



**INSTITUTO
FEDERAL**
Brasília

Instituto Federal de Brasília
Campus Gama
Curso Superior de Tecnologia em Alimentos

MAYRA RAIZA MARQUES BARBOSA

SOJA:

Utilização de aquafaba para produção de suspiro vegano

Brasília-DF
2025

MAYRA RAIZA MARQUES BARBOSA

SOJA:

Utilização de aquafaba para produção de suspiro vegano

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Alimentos do Campus Gama do Instituto Federal de Brasília como requisito parcial para obtenção de título de Tecnóloga em Alimentos.

Orientadora: Prof^a Dra. Débora Kono Taketa Moreira

Brasília-DF
2025

Barbosa, Mayra Raiza Marques.

SOJA: Utilização de aquafaba para produção de suspiro vegano / Mayra Raiza Marques Barbosa ; orientação Débora Kono Taketa Moreira. — Gama, DF: 2025. 48 f. : il. color. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) — Instituto Federal de Brasília, Campus Gama, Gama, DF, 2025.

Orientador(a): Débora Kono Taketa Moreira.

1. aquafaba de soja. 2. suspiro vegano. 3. fatores antinutricionais. 4. compostos bioativos. I. Moreira, Débora Kono Taketa, orient. II. Instituto Federal de Brasília. III. Título.

MAYRA RAIZA MARQUES BARBOSA

SOJA:

Utilização de aquafaba para produção de suspiro vegano

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Alimentos do Campus Gama do Instituto Federal de Brasília como requisito parcial para obtenção de título de Tecnóloga em Alimentos.

Aprovado em 12 de fevereiro de 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dra. Débora Kono Taketa Moreira - Orientadora
Tecnologia de Alimentos - IFB Campus Gama

Prof^a Dra. Mariana Schievano Danelon
Tecnologia de Alimentos - IFB Campus Gama
Membro interno

Me. Valérya Carneiro Teles
Tecnologia de Alimentos - IFB Campus Gama
Membro interno

AGRADECIMENTOS

A meus pais e marido pelo amor e carinho.

As docentes do curso pelo incentivo e pelos conhecimentos transmitidos.

A professora e orientadora Débora K. T. Moreira por toda valiosa orientação e paciência para o desenvolvimento deste trabalho.

A técnica Mirtza F. Maggioli pelo apoio e paciência comigo no estágio e nos projetos.

A banca pela atenção e ajuda para o melhoramento deste trabalho, professora Mariana S. Danelon e a técnica Valérya C. Teles.

A equipe do Laboratório de Análise de Alimentos por todo auxílio na execução deste trabalho e por estarmos juntos nos apoiando todos os dias.

Estar com vocês todos os dias, o dia inteiro, foi muito gratificante! Agradeço imensamente.

E em especial a pequena Mayra, pela imensa força e dedicação para executar este trabalho.

We are champions, my friend~

— Queen

RESUMO

A soja é uma fonte de proteínas vegetais e é utilizada em ampla variedade de produtos alimentícios, incluindo alternativas vegetais à carne, que têm ganhado popularidade no Brasil e no exterior, especialmente com o aumento da demanda por alimentos vegetarianos e veganos. O objetivo deste trabalho é a produção de aquafaba de soja, para substituir a clara de ovo para o público vegetariano e vegano, em diversas aplicações, em específico para suspiro. Para atingir este objetivo foram produzidas quatro amostras de aquafabas de soja seguindo processos distintos, com remolho e sem remolho com duas concentrações 0,4 g/mL e 0,5 g/mL cada, foram submetidas a autoclavagem a 120 °C por 45 minutos, em seguida avaliadas quanto aos fatores físico-químicos (densidade, pH, acidez titulável, °Brix, sólidos solúveis totais, colorimetria), fatores antinutricionais (ácido fítico e inibidor de tripsina), teor de compostos fenólicos (fenólicos totais, fenólicos simples e taninos) e capacidade antioxidante por DPPH. Após a realização do estudo ficