente viável e com baixa alergenicidade. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um produto plant-based, caracterizado por ser um preparado líquido vegetal (PLV), análogo ao ovo, a base de grão de bico, leite de coco em pó e fécula de mandioca, visando a segurança alimentar, riqueza em compostos bioativos, praticidade de uso e aplicação tecnológica. A pesquisa foi estruturada em três etapas, destacando a flexibilidade para ajustes com base nos resultados obtidos. Na primeira etapa, foi estudada a influência do pH e da técnica de congelamento sobre as propriedades tecnológicas, bioativas e nutricionais da água de cozimento do grão-de-bico (aquafaba). A segunda etapa, focou na formulação final do PLV, incorporando a aquafaba a massa residual do grão-de-bico, leite de coco em pó e fécula de mandioca. A estabilidade do produto foi avaliada ao longo de 60 dias, destacando parâmetros como cor, reologia e análise microbiológica. Além disso, testes sensoriais demonstraram eficiência na aplicação tecnológica e aceitação sensorial do PLV. Foi tomando como modelo a elaboração de panquecas com o PLV, sendo esta melhor avaliada em aroma, sabor, aceitação global e intensão de compra com relação ao controle (panquecas elaboradas com ovos). A terceira etapa introduziu modificações no processo de cocção do grão-de-bico, buscando otimizar o teor proteico e enriquecer o produto com compostos bioativos. Ao final da pesquisa, foi observado o aumento significativo no teor de polifenóis, atribuído ao tratamento com ácido ascórbico e valores superiores no teor de proteínas. Esta pesquisa destaca a relevância crescente das proteínas vegetais, com ênfase no grão-de-bico, explorando seu potencial na substituição de fontes proteicas alergênicas. O desenvolvimento do PLV como análogo ao ovo, demonstra inovação na oferta de alimentos seguros, nutritivos e adaptados às necessidades e tendências contemporâneas da sociedade consumidora.

Palavras-chave: Grão de bico; Plant based; Proteína vegetal.

ABSTRACT

Consumer patterns are constantly evolving, with a focus on transitioning to innovative options that prioritize the consumption of healthy and functional foods. Plant-based proteins and plant-based foods stand out for being rich in bioactive compounds, catering primarily to individuals with special dietary needs, such as those with intolerances. Concerns about allergies and dietary restrictions have led to the exclusion of many foods, such as chicken eggs, from various diets. Chickpeas emerge as a promising alternative, providing a complete protein source that is economically viable and low in allergenicity. This study aimed to develop a plant-based product, characterized as a prepared vegetable liquid (PLV), serving as an egg analog. The focus was on ensuring food safety, richness in bioactive compounds, practicality of use, and technological application. The research was structured into three stages, allowing flexibility for adjustments based on the obtained results. The first stage studied the influence of pH and freezing techniques on the technological, bioactive, and nutritional properties of chickpea cooking water (aquafaba). The second stage focused on the final formulation of the PLV, incorporating aquafaba, residual chickpea mass, coconut milk powder, and cassava starch. Product stability was evaluated over 60 days, emphasizing parameters such as color, rheology, and microbiological analysis. Additionally, sensory tests demonstrated the technological efficiency and sensory acceptance of the PLV, particularly in pancake formulations, where it outperformed the control (pancakes made with eggs) in aroma, flavor, overall acceptance, and purchase intent. The third stage introduced modifications to the chickpea cooking process, aiming to optimize protein content and enrich the product with bioactive compounds. The study concluded with a significant increase in polyphenol content attributed to ascorbic acid treatment and higher protein levels. This research underscores the growing relevance of plant proteins, with a focus on chickpeas, exploring their potential to replace allergenic protein sources. The development of PLV as an egg analog demonstrates innovation in providing safe, nutritious foods adapted to the contemporary needs and trends of consumers.

Keywords: Chickpeas; Plant-based; Plant protein.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Fluxograma dos procedimentos e análises do estudo.....	18
Figura 2	– Fluxograma de obtenção da aquafaba.....	19
Figura 3	– Fluxograma para elaboração dos extratos.....	29
Figura 4	– Medida de PLV utilizada.....	31
Figura 5	– Panqueca elaborada com PLV.....	31
Figura 6	– Preparado líquido vegetal.....	36
Figura 7	– Imagem da espuma após remoção da aquafaba.....	41
Figura 8	– Panquecas P1 e P2 para análise sensorial.....	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Teor de proteínas em função dos tratamentos aplicados para obtenção de preparados líquidos vegetais.....	37
Gráfico 2	– Capacidade de formação de espuma para os tratamentos de aquafaba.....	39
Gráfico 3	Capacidade de formação de espuma do preparado líquido vegetal (PLV) submetido a tratamentos distintos.....	40
Gráfico 4	– pH e Brix do preparado líquido vegetal durante 60 dias de armazenamento...	43
Gráfico 5	Coordenadas de cor (L*, a*, b* do preparado líquido vegetal durante 60 dias de armazenamento.....	44
Gráfico 6	– Cordenadas de cores do preparado líquido vegetal (PLV) submetido a tratamentos distintos	45
Gráfico 7	– Viscosidade x Taxa de cisalhamento da formulação de PLV durante 60 dias..	46
Gráfico 8	– Viscosidade x Taxa de cisalhamento da formulação de PLV durante 60 dias.	47
Gráfico 9	– Comparativo sensorial entre panquecas elaboradas com o preparado líquido vegetal (P1) e o controle (P2, elaboradas com ovo).....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tratamentos preliminares para aquafaba do grão de bico.....	20
Tabela 2 – Percentuais de grão de bico, leite de coco em pó e fécula de mandioca para elaboração preparado líquido vegetal.....	25
Tabela 3 – Balanço de massa para prever a concentração média de proteína no preparado líquido vegetal.....	26
Tabela 4 – Equações gerais para os modelos reológicos estudados.....	27
Tabela 5 – Curva padrão de ácido gálico.....	29
Tabela 6 – Tratamentos experimentais para a cocção do grão de bico.....	33
Tabela 7 – Parâmetros gerais das formulações iniciais de aquafaba.....	35
Tabela 8 – Parâmetros de cor das formulações de aquafaba.....	35
Tabela 8 – Caracterização físico-química do preparado líquido vegetal.....	35
Tabela 9 – Teor médio de proteínas para os tratamentos de aquafaba estudados.....	37
Tabela 10 – Volume de espuma para os tratamentos de aquafaba.....	39
Tabela 11 – Capacidade de formação de espumados tratamentos de aquafaba.....	41
Tabela 12 – pH e Brix do PLV durante o período de armazenamento.....	43
Tabela 13 – Parâmetros (L^* , a^* , b^*) durante o período de armazenamento.....	44
Tabela 14 – Parâmetros de cor para os tratamentos de aquafaba.....	45
Tabela 15 – Índices de estabilidade para as regressões.....	47
Tabela 16 – Equações da reta para os tratamentos de aquafaba.....	48
Tabela 17 – Análise microbiológica para a formulação do preparado líquido vegetal.....	48
Tabela 18 – Teor de polifenóis extraíveis totais (PET) obtido para o preparado líquido vegetal (PLV).....	49
Tabela 19 – Teor de polifenóis extraíveis totais (PET) em preparado líquido vegetal.....	50
Tabela 20 – Valores obtidos para a análise sensorial de P1 e P2	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PLV	Preparado Líquido Vegetal
LAFRUTH	Laboratório de Frutas e Hortaliças
SST	Sólidos Solúveis Totais
ATT	Acidez Total Titulável
PET	Polifenóis Extraíveis Totais
DHA	Ácido Docosaenoico
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Referencial teórico.....	15
1.2	Objetivo.....	16
2	DESENVOLVIMENTO	17
2.1	Materiais e métodos.....	17
2.2	Etapa 1: Obtenção da base do preparado líquido de origem vegetal.....	18
2.2.1	<i>Aquafaba do grão de bico.....</i>	<i>18</i>
2.2.2	<i>Estudo da formulação base do preparado líquido vegetal (PLV).....</i>	<i>20</i>
2.2.2.1	<i>pH.....</i>	<i>20</i>
2.2.2.2	<i>Sólidos solúveis totais.....</i>	<i>20</i>
2.2.2.3	<i>Acidez total titulável.....</i>	<i>21</i>
2.2.2.4	<i>Densidade.....</i>	<i>21</i>
2.2.2.5	<i>Teor de lipídeos.....</i>	<i>21</i>
2.2.2.6	<i>Teor de umidade.....</i>	<i>22</i>
2.2.2.7	<i>Teor de cinzas.....</i>	<i>22</i>
2.2.2.8	<i>Teor de proteínas.....</i>	<i>22</i>
2.2.2.9	<i>Capacidade de formação de espuma.....</i>	<i>23</i>
2.2.2.10	<i>Cor.....</i>	<i>24</i>
2.3	Etapa 2: Formulação, caracterização e aplicação do preparado líquido.....	25
2.3.1	<i>Obtenção do preparado líquido de origem vegetal.....</i>	<i>25</i>
2.3.2	<i>Caracterização e estabilidade do preparado líquido de origem vegetal.....</i>	<i>26</i>
2.3.3	<i>Aplicação tecnológica do preparado líquido vegetal.....</i>	<i>31</i>
2.3.4	<i>Análise sensorial.....</i>	<i>31</i>
2.4	Etapa 3: Análise do Perfil Proteico e Capacidade de Formação de Espuma em aquafaba Submetido a Diferentes Métodos de Cocção.....	33
2.4.1	<i>Estudo das formulações.....</i>	<i>33</i>
2.4.2	<i>Caracterização dos métodos de cocção da aquafaba.....</i>	<i>34</i>
3	RESULTADOS.....	35
3.1	Caracterização físico-química das formulações iniciais.....	35
3.2	Caracterização Físico-química do Preparado Líquido Vegetal.....	36
3.2.1	<i>Teor de proteínas etapa 3.....</i>	<i>37</i>

3.3	Capacidade de formação de espuma.....	39
3.3.1	<i>Etapa 1.....</i>	39
3.3.2	<i>Etapa 2.....</i>	40
3.4	Estabilidade do pH e brix do PLV.....	43
3.5	Cor.....	44
3.5.1	<i>Estabilidade de cor do PLV.....</i>	44
3.5.2	<i>Análise de cor para os tratamentos de aquafaba (etapa 3).....</i>	45
3.6	Reologia.....	46
3.6.1	<i>Estabilidade reológica (etapa 2).....</i>	46
3.6.2	<i>Análise reológica dos tratamentos (etapa 3).....</i>	47
3.7	Microbiologia.....	48
3.8	Polifenóis.....	49
3.8.1	<i>Teor de polifenóis (etapa 2).....</i>	49
3.8.2	<i>Teor de polifenóis (etapa 3).....</i>	49
3.9	Aplicação Tecnológica do Preparado Líquido Vegetal e Análise sensorial...	50
4	CONCLUSÃO.....	53
5	REFERÊNCIAS	54
	ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....	56
	ANEXO B – FICHA SENSORIAL.....	57
	ANEXO C – RDC N 331 DE 23 DE DEZEMBRO DE 2019.....	58

1. INTRODUÇÃO

Alimentos que utilizam frutas e vegetais ricos em compostos bioativos são de grande interesse, pois podem fomentar o mercado de alimentos para fins especiais, que além de nutrir colaboram com benefícios à saúde do consumidor (THE VEGAN SOCIETY, 2018). Dentre os públicos que apresentam necessidades alimentares especiais, destacam-se os portadores de doenças e distúrbios relativos à ingestão de proteínas, e outras macromoléculas de origem vegetal e animal. Como exemplo temos: indivíduos com sensibilidade ou intolerância ao glúten (celíacos), intolerantes à lactose, que apresentam alergia à proteína do leite de vaca (caseína), a proteína do ovo (albumina), entre outros (THE VEGAN SOCIETY, 2018).

Os hábitos de consumo em constante evolução refletem a adoção de práticas alimentares inovadoras, destacando a busca por alimentos mais saudáveis e funcionais, as crescentes preocupações relacionadas à saúde, segurança alimentar e custos têm impulsionado uma mudança significativa nas preferências dos consumidores. Cada vez mais, observa-se uma preferência por proteínas vegetais em detrimento das proteínas animais, refletindo a conscientização sobre os benefícios tanto para a saúde quanto para o meio ambiente (FELIX et al., 2019 & BAZOCHE et al., 2023).

Os ovos de galinha, por serem uma matriz de proteína acessível, altamente digestível e de baixas calorias, são uma fonte valiosa de nutrientes essenciais, incluindo proteínas completas, ácidos graxos essenciais (como o DHA) e micronutrientes (como colina, vitaminas A e B12 e carotenoides). Durante a infância, o consumo de ovos contribui para a ingestão adequada de nutrientes críticos, promovendo um crescimento saudável. (WEN et al., 2023).

Nas últimas décadas, muitas crianças deixaram de incluir ovos em suas dietas devido à preocupação com o desenvolvimento de alergias. A alergia ao ovo de galinha é a segunda alergia alimentar mais comum na infância, afetando cerca de 2,5% das crianças pequenas. Após a publicação da *American Academy of Pediatrics* para alimentação infantil, que recomendavam adiar a introdução de alimentos alergênicos comuns, como amendoim e ovos, até os 2-3 anos de idade, a introdução lenta ou a total evitação de ovos na infância tornou-se a norma (WEN et al., 2023).

Nesse sentido, o objetivo deste projeto foi desenvolver um preparado líquido vegetal a base de aquafaba, grão de bico, leite de coco em pó e fécula de mandioca, para ser usado como

análogo ao ovo, constituindo um alimento seguro, rico em compostos bioativos, nutrientes e que apresente praticidade no preparo e consumo.

1.1 Referencial Teórico

O grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*), uma leguminosa com uma produção de 15,87 milhões de toneladas em 2021 (FAO, 2021), é a segunda leguminosa mais produzida globalmente, após a soja. Com cerca de 25% de proteína, o grão-de-bico se torna uma fonte superior de proteína e é rico em nutrientes, como carboidratos, fibras alimentares, elementos traços (como ferro, zinco e fósforo) e vitaminas (C, K e B6, por exemplo) (WANG et al., 2021). Além disso, o grão-de-bico possui alta biodisponibilidade, composição equilibrada de aminoácidos, baixa alergenicidade e boas propriedades digestivas (PEROVIĆ; PAJIN; ANTOV, 2022). Rincon, Botelho e de Alencar (2020) desenvolveram um inovador “leite” à base de plantas com grão-de-bico e coco, apresentando valores mais elevados de proteínas, carboidratos e cálcio em comparação com o leite de vaca e outros substitutos comuns.

As sementes de leguminosas, especialmente o grão-de-bico, podem desempenhar um papel vital na nutrição humana e animal, sendo uma rica fonte de proteínas, carboidratos e fibras. Classificado como o terceiro mais importante globalmente em termos de área cultivada, volume de produção e comércio, o grão-de-bico está em ascensão, sendo uma escolha popular e sustentável, particularmente por aqueles que seguem dietas vegetarianas ou a dieta mediterrânea. A qualidade nutricional de suas proteínas rivaliza com a da soja, tornando-o uma alternativa viável. Além disso, o grão-de-bico pode substituir fontes de proteína com alto potencial alergênico, como trigo, caseína do leite e ovo, em alimentos processados vegetarianos. Notavelmente, as alergias ao grão-de-bico são incomuns, e suas proteínas não estão listadas no banco de dados WHO/IUIS *Allergen Nomenclature database*, destacando sua atratividade como opção proteica segura e hipoalergênica na indústria alimentícia (RODRÍGUEZ-MARTÍN et al., 2023).

A exploração do isolado proteico de grão-de-bico (CPI) em formulações alimentares está em estágios iniciais, e suas características tecnológicas, tais como sabor discreto e coloração leve, o tornam uma opção atrativa para ser incorporado como ingrediente alimentício. A adaptabilidade da proteína do grão-de-bico abre diversas oportunidades para sua inclusão em produtos processados, como substitutos do leite, bebidas fermentadas, itens de padaria, massas fortificadas e *snacks*, entre outros. Além disso, quando o CPI passa por hidrólise, ocorre a

liberação de peptídeos bioativos, notadamente reconhecidos por suas propriedades antioxidantes. Esses peptídeos apresentam potencial para desencadear uma variedade de efeitos biológicos benéficos (RODRÍGUEZ-MARTÍN et al., 2023).

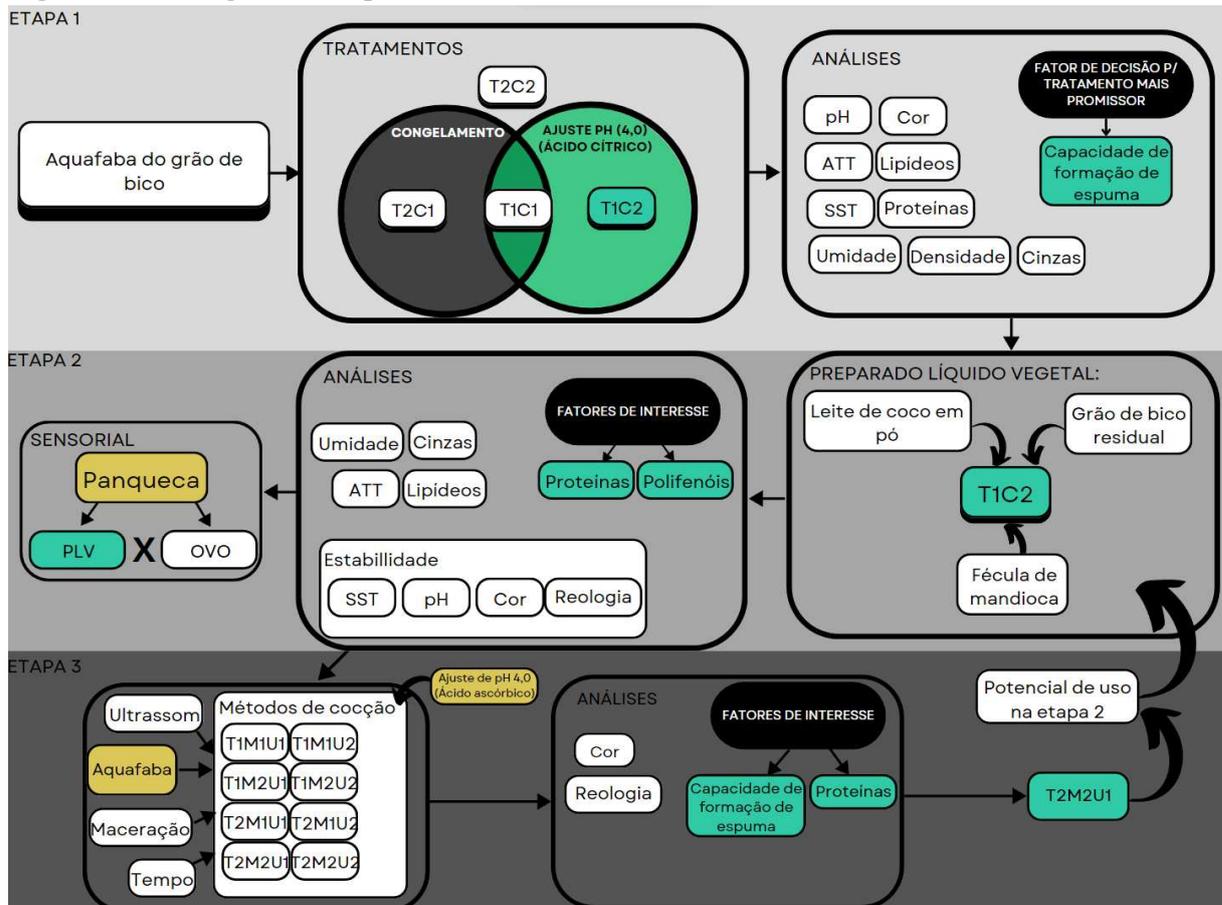
2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

- Grão de bico Yoki ® obtido em mercado locais (Fortaleza-CE);
- Leite de coco em pó Kapar Coconut Industries – Malásia obtido na Mundo Verde (Fortaleza-CE);
- Fécula de mandioca Amafil obtido em mercado locais (Fortaleza-CE);
- Ácido cítrico anidro P.A.;
- Ácido ascórbico (L) P.A.
- Ácido Sulfúrico P.A.;
- Hexano P.A.;
- Clorofórmio P.A.;
- Etanol P.A.;
- Acetona P.A.;
- Hidróxido de Sódio P.A.;
- Sulfato de sódio P.A.

A pesquisa foi estruturada em três etapas de acordo com a Figura 1. Na primeira etapa, foi estudada a influência do pH e da técnica de congelamento sobre as propriedades tecnológicas, bioativas e nutricionais da água de cozimento do grão-de-bico (aquafaba). A segunda etapa, focou na formulação final do PLV, incorporando a aquafaba a massa residual do grão-de-bico, leite de coco em pó e fécula de mandioca. A estabilidade do produto foi avaliada ao longo de 60 dias, destacando parâmetros como cor, reologia e análise microbiológica. Além disso, testes sensoriais demonstraram eficiência na aplicação tecnológica e aceitação sensorial do PLV. A terceira etapa introduziu modificações no processo de cocção do grão-de-bico, buscando otimizar o teor proteico e enriquecer o produto com compostos bioativos.

Figura 1 – Fluxograma dos procedimentos e análises do estudo.



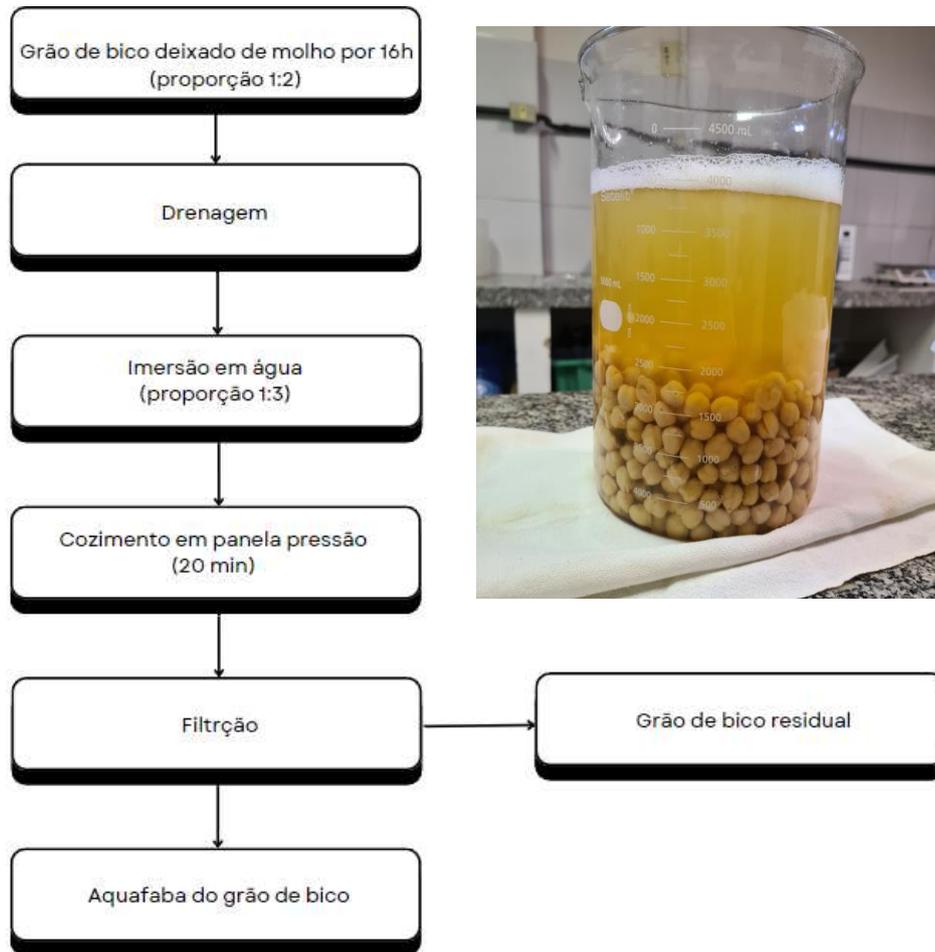
Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2 Etapa 1: Obtenção da base do preparado líquido de origem vegetal

2.2.1 Aquafaba do grão de bico

A obtenção da aquafaba seguiu a metodologia descrita por Meurer (2019). Nesse processo, 1 kg de grão de bico (Yoki®) foi colocado de molho na proporção de 1:2 por 16 horas, sendo drenado e imerso novamente em água (1:3) e cozido em panela de pressão por 20 min. Em seguida filtrado. A figura 2 mostra um fluxograma do processo de obtenção da aquafaba.

Figura 2 – Fluxograma de obtenção da aquafaba.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2.2 Estudo da formulação base do preparado líquido vegetal (PLV)

Inicialmente, com o objetivo de melhorar a estabilidade, foram propostos três tratamentos preliminares e um tratamento controle para a aquafaba obtida do grão de bico. Onde parte dos tratamentos foi efetuada a padronização da aquafaba inicial com ácido cítrico para pH4 (T1) ou não (T2), assim como com posterior congelamento em freezer (C1) ou não congelamento (C2) de acordo com a Tabela 1. As amostras submetidas ao congelamento foram descongeladas um dia antes das análises propostas, as demais foram mantidas sob temperatura de refrigeração (aproximadamente 8 °C).

Tabela 1 – Tratamentos preliminares para aquafaba do grão de bico.

Tratamentos	Descrição
T1C1	Aquafaba pH4 congelada
T2C1	Aquafaba controle congelada
T1C2	Aquafaba pH4
T2C2	Aquafaba controle

Fonte: Elaborado pelo autor

Foram realizadas análises de caracterização (cor, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, densidade, teor de lipídeos, umidade, cinzas e proteínas) e capacidade de formação de espuma seguindo as metodologias descritas nas seções abaixo.

2.2.2.1 pH

Através de leitura direta no potenciômetro de marca KASVI K39-2014B (Brasil), conforme IAL (2008).

2.2.2.2 Sólidos solúveis totais (SST)

Realizadas em refratômetro digital MILWAULKEE MA886 (Estados Unidos), com escala de 0 a 72 °Brix.

2.2.2.3 Acidez Total Titulável (ATT)

A determinação da acidez total titulável seguiu a metodologia descrita do IAL (2008). A análise consistiu em uma titulação de 10mL da amostra em um erlenmeyer com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, tendo-se a fenolftaleína como indicador, até o ponto viragem com a mudança de cor para róseo claro. De acordo com a mesma metodologia, os resultados são expressos em g de ácido cítrico em 100 g da amostra.

A percentagem de ATT foi calculada a partir da seguinte equação:

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{V_{\text{NaOH}} * M_{\text{NaOH}} * f_{\text{NaOH}} * M_{\text{ácido}}}{30 * v_{\text{amostra}}}$$

Onde:

V_{NaOH} : volume (mL) da solução de NaOH gasto na titulação;

M_{NaOH} : molaridade do NaOH (0,1 mol/L);

f_{NaOH} : fator da solução de NaOH;

$M_{\text{ácido}}$: Massa molar do ácido (ácido cítrico anidro 192,123 g/mol);

V_{amostra} : volume da amostra (mL).

2.2.2.4 Densidade

A determinação da densidade foi feita a partir de um picnômetro, segundo a metodologia descrita pelo IAL (2008).

2.2.2.5 Teor de Lipídeos

A determinação do teor de lipídios foi realizada por extração direta em Soxhlet de acordo com IAL (2008). 50 mL de amostra foi filtrada à vácuo, em seguida foi seca em estufa a 105 °C por uma hora e colocada no extrator tipo Soxhlet acoplado a um balão de vidro envolvido por manta elétrica. A extração em refluxo foi feita com Hexano ACS-PA por 8 horas. Após o resfriamento do sistema, o balão contendo hexano e lipídeos extraídos foi aquecido, para a evaporação do solvente, a 105 °C em estufa, por 30 min, e resfriado até peso constante.

2.2.2.6 Teor de Umidade

A análise do teor de umidade foi realizada por secagem direta em estufa e por meio de mufla, respectivamente, de acordo com IAL (2008). Aproximadamente 25 g de amostra foram pesadas em balança analítica, colocadas em cápsulas de porcelana previamente taradas até peso constante, e deixadas por 3 horas, a 105 °C em estufa sem circulação de ar, sendo resfriadas em dessecador e pesadas até peso constante.

A umidade em percentagem foi calculada pela seguinte equação:

$$\% \text{ Umidade} = \frac{100 * N}{m}$$

Onde:

N: gramas de umidade: (peso do cadinho + amostra fresca) – (peso do cadinho + amostra seca);

m: massa da amostra (g).

2.2.2.7 Teor de cinzas

Para determinação de cinzas a massa resultante da análise de umidade foi colocada na mufla à 550 °C por 3 horas. Após este tempo as amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas até peso constante.

O teor de cinzas em percentagem foi calculado pela equação abaixo:

$$\% \text{ Cinzas: } \frac{100 * N}{m}$$

Onde:

N: gramas de umidade: (peso do cadinho + cinzas) – (peso do cadinho);

m: massa da amostra (g).

2.2.2.8 Teor de Proteínas

A determinação de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldahl de acordo com IAL (2008). Para a determinação, 1 g da amostra líquida foi pesada em tubo de ensaio junto com 1,5 g de mistura catalítica (Na₂SO₄ e CuSO₄ na proporção de 9:1, respectivamente) onde foi adicionado posteriormente 5 mL de ácido sulfúrico puro. O tubo foi aquecido em um bloco digestor até a temperatura de 450 °C por uma hora. Em seguida os tubos foram resfriados e destilados no destilador de Kjeldahl para um Erlenmeyer contendo 20 mL de ácido bórico com 0,1 mL da solução indicadora verde de bromocresol e 0,1 mL de vermelho de metila. Esse Erlenmeyer foi titulado com ácido sulfúrico 0,1 mol/L padronizado com Na₂CO₃ a partir da equação:

$$f = \frac{1000 * m}{10,5989 * V}$$

Onde:

m: massa de Na₂CO₃ (g);

V: volume (mL) gasto na padronização.

O volume obtido a partir da titulação do destilado foi transformado para porcentagem de proteínas seguindo a equação abaixo:

$$\% \text{ Protéidos} = \left(\frac{V * N * 0,014 * 100}{m} \right) * f$$

Onde:

V: Volume da solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação;

N: normalidade real da solução de ácido sulfúrico 0,1 N;

m: massa da amostra, em gramas;

f: 6,25 para alimentos em geral incluindo carne, pescado, soja e derivados.

2.2.2.9 Capacidade de formação de espuma

30 mL da amostra foi submetida à uma agitação constante por 2 min com o auxílio de um mixer de acordo com metodologia descrita por Shim et al. (2018).

Os índices mais frequentemente utilizados para medir as propriedades de formação de espuma são a expansão da espuma (FE), a capacidade da espuma (FC) e a estabilidade da espuma (FS).

2.2.2.10 Cor

Para a determinação da cor foi utilizado o colorímetro modelo Colorímetro ColorQuest XE (HunterLab, Virgínia, EUA) acoplado ao software EasyMatch QC 4.81; Método: Reflexão Especular Exclusa. Espessura da cubeta: 10 mm. Área de leitura: 5,07 cm². Os resultados foram expressos de acordo com as coordenadas CIELAB com os parâmetros: L* (luminosidade), a* (variação de cor vermelha (+) a verde (-)) e b* (Variação de cor amarela (+) a azul (-)) e CIELCh, que incluem as variáveis C* que representa a saturação e °h que representa o ângulo de tonalidade.

2.3 Etapa 2: Formulação, caracterização e aplicação do preparado líquido

2.3.1 Obtenção do preparado líquido de origem vegetal

Com base nos resultados obtidos no estudo da formulação base do preparado líquido vegetal (PLV) foi escolhida a formulação mais promissora (T1C2), tendo como base os resultados obtidos na etapa 1. Para compor a formulação do PLV nesta segunda etapa, foram incorporados à base obtida na Etapa 1: massa do grão de bico cozida (coproduto obtido na Etapa 1), leite de coco em pó e fécula de mandioca, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Percentuais de grão de bico, leite de coco em pó e fécula de mandioca para elaboração preparado líquido vegetal.

Ingredientes	Percentuais (m/m)
Aquafaba	83,7 %
Grão de bico cozido	10,0 %
Leite de coco em pó	3,8%
Fécula de mandioca	2,5%

Fonte: Elaborado pelo autor.

As proporções propostas de cada ingrediente tomaram como base o balanço de massa (Tabela 3) que prevê a obtenção de em média de 10% de proteína no PLV, levando em consideração o percentual médio presente no ovo de galinha. Após adição dos novos ingredientes, a mistura foi submetida à homogeneização e pasteurização (80 °C por 1 min).

Tabela 3 – Balanço de massa para prever a concentração média de proteína no preparado líquido vegetal.

	Grão de bico (%)	Aquafaba (%)	Leite de coco desidratado (%)	Amido de mandioca (%)	Ovo de galinha (%) (USDA 2000)
Umidade	31,89	97,04	0	20	65,5
Lipídeos	0,62	0,04	67	0	11,0
Carboidratos	0	2,63	17	80	-
Proteínas	71,19	0,02	17	0	11,8

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.2 Caracterização e estabilidade do preparado líquido de origem vegetal

Para caracterização físico-química foram realizadas análises de pH (seção 2.2.2.1), cor (seção 2.2.2.10), sólidos solúveis totais (seção 2.2.2.2), acidez total titulável (seção 2.2.2.3), proteínas (seção 2.2.2.8), cinzas (seção 2.2.2.7) e umidade (seção 2.2.2.6).

No caso do teor de lipídios, foi utilizado o método de Bligh Dyer (1959) sob modificações: 3 g de amostra foram transferidos para um béquer juntamente com 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada. O béquer foi tampado e submetido a agitação por 30 minutos, posteriormente, 10 mL de clorofórmio e 10 mL da solução de sulfato de sódio 1,5%. O conteúdo foi transferido para um funil de separação, a fase inferior foi transferida para um cadinho previamente tarado sendo levado para estufa a 105 °C até peso constante. Os valores médios obtidos expressos em percentuais, foram determinados através da seguinte equação:

$$\%lipídeos = \frac{p}{m} * 100$$

Onde:

p: (peso do cadinho + amostra) – (peso do cadinho);

m: massa de amostra (g).

Durante o período de 60 dias foi conduzido o estudo de estabilidade do preparado líquido de origem vegetal, armazenado sob temperatura de refrigeração (8 °C), sendo realizadas a cada 15 dias análises de Cor (seção 2.2.2.10), pH (seção 2.2.2.1), sólidos solúveis totais (seção 2.2.2.2) e reologia conforme a metodologia abaixo.

2.3.2.1 Reologia

Foram conduzidas análises de reologia onde as amostras foram submetidas ao ensaio de deformação sob tensão de cisalhamento em viscosímetro rotacional Rheometer R/S Plus Soft Solid Test (SST) da Brookfield; Método: DG3 DIN cilíndricos concêntricos, temperatura ambiente (25 °C). Rampa: 0 a 500 s⁻¹ durante 60 s.

Na reologia, durante todo o período de estabilidade, foram estudadas as regressões de Ostwald, Bingham, Casson e Herschel Bulkley. A tabela 4 evidencia as equações geral para cada modelo.

Tabela 4 – Equações gerais para os modelos reológicos estudados.

Modelos:	Equação Geral
Ostwald	$\tau = k * \gamma^n$
Bingham	$\tau = \mu p * \gamma + \tau \gamma$
Casson	$\tau^{1/2} = \tau c^{1/2} + \mu c^{1/2} * \gamma^{1/2}$
Herschel Bulkley	$\tau = \tau o + k * \gamma^n$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Onde:

τ : Tensão de cisalhamento (Pa);

τo : Limite de escoamento real (Pa);

k : Índice de consistência;

γ : Taxa de cisalhamento (s⁻¹);

n : Índice de comportamento;

μp : Viscosidade plástica (Pa/s);

$\tau \gamma$: Limite de escoamento (Pa);

τc : Tensão de escoamento de casson (Pa);

μc : Viscosidade plástica de casson (Pa/s).

2.3.2.2 Polifenóis extraíveis totais (PET)

Foram executadas análises de polifenóis totais pelo método de Folin-Ciocalteu (KHODDAMI; WILKES; ROBERTS, 2013). A análise foi dividida em três etapas: obtenção do extrato (Figura 3), obtenção da curva padrão e leitura no espectrofotômetro.

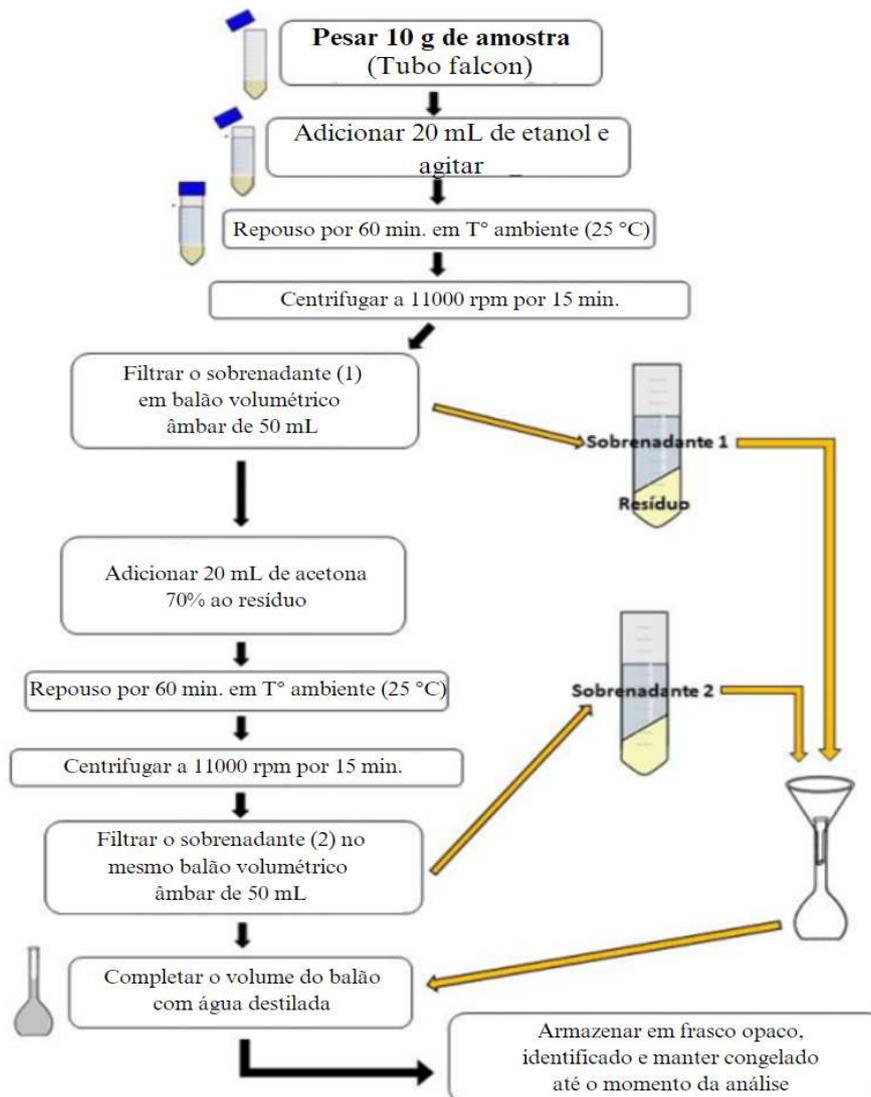
- Obtenção do extrato:

Aproximadamente 20g da amostra foram pesadas em um tubo Falcon. Em seguida, 20ml de etanol 50% foram adicionados, sendo deixada em repouso por 1 hora à temperatura ambiente para garantir a completa interação entre o solvente e a amostra.

Após o período de repouso, o tubo Falcon foi submetido a um processo de centrifugação a 11.000 rpm por 15 min. Uma segunda extração foi realizada adicionando 20 mL de acetona 70%. O tubo Falcon foi deixado novamente em repouso por 1 hora e centrifugado por 15 min a 11.000 rpm.

O extrato obtido foi filtrado para um balão volumétrico âmbar de 50mL, e o menisco foi aferido com água destilada. Posteriormente, o extrato foi transferido para um frasco opaco, para assegurar a proteção da amostra contra a exposição à luz. Para preservar as características da amostra até o momento da análise, o frasco foi armazenado sob temperatura de congelamento até o dia da análise.

Figura 3 – Fluxograma para elaboração dos extratos.



Fonte: LAFRUTH 2021.

- Obtenção da curva padrão:

A partir de uma solução estoque de ácido gálico com concentração de 50 mg/L, foram preparadas soluções com diferentes concentrações, conforme descrito na Tabela 5.

Tabela 5 – Curva padrão de ácido gálico.

Concentração (mg/L)	Ácido Gálico (µL)	Água destilada (µL)
0	0	500
10	100	400
20	200	300
30	300	200
40	400	100
50	500	0

Fonte: LAFRUTH 2021.

Para cada diluição, 500 µL de Folin Ciocalteu (1:3), 1 mL de carbonato de sódio 20%, e 1 mL de água destilada foram pipetados. Os tubos resultantes foram agitados por 30 minutos. O espectrofotômetro foi zerado no comprimento de onda de 700 nm, utilizando soluções de concentração 0 como referência.

Após o procedimento de preparo, a leitura de cada tubo foi realizada, e os valores de absorvância foram registrados. Esses dados foram posteriormente plotados em uma planilha no Microsoft Excel para determinar a equação da reta que relaciona a absorvância à concentração de ácido gálico.

- Leitura no espectrofotômetro:

Foram conduzidos testes de diferentes alíquotas do extrato, variando de 10 a 400 µL, completando o volume para 500 µL com água destilada. O branco utilizado para zerar o equipamento consistiu em dois tubos contendo 500 µL de água destilada.

Nos tubos preparados foram adicionados 500 µL do reagente Folin Ciocalteu (1:3), 1 mL de carbonato de sódio 20%, e 1 mL de água destilada. Após a adição dos reagentes, os tubos foram agitados para garantir uma mistura homogênea. A leitura das amostras foi realizada após 30 minutos sob um comprimento de onda de 700 nm utilizando um espectrofotômetro. O cálculo do teor de polifenóis foi calculado a partir das seguintes equação:

$$[Extrato] = \frac{V_{H_2O} * ABS}{V_{H_2O} * V_{extrato}}$$

$$[PET] = \frac{ABS - b}{a}$$

$$Teor\ de\ PET = \frac{[PET] * 100}{[Extrato]} * f$$

Onde:

V_{H_2O} : Alíquota de água (µL);

$V_{extrato}$: Alíquota de extrato (µL);

ABS: absorvância no espectro;

a: coeficiente angular da reta obtida na curva padrão;

b: coeficiente linear da reta obtida na curva padrão;

f: fator de diluição do extrato.

2.3.2.3 Microbiologia

Logo após o preparo (T0) e ao final dos 60 dias de armazenamento foram conduzidas análises microbiológicas do PLV. Foram realizadas as contagens de microrganismos, *Salmonella sp* e *Escherichia Coli*, tendo como base na resolução RDC N° 331 de 23 de dezembro de 2019 (Anexo C), seguindo as metodologias descritas pela American Public Health Association APHA (2001) e SILVA et al. (2010).

2.3.3 Aplicação tecnológica do preparado líquido vegetal

Para validar a aplicação tecnológica do preparado líquido vegetal foram elaboradas panquecas seguindo a formulação base tradicional (controle) composta por 50 mL de ovos, 50ml de leite, aproximadamente 1 mL de azeite, uma pitada de sal e 5 colheres de chá de farinha de trigo (aproximadamente 20 g). Para elaboração da panqueca plant based (Figura 5) o ovo foi substituído por 50 mL do PLV (Figura 4) obtido na etapa dois sendo adicionado os demais ingredientes, nas mesmas concentrações.

Figura 4 – Medida de PLV utilizada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 – Panqueca elaborada com PLV.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.4 Análise sensorial

A fim de avaliar a aceitação do preparado líquido vegetal formulado em comparação com o ovo convencional, foram elaboradas duas panquecas: utilizando ovo comum (P1) e o preparado líquido vegetal (P2).

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará (PROPESQ), dentro das normas que regulamentam a pesquisa em seres humanos, do Conselho Nacional de Saúde (Ministério da Saúde).

A avaliação sensorial foi realizada por 60 provadores voluntários, não treinados, recrutados entre estudantes e servidores da Universidade Federal do Ceará, os quais mostraram seu consentimento, através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo A), conforme as preconizadas na Resolução nº466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), que trata as diretrizes e normas reguladoras envolvendo seres humanos (BRASIL, 2012).

Foi utilizado o Método Sensorial Afetivo, focando nos testes quantitativos para diagnosticar a preferência e aceitabilidade do produto (DUTCOSKY, 2013). A aceitabilidade do produto foi avaliada através do teste de escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de (1) desgostei muitíssimo a gostei muitíssimo (9), ficha sensorial em anexo B. As amostras foram entregues aos provadores, codificadas com números de três dígitos na quantidade aproximada de 20 g a partir de delineamento balanceado. A intenção de compra foi avaliada através de uma escala de 5 pontos variando de certamente não compraria (1) a certamente compraria (5), contando com a zona de indiferença. Foi utilizado o teste de ordenação, preferência com solicitação de indicativo do motivo de preferência ou rejeição das amostras.

Os dados coletados foram transformados em dados numéricos através de histograma e submetidos a uma análise de variância à 5% de significância e Teste de Tukey para comparação entre as médias verificadas.

A análise sensorial levou em consideração a comparação entre as panquecas elaboradas da forma tradicional (com ovos) e elaboradas com preparado líquido vegetal. Sensorialmente as amostras foram analisadas levando em consideração os descritores: cor, aroma, sabor, aceitação global e intenção de compra.

2.4 Etapa 3: Análise do Perfil Proteico e Capacidade de Formação de Espuma em aquafaba Submetido a Diferentes Métodos de Cocção

2.4.1 Estudo das formulações

Foram definidas três variáveis independentes no delineamento experimental: tempo de cocção, com dois níveis distintos (20 minutos ou 40 minutos), a aplicação de maceração prévia do grão antes do processo de cocção, e a implementação do processo de ultrassom após o cozimento. Essas variáveis foram combinadas de maneira sistemática, resultando em oito tratamentos distintos (Tabela 6).

Tabela 6 – Tratamentos experimentais para a cocção do grão de bico.

Tratamento	Descrição
T1M1U1	20 minutos de cocção, não macerado, não sonificado (Controle – Etapa 1).
T1M1U2	20 minutos de cocção, não macerado, sonificado.
T1M2U1	20 minutos de cocção, macerado, não sonificado.
T1M2U2	20 minutos de cocção, macerado, sonificado.
T2M1U1	40 minutos de cocção, não macerado, não sonificado
T2M1U2	40 minutos de cocção, não macerado, sonificado
T2M2U1	40 minutos de cocção, macerado, não sonificado
T2M2U2	40 minutos de cocção, macerado, sonificado

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a metodologia descrita por Meurer (2019) com modificações, a elaboração das aquafabas, 250g de grão de bico por tratamento foram imersos em água na proporção de 1:5, permanecendo em repouso por 24 horas. Em seguida, os grãos foram submetidos ao processo de cocção, com ou sem prévia maceração. Após o cozimento, as amostras foram sujeitas, ou não, ao processo de ultrassom utilizando um equipamento de ultrassom de ponta, com amplitude de 65%, intensidade de 68 W/m² e 1 ciclo. O procedimento foi realizado em béquer encamisado, garantindo uma temperatura média de 40 °C. Finalmente, as aquafabas foram refrigeradas (8 °C) por 24 horas.

Após o tempo designado, os tratamentos foram submetidos a uma correção de pH para atingir o valor de 4,0, mediante a adição de ácido ascórbico puro a fim de incrementar compostos bioativos.

2.4.2 Caracterização dos métodos de cocção da aquafaba

Para as análises de teor proteico (seção 2.2.2.8), cor (seção 2.2.2.10), reologia (seção 2.3.2.1) e polifenóis (seção 2.3.2.2). Para a capacidade de formação de espuma uma alíquota de 20 mL de cada formulação foi submetida à uma agitação constante em um tubo falcon por 2 minutos com o auxílio de um vortex adequando com a metodologia de Shim et al. (2018), sob modificações.

3. RESULTADOS

3.1 Caracterização físico-química das formulações iniciais

De acordo com os procedimentos descritos para elaborar a aquafaba foi obtido um produto com valores médios de pH igual a 6,8, sólidos solúveis totais igual a 2,75°, acidez total titulável de 0,03%, densidade de 1,02 g/cm³, lipídios de 0,04%, umidade de 97%, teor de cinzas de 0,26% e proteínas de 0,02% (Tabela 7).

Tabela 7 – Parâmetros gerais das formulações iniciais de aquafaba.

	Massa Específica (g/cm ³)	°Brix	pH	Acidez (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)	Lipídeos (%)
pH 4,0 Congelado	1,01 ^a	2,60 ^a	4,15 ^a	0,35 ^a	96,84 ^a	0,18 ^a	0,01 ^a	0,04 ^a
pH 4,0	1,02 ^b	2,63 ^a	4,05 ^b	0,30 ^b	97,04 ^a	0,27 ^a	0,02 ^a	0,04 ^a
Controle congelado	1,02 ^c	2,67 ^a	6,84 ^c	0,03 ^c	97,26 ^a	0,26 ^a	0,02 ^a	0,03 ^a
Controle	1,01 ^b	2,80 ^a	6,85 ^c	0,03 ^c	96,59 ^b	0,26 ^a	0,02 ^a	0,05 ^a

Médias de três repetições analíticas. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O tratamento de congelamento da aquafaba obtida, para posterior quantificação dos parâmetros analisados, não promoveu alteração significativa ($P < 0,05$). O processo de congelamento, apresentou influência com relação a coloração da aquafaba, sendo verificado que amostras congeladas desenvolveram coloração mais escura ($L=78,94$) do que amostras não submetidas ao congelamento ($L = 86,98$). Com relação a coordenada b^* , todas as amostras de aquafaba tiveram valores positivos, com média de 24,4, indicando a coloração amarelada das amostras (Tabela 8).

Tabela 8 – Parâmetros de cor das formulações de aquafaba.

Formulações	L*	a*	b*
pH 4,0 Congelado	77,03 ^a	0,99 ^a	22,77 ^a
pH 4,0	73,13 ^a	2,84 ^b	28,59 ^b
Controle congelado	78,94 ^b	1,84 ^c	24,60 ^c
Controle	86,98 ^c	0,38 ^d	21,83 ^d

Médias de três repetições analíticas. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

OZCAN et al. (2023), investigando as características físicas, de qualidade e reologia da maionese contendo aquafaba como substituto do ovo, encontrou os seguintes valores para aquafaba: $L^* = 31,11$, $a^* = -1,83$ e $b^* = 10,3$. Valores que divergem dos encontrados no estudo sendo uma aquafaba mais clara do que a que foi produzida pelo autor.

3.2 Caracterização físico-química do preparado líquido vegetal

Os valores relacionados à caracterização físico-química do preparado líquido vegetal composto por aquafaba, massa do grão de bico cozida (coproduto obtido na Etapa 1), leite de coco em pó e fécula de mandioca (Figura 6), estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8 – Comparação físico-química do preparado líquido vegetal com o ovo comum.

	Média (%)	Ovo de galinha (%) (USDA 2000)
Umidade	88,7633 ± 0,03	65,5
Cinzas	0,0023 ± 0,00	-
Lipídeos	0,0128 ± 0,00	11,0
Proteínas	1,1967 ± 0,06	11,8
Acidez	0,0025 ± 0,00	-
Brix	6,4000 ± 0,00	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 – Preparado Líquido Vegetal.

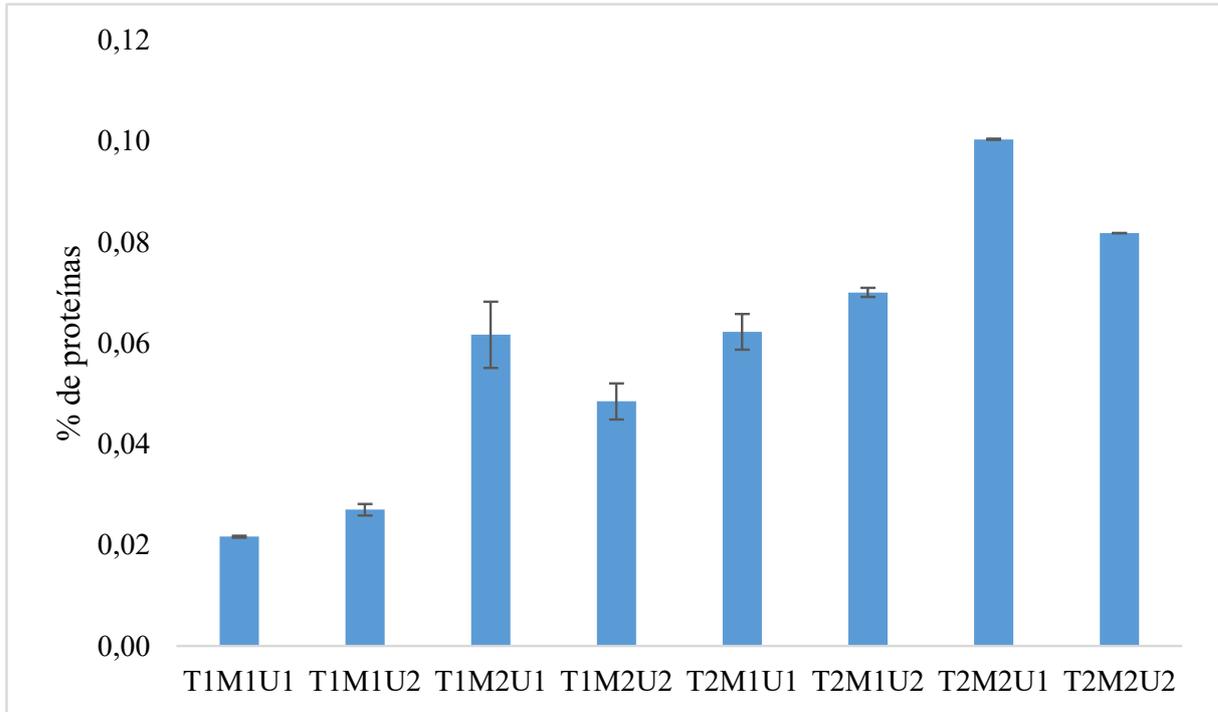


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.1 Teor de proteínas etapa 3

No gráfico 1 e tabela 9, estão expostos os resultados para o teste de teor de proteínas das amostras estudadas.

Gráfico 1 – Teor de proteínas em função dos tratamentos aplicados para obtenção de preparados líquidos vegetais.



T1M1U1 (20 min de cocção), T1M1U2 (20 min de cocção + sonicação), T1M2U1 (20 min de cocção + maceração), T1M2U2 (20 min de cocção + maceração + sonicação), T2M1U1 (40 min de cocção), T2M1U2 (40 min de cocção + sonicação), T2M2U1 (40 min de cocção + maceração), T2M2U2 (40 min de cocção + maceração + sonicação).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9 – Teor médio de proteínas para os tratamentos de aquafaba estudados.

Tratamentos	Teor médio de proteínas (%)
T1M1U1	0,02 ^a ± 0,00
T1M1U2	0,03 ^a ± 0,00
T1M2U1	0,06 ^b ± 0,01
T1M2U2	0,05 ^c ± 0,00
T2M1U1	0,06 ^b ± 0,00
T2M1U2	0,07 ^{bd} ± 0,00
T2M2U1	0,1 ^e ± 0,00
T2M2U2	0,08 ^d ± 0,00

Tratamentos seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tratando os dados no teste de normalidade de Shapiro-Wilk, pode ser concluído que os dados que as distribuições dos resíduos seguem a distribuição normal ($p > 0,05$). Submetendo os dados a uma análise de variância (ANOVA), pode-se concluir que os diferentes tipos de tratamentos influenciaram no teor de proteínas ($p < 0,05$). Adicionalmente, através do método de Tukey, pode-se inferir que o tratamento T2M2U1 demonstrou ser o mais eficiente no que diz respeito ao teor proteico.

Com relação ao valor nutricional, o teor proteico médio encontrado para o PLV no presente estudo foi de 1,19g/100g resultado abaixo dos valores encontrados para formulados a base de aquafaba. Buhl (2019) utilizando aquafaba do grão de bico como substituto da clara de ovo em emulsões alimentares, encontrou uma concentração proteica em média de 1,3g/100g. Rincon et al. (2020), em sua pesquisa sobre o desenvolvimento de “leite” vegetal à base de grão de bico, obteve um teor de proteínas de 2,1g/100g, enquanto Silva et al. (2022), ao investigar a aplicação da aquafaba do grão de bico em pó como substituto do ovo em bolo sem glúten, encontrou teores de proteínas mais elevados, atingindo 2,78g/100g.

Meurer (2019), no estudo dos efeitos do ultrassom nas propriedades tecnológicas da água de cozimento do grão de bico, identificou a seguinte composição centesimal da aquafaba 97,06% de umidade e, em base seca, 17,79% de proteína, 2,49% de lipídeos, 69,88% de carboidratos e 9,83% de resíduo mineral, não foi detectado teor de fibras. Estes resultados superaram os encontrados na presente pesquisa.

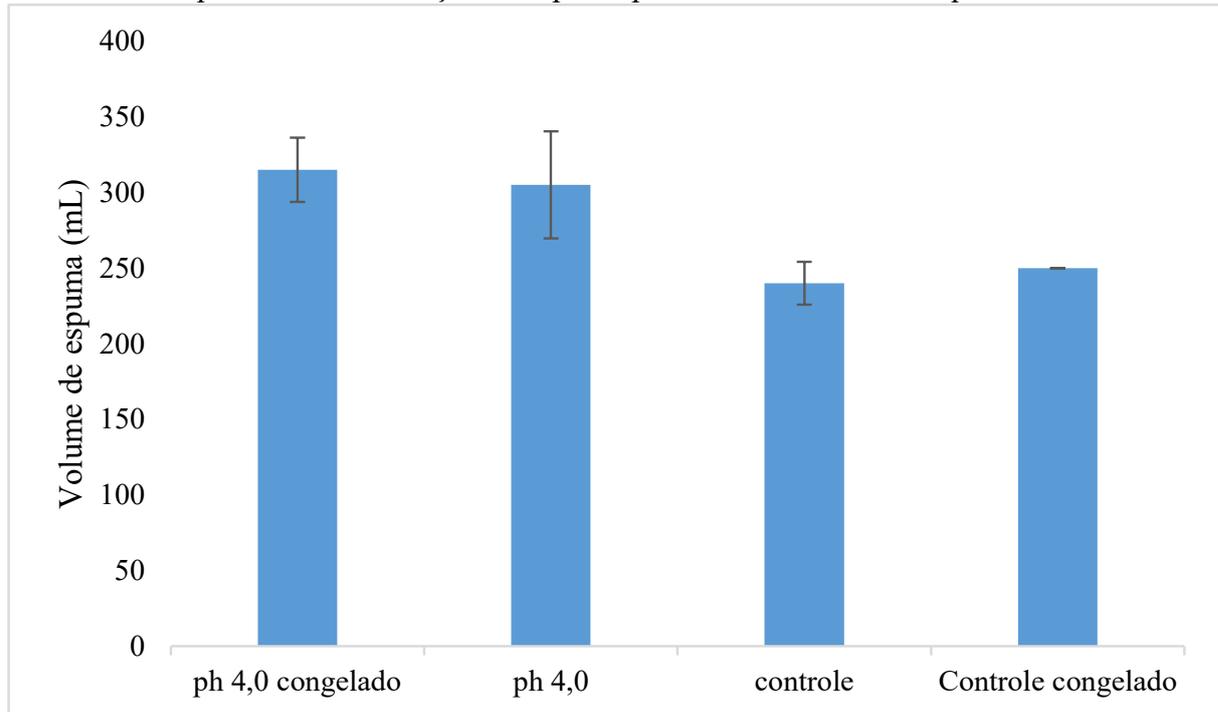
O processo de cocção do grão de bico submetido à maceração, com um tempo de 40 minutos (T2M2U1), revelou um teor proteico significativamente superior em comparação com os demais tratamentos. A adoção desse tratamento como base para a formulação do preparado líquido vegetal fornece a possibilidade de obter um produto final com um perfil nutricional mais elevado. Tufaro & Cappa (2023) identificaram um teor proteico de 22,1g/100g em aquafaba do grão de bico submetida a um tempo de cozimento de 80 minutos.

3.3 Capacidade de formação de espuma

3.3.1 Etapa 1

O gráfico 2 e a tabela 10 representam os resultados para formação de espuma dos tratamentos de aquafaba seguindo a metodologia descrita em 2.1.8.

Gráfico 2 – Capacidade de formação de espuma para os tratamentos de aquafaba.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 – Volume de espuma para os tratamentos de aquafaba.

	pH 4,0 congelado (T1C1)	pH 4,0 (T1C2)	Controle (T2C2)	Controle congelado (T2C1)
Volume de espuma (mL)	315 ^b ± 21,21	305 ^b ± 35,35	240 ^a ± 14,14	250 ^a ± 0

Médias de três repetições analíticas. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As espumas são formadas quando as proteínas se desdobram para formar uma pele interfacial que mantém as bolhas de ar em suspensão e evita o seu colapso. (BOYE; ZARE; PLETCH, 2010)

Ao submeter os dados ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, pode-se inferir que as distribuições dos resíduos seguem uma distribuição normal ($p > 0,05$). Mediante a aplicação da análise de variância (ANOVA), observa-se que os tratamentos exerceram influência significativa na capacidade de formação de espuma ($p < 0,05$). Adicionalmente, através do

método de Tukey, pode-se inferir que o ajuste do pH demonstrou efeitos positivos sobre a aquafaba controle no que diz respeito a capacidade de formação de espuma.

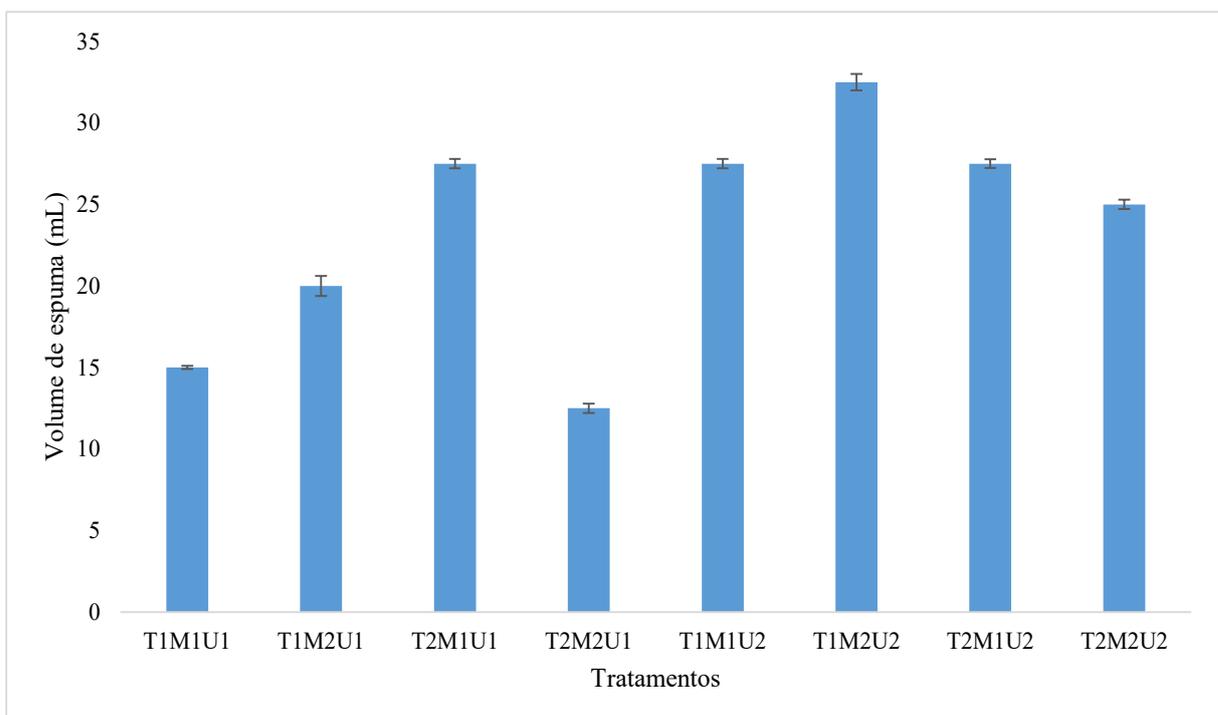
O tratamento T1C2 (aquafaba não congelada e submetida ao ajuste de pH) foi escolhido como o mais promissor, pois se mostrou superior na capacidade de formação de espuma (juntamente com T1C1) sem necessitar de congelamento, e ainda não diferiu nos valores nutricionais.

O ajuste no pH se deve, pois geralmente a capacidade de formação de espuma é melhor, uma vez que há falta de interações repulsivas e, conseqüentemente, interações favoráveis entre proteínas, formando uma película interfacial mais viscosa e resistente. Isso ocorre na maioria dos casos, a não ser em casos de insolubilização da proteína no ponto isoelétrico (MEURER, 2019).

3.3.2 Etapa 3

Com o propósito de avaliar a potencial interferência na capacidade de formação de espuma entre os tratamentos (Figura 8). Os resultados obtidos estão expressos no gráfico 3 e na tabela 11. A figura 7, exibe a espuma formada após a análise de capacidade de formação de espuma.

Gráfico 3 – Capacidade de formação de espuma do preparado líquido vegetal (PLV) submetido a tratamentos distintos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11 – Capacidade de formação de espumados tratamentos de aquafaba.

Tratamentos	Volume de espuma (mL)
T1M1U1	15 ^a ± 0,10
T1M2U1	20 ^b ± 0,61
T2M1U1	27,5 ^c ± 0,28
T2M2U1	12,5 ^d ± 0,28
T1M1U2	27,5 ^c ± 0,28
T1M2U2	32,5 ^e ± 0,5
T2M1U2	27,4 ^f ± 0,26
T2M2U2	25,5 ^g ± 0,28

Médias de três repetições analíticas. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tratando os dados no teste de normalidade de Shapiro-Wilk, pode ser concluído que os dados que as distribuições dos resíduos não seguem a distribuição normal ($p < 0,05$).

Como os resultados não seguiram uma distribuição normal, foi realizado uma análise de variância KRUSKAL-WALLIS, onde pode-se concluir que os diferentes tipos de tratamentos influenciaram na capacidade de formação de espuma ($p < 0,05$), mostrando que as amostras tratadas com ultrassom adquiriram um aumento na capacidade de formação de espuma.

Figura 7 – Imagem da espuma após remoção da aquafaba .



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi observado que os tratamentos submetidos ao processo de ultrassom e ajuste de pH apresentaram superioridade significativa ($p < 0,05$) na capacidade de formação de espuma, indicando que esse procedimento contribui para a melhoria das propriedades do formulado incrementando em média 181,6% o volume de espuma (excluindo T2M1U1/T2M1U2, onde não houve aumento na capacidade de formação de espuma). Em concordância com Martínez-Velasco et al. (2018) que investigaram a capacidade da proteína da fava de feijão em formar espuma, constatando que o uso de ultrassom de alta intensidade por 17,29 minutos promoveu um aumento notável de 145,8% para 258,3% nesse indicador, comparativamente ao valor inicial. Além disso, Meurer (2019) também observou que a aplicação de ondas ultrassônicas na aquafaba, em diferentes tempos e intensidades, favoreceu significativamente sua capacidade de formação de espuma.

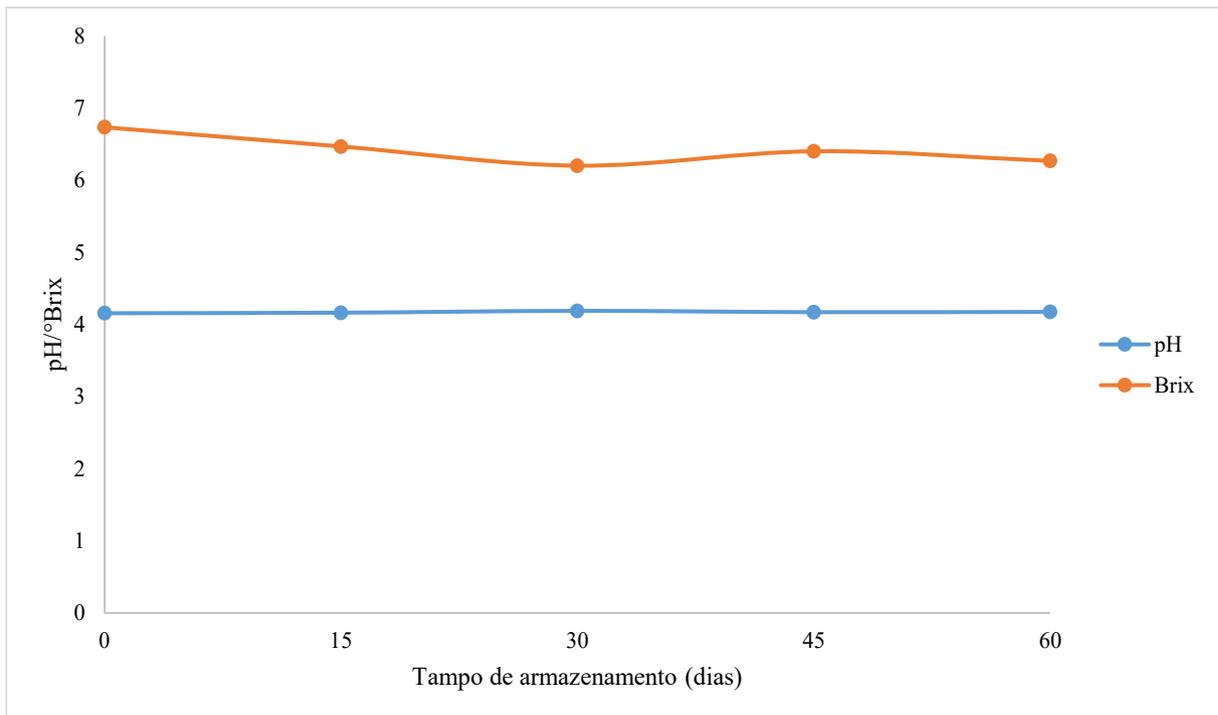
Para Jambrak et al. (2008), a melhoria na capacidade de formação de espuma observada após a aplicação de ultrassom pode ser atribuída ao seu efeito de homogeneização. Esse efeito tende a dispersar de maneira mais uniforme as partículas de gordura e proteína, resultando em aprimoramento das propriedades espumantes. Durante o processo de ultrassom, as proteínas provavelmente passam por uma estrutura parcialmente desdobrada, contribuindo ainda mais para a capacidade espumante do alimento após o processo de batimento.

Tufaro & Cappa (2023), em sua pesquisa sobre as propriedades tecnológicas e aplicação da aquafaba em produtos de confeitaria, observaram propriedades espumantes significativas, principalmente quando adicionadas de ácido láctico e goma guar, assemelhando-se, às da clara de ovo. Os autores destacaram que a aquafaba, um subproduto, apresenta funcionalidades tecnológicas passíveis de aplicação em produtos alimentares, como em espumas sólidas (merengue), proporcionando uma alternativa hipoalérgica e à base de plantas.

3.4 Estabilidade do pH e Brix do Preparado Líquido Vegetal

O gráfico 4 representa o comportamento do pH e Brix durante 60 dias de armazenamento do preparado líquido vegetal sob temperatura de refrigeração (8 °C), a tabela 12 apresenta os valores numéricos durante o período.

Gráfico 4 – pH e Brix do preparado líquido vegetal durante 60 dias de armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 12 – pH e Brix do PLV durante o período de armazenamento.

	T0 (0 dias)	T1 (15 dias)	T2 (30 dias)	T3 (45 dias)	T4 (60 dias)
pH	4,16 ^a ± 0,01	4,16 ^a ± 0,01	4,19 ^a ± 0,01	4,17 ^a ± 0,01	4,17 ^a ± 0,02
°Brix	6,73 ^a ± 0,11	6,47 ^a ± 0,20	6,20 ^a ± 0,20	6,40 ^a ± 0,10	6,27 ^a ± 0,35

Médias de três repetições analíticas. Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

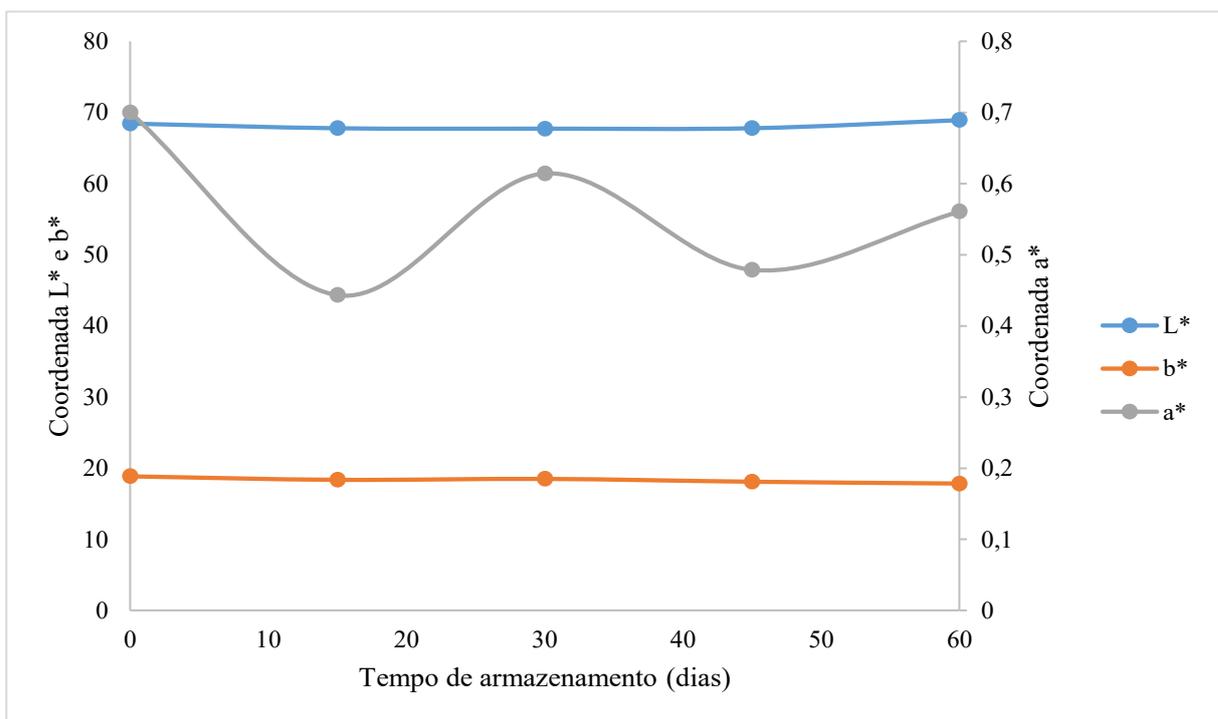
Diante dos resultados obtidos pode ser observado uma estabilidade do pH e Brix durante todo período de armazenamento enquanto permanecendo estável (sem diferença estatística dos valores) ao longo dos demais dias de armazenamento.

3.5 Cor

3.5.1 Estabilidade de cor do PLV

O gráfico 5 e a tabela 13 representam o comportamento da cor do preparado líquido vegetal, levando em consideração as coordenadas de L*, a*, b* ao longo do período de armazenamento. Na análise de cor do preparado, os resultados indicaram que o produto possui coloração amarelada.

Gráfico 5 – Coordenadas de cor (L*, a*, b* do preparado líquido vegetal durante 60 dias de armazenamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13 – Parâmetros (L*, a*, b*) durante o período de armazenamento.

	T0 (0 dias)	T1 (15 dias)	T2 (30 dias)	T3 (45 dias)	T4 (60 dias)
L*	68,44 ^a ± 0,46	67,78 ^a ± 0,23	67,73 ^a ± 0,28	67,79 ^a ± 0,24	68,93 ^a ± 0,84
a*	0,70 ^a ± 0,19	0,44 ^b ± 0,06	0,61 ^{ac} ± 0,04	0,48 ^b ± 0,05	0,56 ^c ± 0,01
b*	18,86 ^a ± 0,50	18,36 ^a ± 0,05	18,49 ^a ± 0,11	18,09 ^a ± 0,1	17,83 ^a ± 0,06

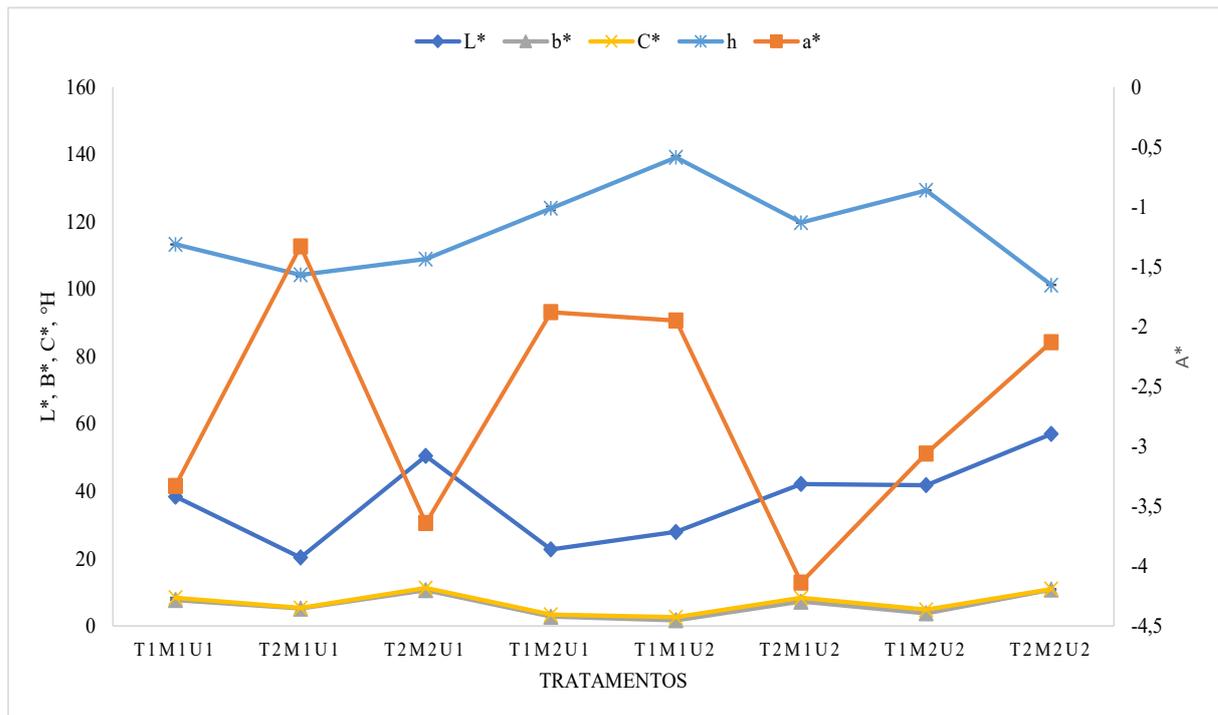
Médias de três repetições analíticas. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.5.2 Análise de cor para os tratamentos de aquafaba (etapa 3)

O gráfico 6 e a tabela 14 representam as coordenadas colorimétricas obtidas para os tratamentos estudados na etapa 3, aplicados na obtenção do preparado líquido vegetal.

Gráfico 6 – Coordenadas de cores do preparado líquido vegetal (PLV) submetido a tratamentos distintos.



T1M1U1 (20 min de cocção), T1M1U2 (20 min de cocção + sonicação), T1M2U1 (20 min de cocção + maceração), T1M2U2 (20 mins de cocção + maceração + sonicação), T2M1U1 (40 min de cocção), T2M1U2 (40 mins de cocção + sonicação), T2M2U1 (40 min de cocção + maceração), T2M2U2 (40 min de cocção + maceração + sonicação).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 14 – Parâmetros de cor para os tratamentos de aquafaba.

Tratamentos	L*	a*	b*	C*	h
T1M1U1	38,4 ± 0	-3,33 ± 0	7,71 ± 0	8,39 ± 0	113,29 ± 0,47
T2M1U1	20,32 ± 0,04	-1,33 ± 0,03	5,2 ± 0,07	5,36 ± 0,06	104,22 ± 0,06
T2M2U1	50,49 ± 0,08	-3,64 ± 0,01	10,65 ± 0,04	11,26 ± 0,04	108,9 ± 0,06
T1M2U1	22,75 ± 0,05	-1,88 ± 0,04	2,77 ± 0,01	3,36 ± 0,03	123,99 ± 0,57
T1M1U2	27,95 ± 0,06	-1,95 ± 0,01	1,7 ± 0,03	2,59 ± 0,03	139,11 ± 0,46
T2M1U2	42,14 ± 0,01	-4,14 ± 0,02	7,24 ± 0,01	8,35 ± 0,02	119,73 ± 0,05
T1M2U2	41,8 ± 0,01	-3,06 ± 0,01	3,76 ± 0,03	4,84 ± 0,03	129,31 ± 0,11
T2M2U2	57 ± 0	-2,13 ± 0,01	10,79 ± 0,02	11 ± 0,02	101,17 ± 0,04

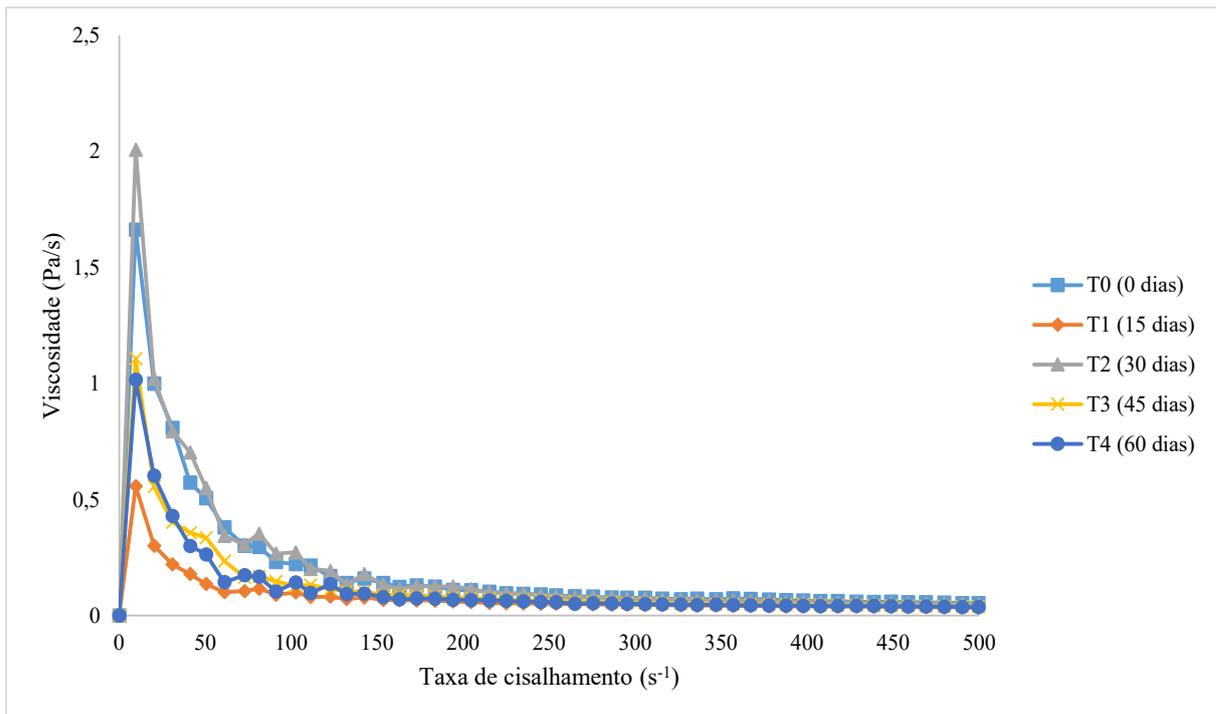
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6 Reologia

3.6.1 Estabilidade reológica (etapa 2)

O comportamento reológico obtido para o preparado líquido vegetal (PLV) ao longo da estabilidade (60 dias) encontram-se representados no gráfico 7.

Gráfico 7 – Viscosidade x Taxa de cisalhamento da formulação de PLV durante 60 dias.



Fonte: Elaborado pelo autor

O comportamento do fluido é determinado pelo valor de “n”, valores maiores e menores que 1 representam fluidos dilatantes e pseudoplásticos, respectivamente. Valores igual a 1 caracterizam fluidos newtonianos.

Em T0, tem-se a equação da reta melhor ajustada em: $y = 15,3098 * x^{0,0687}$ com índice de estabilidade de 0,98. T1: $y = 1,3153 * x^{0,4122}$ e índice de estabilidade de 0,99. T2: $y = 10,2208 * x^{0,089}$ com índice de estabilidade de 0,98. T3: $y = 6,9412 * x^{0,1477}$ com índice de estabilidade de 0,99. T4: $y = 5,5193 * x^{0,1703}$ com um índice de estabilidade de 0,98. Com isso, o PLV apresentou um comportamento pseudoplástico durante o período do estudo. A tabela 15 mostra os índices de estabilidade para os tipos de regressões estudados.

Tabela 15 – Índices de estabilidade para as regressões.

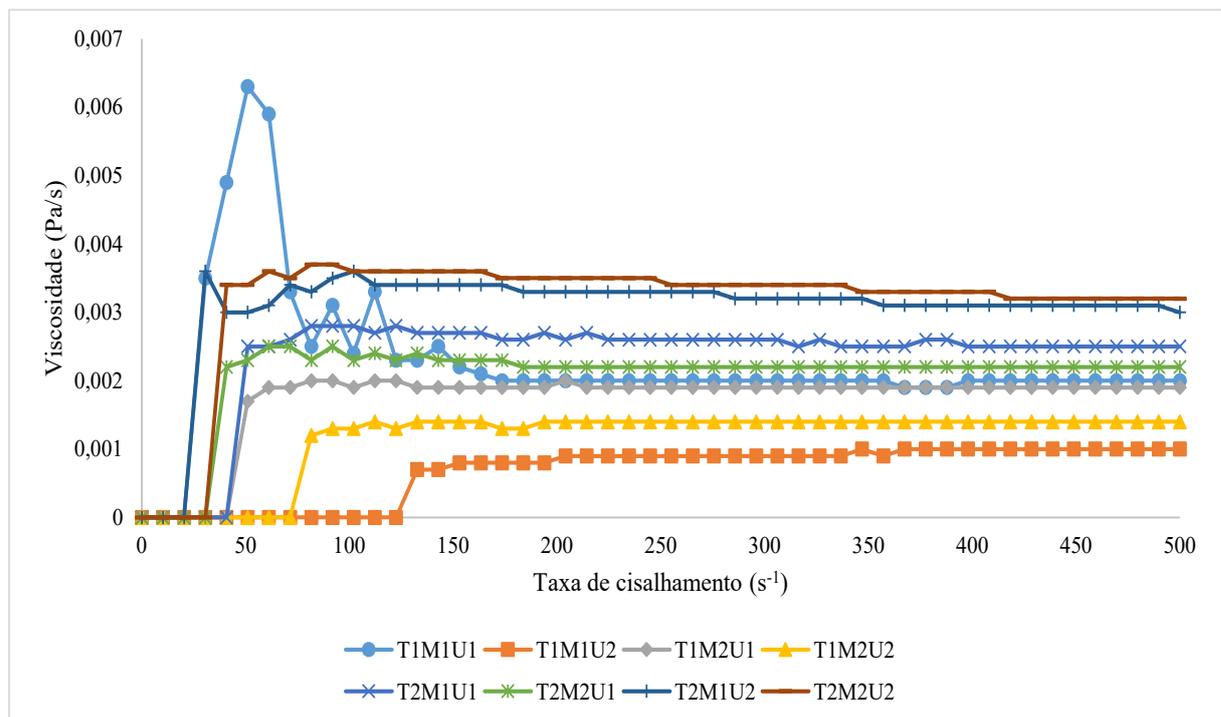
Regressões	T0	T1	T2	T3	T4
Ostwald	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98
Bingham	0,33	0,91	0,37	0,64	0,65
Casson	0,28	0,95	0,34	0,73	0,67
Herschel	0,44	0,95	0,42	0,78	0,73
Bulkley					

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6.2 Análise reológica dos tratamentos da etapa 3

Os comportamentos reológicos dos tratamentos da etapa 3, encontram-se representados no gráfico 8 e as equações da reta expostas na tabela 16.

Gráfico 8 – Viscosidade x taxa de cisalhamento dos tratamentos de aquafaba.



T1M1U1 (20 min de cocção), T1M1U2 (20 min de cocção + sonicação), T1M2U1 (20 min de cocção + maceração), T1M2U2 (20 mins de cocção + maceração + sonicação), T2M1U1 (40 min de cocção), T2M1U2 (40 mins de cocção + sonicação), T2M2U1 (40 min de cocção + maceração), T2M2U2 (40 min de cocção + maceração + sonicação).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 16 – Equações da reta para os tratamentos de aquafaba.

Tratamento	Equação da reta
T1M1U1	$y = 0,1327 + 0,0004 * y^{1,2178}$
T1M1U2	$y = 0,0002 * y^{1,2472}$
T1M2U1	$y = 0,0019^{1/2} * x^{1/2}$
T1M2U2	$y = 0,0032 * y^{0,9587}$
T2M1U1	$y = 0,0011 * y^{1,0371}$
T2M1U2	$y = 0,0052 * y^{0,915}$
T2M2U1	$y = 0,0044 + 0,0022 * y^{1,0023}$
T2M2U2	$y = 0,006 * y^{0,8998}$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todos os tratamentos (exceto T1M2U1) tiveram seus comportamentos melhores ajustados na regressão de Herschel Bulkley com o índice de estabilidade de 0,99. T1M2U1 foi melhor representado pela regressão de Casson com índice de estabilidade de 0,99.

Alsalmán et al. (2020), no estudo sobre a avaliação dos fatores que afetam as propriedades reológicas e térmicas da aquafaba, utilizou a lei da potência (regressão de Ostwald) para explicar o comportamento reológico da aquafaba, obteve valores para o índice de consistência entre 0,01 a 2,24 (Pa/s). Divergindo dos valores encontrados nesta pesquisa variando de 1,31 a 15,30 (Pa/s). A diferença no comportamento reológico pode ser correlacionado com o teor de sólidos lixiviados da aquafaba que aumentou com o tempo de cozimento (ALSALMAN et al., 2020).

3.7 Microbiologia

O preparado líquido vegetal (PLV) foi submetido a análises microbiológicas para verificar a qualidade do produto. Foram realizadas duas análises (para *Salmonella* e *E.coli*), logo após o preparo (T0) e com 90 dias (T1). Os valores obtidos estão expressos na Tabela 17.

Tabela 17 – Análise microbiológica para a formulação do preparado líquido vegetal.

	<i>Salmonella</i> /25g	<i>Escherichia Coli</i> /g
R1 (0 dias)	Ausente	<10 UFC
R2 (0 dias)	Ausente	<10 UFC
R3 (0 dias)	Ausente	<10 UFC
R1 (90 dias)	Ausente	<10 UFC
R2 (90 dias)	Ausente	<10 UFC
R3 (90 dias)	Ausente	<10 UFC

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à estimativa da vida útil, os 3 meses sob refrigeração fornecem uma indicação inicial, embora futuras pesquisas possam explorar métodos adicionais de conservação e prolongamento desse período.

3.8 Polifenóis

3.8.1 Teor de polifenóis (etapa 2)

Os valores de absorvância referentes ao Preparado Líquido Vegetal (PLV), conforme delineado na metodologia em 2.4.1.11, foram registrados e estão descritos na Tabela 18.

Tabela 18 – Teor de polifenóis extraíveis totais (PET) obtido para o preparado líquido vegetal (PLV).

Amostra	Alíquota do extrato (uL)	Alíquota de água (uL)	Conc. do Extrato	ABS 1	ABS 2	ABS (MED)	Conc . PET	Teor PET (mg Ác. Gálico/ 100 g amostra)
R1	400	100	320,260 8	0,224	0,224	0,224	11,06	3,45
R2	400	100	320,108 8	0,221	0,221	0,221	10,92	3,4
R3	400	100	320,408	0,235	0,235	0,235	11,60	3,62
Fator diluição	10							
Resultado Méd.	34,96							

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise de polifenóis totais resultou em uma concentração média de 34,96 mg de ácido gálico por 100 gramas de amostra. Esse resultado indica a quantidade de polifenóis presentes na amostra, sendo expressa em termos de ácido gálico, que é uma referência comum para medir a atividade antioxidante.

Considerando valores diários com base em uma dieta de 2000kcal ou 8400kJ, estima-se que (em 100g de PLV) o consumidor estaria ingerindo aproximadamente 3,5 % do valor diário de polifenóis.

3.8.2 Teor de polifenóis (etapa 3)

Visando a análise de PET presentes na formulação, para a análise optou-se pela seleção do tratamento com o maior teor proteico, T2M2U1 (40 min de cocção + maceração). Os valores referentes ao conteúdo de polifenóis estão expressos na tabela 19.

Tabela 19 – Teor de polifenóis extraíveis totais (PET) em preparado líquido vegetal.

Amostra	Alíquota do extrato (uL)	Alíquota de água (uL)	Conc. do Extrato	ABS1	ABS2	ABS (MED)	Conc. PET	Teor PET (mg Ác. Gálico/ 100 g amostra)
T2M2U1 R1	400	100	160,136	0,487	0,487	0,487	29,666	18,52
T2M2U1 R2	400	100	160,136	0,489	0,489	0,489	29,789	18,60
T2M2U1 R3	400	100	160,136	0,51	0,51	0,510	31,079	19,41
Fator diluição	50							
Resultado Méd.	942,27							

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise resultou em uma concentração média de 942,27 mg de ácido gálico por 100 gramas de amostra. Este valor demonstra um aumento de quase 270% em relação à etapa 1, evidenciando a eficácia da substituição do ácido cítrico pelo ácido ascórbico, embora de maneira sintética.

Valores inferiores de polifenóis foram encontrados por Yue He et. al. (2023), no estudo da composição e propriedades da aquafaba do grão de bico precipitada com etanol, onde foram encontrados teores que variam entre 0,32 a 0,54 mg/g para diferentes espécies do grão de bico.

3.9 Aplicação Tecnológica do Preparado Líquido Vegetal e Análise sensorial

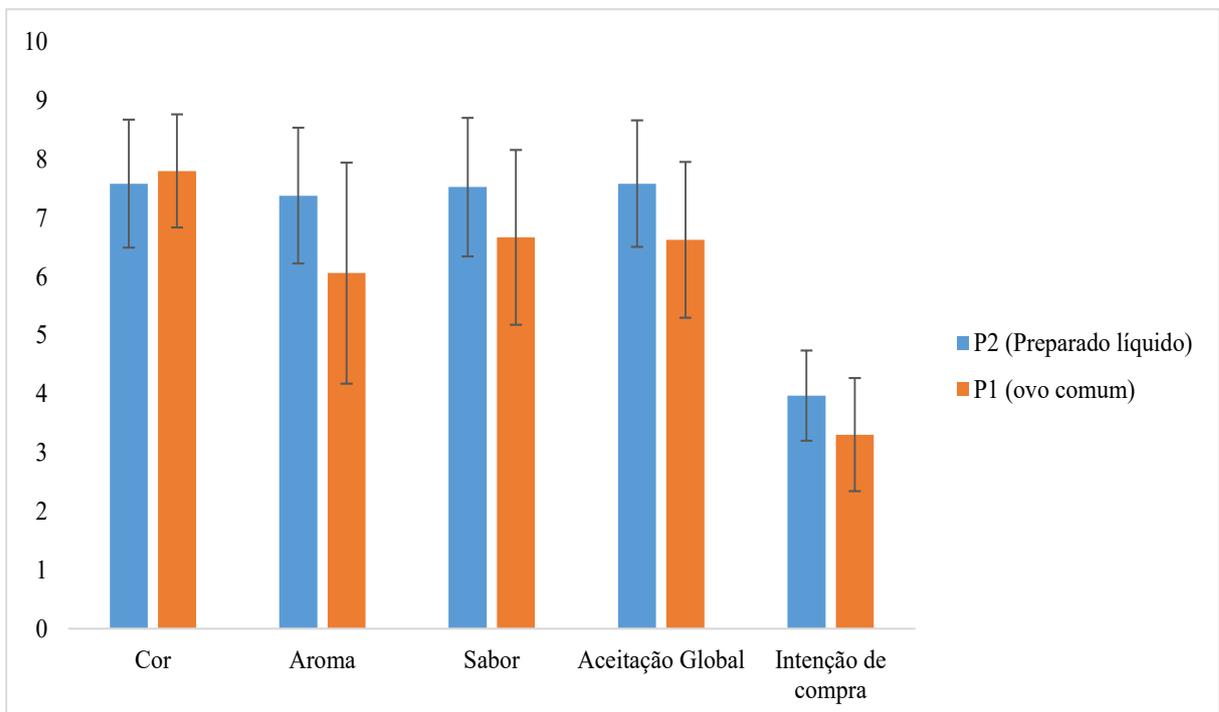
Conforme descrito na metodologia, análise sensorial consistiu em comparar: cor, aroma, sabor, odor, aceitação global e intenção de compra entre P1 e P2. A comparação pode ser observada na figura 8. O resultado da avaliação da análise sensorial está expresso no Gráfico 9. A tabela 20 traz os valores numéricos para os atributos avaliados.

Figura 8 – Panquecas P1 e P2 para análise sensorial.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 9 – Comparativo sensorial entre panquecas elaboradas com o preparado líquido vegetal (P1) e o controle (P2, elaboradas com ovo).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 20 – Valores obtidos para a análise sensorial de P1 e P2.

	Cor	Aroma	Sabor	Aceitação global	Intenção de compra
P1 (PLV)	7,58 ^a ± 1,09	7,37 ^a ± 1,16	7,52 ^a ± 1,18	7,58 ^a ± 1,08	3,97 ^a ± 0,77
P2 (Ovo comum)	7,8 ^a ± 0,97	6,05 ^b ± 1,88	6,66 ^b ± 1,49	6,62 ^b ± 1,32	3,3 ^b ± 0,96

Médias de três repetições analíticas. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Submetendo os resultados dos atributos da análise sensorial a uma análise de Variância (ANOVA) com 5% de significância, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para o atributo de cor entre P1 e P2. Aroma, sabor, aceitação global e intenção de compra foram melhor avaliados em P2.

No que se refere à aceitação sensorial, os resultados indicam uma recepção positiva para a maioria dos atributos avaliados, exceto pela cor (que se mostrou estatisticamente igual). Essa observação sugere uma área potencial de aprimoramento na formulação, visando melhorar a aparência do produto e, conseqüentemente, sua aceitabilidade geral.

Silva et al. (2022) utilizou aquafaba em pó, lentilhas e ácido cítrico para substituir ovos em um bolo sem glúten. Embora as características físicas tenham ligeiramente se situado abaixo do grupo controle, o bolo sem glúten enriquecido com o pó vegetal exibiu um aumento no teor de fibras e uma redução nos teores de lipídios e carboidratos. Além disso, as características sensoriais desse produto foram tão bem aceitas quanto as do controle, apresentando valores de aparência (7.72 ± 1.56), cor (8.07 ± 0.95), aroma (7.74 ± 1.09), cremosidade (7.39 ± 1.35), textura (7.23 ± 1.56), sabor (7.08 ± 1.90), impressão global (7.23 ± 1.69) e intenção de compra (3.62 ± 1.19) estatisticamente iguais ao controle.

4. CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos, o preparado líquido vegetal à base de grão-de-bico, leite de coco em pó e fécula de mandioca cumpre o objetivo do trabalho e demonstra ser uma possível alternativa eficaz e inovadora ao ovo, podendo atender às necessidades de consumidores alérgicos e veganos.

Conclui-se que, o teor de proteínas não atingiu níveis próximos aos observados no ovo comum, a viabilidade de integrar a aquafaba obtida através do método mais eficaz, enriquecida com ácido ascórbico, à formulação do PLV, apresenta-se como uma perspectiva para a obtenção de um produto enriquecido em proteínas e compostos bioativos.

Diante dos resultados microbiológicos, o produto encontrava-se apto para o consumo após os 60 dias de estocagem, resultado identificado pelas microbiológicas, sugere-se o aprofundamento do estudo, podendo submeter o preparado às condições aceleradas de estocagem, bem como o estudo dos compostos bioativos presentes no produto.

A aceitação sensorial e potencial de enriquecimento com compostos bioativos destacam a viabilidade desse produto na indústria alimentícia. No entanto, recomenda-se pesquisas adicionais para aprimorar aspectos específicos, como a estabilidade durante o armazenamento e a aplicação em diferentes receitas, visando ampliar sua versatilidade e aceitação no mercado.

Como sugestão para futuras pesquisas, a continuidade das análises relacionadas à biodisponibilidade do PLV, especialmente no que diz respeito às proteínas e compostos bioativos. Uma investigação mais detalhada nas áreas de reologia e microbiologia. A submissão do preparado a condições aceleradas de estocagem sobre sua estabilidade ao longo do tempo e sob diferentes ambientes, contribuindo para a robustez do estudo. Além disso, a aplicação tecnológica do PLV em diferentes formulações pode ampliar as possibilidades deste produto inovador na indústria alimentícia.

5. REFERENCIAS

ALSALMAN, F. B. et al. Evaluation of factors affecting aquafaba rheological and thermal properties. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie [Food science and technology]**, v. 132, n. 109831, p. 109831, 2020.

American Public Health Association (APHA). **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4 ed. Washington: APHA, 2001, 676 p.

BAZOCHE, P. et al. Does the provision of information increase the substitution of animal proteins with plant-based proteins? An experimental investigation into consumer choices. **Food policy**, v. 116, n. 102426, p. 102426, 2023.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 1, p. 911–917, 1959.

BOYE, J.; ZARE, F.; PLETCH, A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. **Food research international (Ottawa, Ont.)**, v. 43, n. 2, p. 414–431, 2010.

BUHL, T. F.; CHRISTENSEN, C. H.; HAMMERSHØJ, M. Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: Protein composition and functional behavior. **Food hydrocolloids**, v. 96, p. 354–364, 2019.

DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2013. 531 p.

FAOSTAT. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 10 dec. 2023.

FELIX, M. et al. Characterisation of the bioactive properties and microstructure of chickpea protein-based oil in water emulsions. **Food research international (Ottawa, Ont.)**, v. 121, p. 577–585, 2019.

FURLAN, A. DA S.; RODRIGUES, L. CONSUMO DE POLIFENÓIS E SUA ASSOCIAÇÃO COM CONHECIMENTO NUTRICIONAL E ATIVIDADE FÍSICA. **Revista brasileira de medicina do esporte**, v. 22, n. 6, p. 461–464, 2016.

JAMBRAK, A. R. et al. Effect of ultrasound treatment on solubility and foaming properties of whey protein suspensions. **Journal of food engineering**, v. 86, n. 2, p. 281–287, 2008.

KHODDAMI, A.; WILKES, M. A.; ROBERTS, T. H. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 18, n. 2, p. 2328–2375, 2013.

LAFRUTH. Disponível em: <<https://lafrutufc.wordpress.com/downloads/>>. Acesso em: 10 dec. 2023.

MARTÍNEZ-VELASCO, A. et al. High intensity ultrasound treatment of faba bean (*Vicia faba* L.) protein: Effect on surface properties, foaming ability and structural changes. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 44, p. 97–105, 2018.

- MEURER, Mariana. Efeitos do ultrassom nas propriedades tecnológicas da água do cozimento do grão-de-bico (aquafaba). Porto Alegre, 2019. 94 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)** – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- OZCAN, I. et al. Investigating the physical and quality characteristics and rheology of mayonnaise containing aquafaba as an egg substitute. **Journal of food engineering**, v. 344, n. 111388, p. 111388, 2023.
- PEROVIĆ, M. N.; PAJIN, B. S.; ANTOV, M. G. The effect of enzymatic pretreatment of chickpea on functional properties and antioxidant activity of alkaline protein isolate. **Food chemistry**, v. 374, n. 131809, p. 131809, 2022.
- RINCON, L.; BRAZ ASSUNÇÃO BOTELHO, R.; DE ALENCAR, E. R. Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie [Food science and technology]**, v. 128, n. 109479, p. 109479, 2020.
- RODRÍGUEZ-MARTÍN, N. M. et al. Production of chickpea protein hydrolysate at laboratory and pilot plant scales: Optimization using principal component analysis based on antioxidant activities. **Food chemistry**, v. 437, n. Pt 1, p. 137707, 2023.
- SILVA, P. G. et al. Aquafaba powder, lentil protein and citric acid as egg replacer in gluten-free cake: A model approach. **Applied Food Research**, v. 2, n. 2, p. 100188, 2022.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. (2010). Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. **Livraria Varela**, 4, 1-50.
- SHIM, Y. Y.; MUSTAFA, R., SHEN, J.; RATANAPARIYANUCH, K.; REANEY, M. J. T. Composition and properties of aquafaba: Water recovered from commercially canned chickpeas. **Journal of Visualized Experiments: JoVE**, 132, 2018.
- TUFARO, D.; CAPPA, C. Chickpea cooking water (Aquafaba): Technological properties and application in a model confectionery product. **Food hydrocolloids**, v. 136, n. 108231, p. 108231, 2023.
- THE VEGETARIAN RESOURCE GROUP. How many adults in the U.S. are vegetarian and vegan? (2016). Disponível em: <https://www.vrg.org/nutshell/Polls/2016_adults_veg.htm> Acesso em: 08 de dez. de 2023.
- WANG, J. et al. Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. **Food research international (Ottawa, Ont.)**, v. 150, n. Pt A, p. 110790, 2021.
- WEN, X. et al. Frequency of infant egg consumption and risk of maternal-reported egg allergy at 6 years. **The journal of nutrition**, v. 153, n. 1, p. 364–372, 2023.
- YUE HE, JIANHENG SHEN, VENKATESH MEDA, MARTIN J.T. REANEY (ED.). **Composition and properties of ethanol-precipitated chickpea aquafaba**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2023.

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Você está sendo convidado(a) pelos pesquisadores Jan Gabriel da Silva Gomes e Lucicleia Barros Vasconcelos a participar da pesquisa intitulada “PREPARADO LÍQUIDO VEGETAL: DESENVOLVIMENTO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA BIOACESSIBILIDADE DE COMPOSTOS BIOATIVOS”. Você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos. Sua participação é voluntária e se dará por meio da degustação (prova) das panquecas e da sua expressão de opinião de acordo com as orientações dos testes sensoriais, no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFC. Portanto, se você tiver algum problema com relação à ingestão de leite, grão de bico, coco, e farinha de trigo como INTOLERÂNCIA, ALERGIA OU QUALQUER OUTRO PROBLEMA NÃO poderá participar da pesquisa. Se você aceitar participar, estará contribuindo para o desenvolvimento de uma nova pesquisa. Caso após a degustação das panquecas sinta algum mal-estar, será solicitado atendimento a base descentralizada do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) do Campus do Pici. Se depois de consentir a sua participação você desistir de continuar participando, tem o direito e a liberdade de retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independentemente do motivo e sem nenhum prejuízo à sua pessoa. Você não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. A sua identidade será preservada e a divulgação das informações obtidas nos testes só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto. Para qualquer outra informação, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Jan Gabriel e Lucicleia Barros no endereço Av. Mister Hull. 2977, Bloco 858, Alagadiço, Departamento de Engenharia de Alimentos, pelo telefone (85)3366-9752.

_____ Fortaleza, ___/____

ANEXO B – FICHA SENSORIAL

NOME _____		DATA _____		
IDADE: _____	ESCOLARIDADE: _____	GÊNERO: _____		
<p>VOCÊ ESTÁ RECEBENDO DUAS AMOSTRAS DE PANQUECAS COM GELÉIA. AVALIE CADA UMA DAS AMOSTRAS CODIFICADAS E USE A ESCALA ABAIXO PARA INDICAR O QUANTO VOCÊ GOSTOU OU DESGOSTOU DE CADA UMA.</p>				
9 - GOSTEI MUITÍSSIMO				
8- GOSTEI MUITO				
7- GOSTEI MODERADAMENTE				
6- GOSTEI LIGEIRAMENTE				
5- NEM GOSTEI, NEM DESGOSTEI				
4- DESGOSTEI LIGEIRAMENTE				
3- DESGOSTEI MODERADAMENTE				
2- DESGOSTEI MUITO				
1- DESGOSTEI MUITÍSSIMO				
AMOSTRA	COR	AROMA	SABOR	IMPRESSÃO GLOBAL
<p>TESTE DE INTENSÃO DE COMPRA:</p> <p>AVALIE AS AMOSTRAS UTILIZANDO A ESCALA ABAIXO E DETERMINE SUA ATITUDE EM RELAÇÃO AO PRODUTO.</p>				
5- CERTAMENTE COMPRARIS				
4- POSSIVELMENTE COMPRARIA				
3- TALVEZ COMPRASSE, TALVEZ NÃO COMPRASSE				
2- PROVAVELMENTE NÃO COMPRARIA				
1- CERTAMENTE NÃO COMPRARIA				
AMOSTRA	VALOR			

ANEXO C – RDC N 331 DE 23 DE DEZEMBRO DE 2019**DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO**

Publicado em: 26/12/2019 | Edição: 249 | Seção: 1 | Página: 96

Órgão: Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Diretoria Colegiada

RESOLUÇÃO - RDC Nº 331, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2019

Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação.

A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, no uso da atribuição que lhe confere o art. 15, III e IV, aliado ao art. 7º, III e IV, da Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999, e ao art. 53, V, §§ 1º e 3º do Regimento Interno aprovado pela Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 255, de 10 de dezembro de 2018, resolve adotar a seguinte Resolução da Diretoria Colegiada, conforme deliberado em reunião realizada em 17 de dezembro de 2019, e eu, Diretor-Presidente Substituto, determino a sua publicação.

Seção I**Das Disposições Iniciais**

Art. 1º Esta Resolução estabelece os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação.

Art. 2º Esta Resolução se aplica a toda a cadeia produtiva de alimentos.

Art. 3º Os padrões microbiológicos aplicam-se aos alimentos prontos para oferta ao consumidor.

Parágrafo único. Para os ingredientes destinados exclusivamente ao uso industrial, incluindo os aditivos alimentares, não se aplicam os padrões microbiológicos estabelecidos na Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019, devendo ser observados os padrões microbiológicos estabelecidos em suas especificações.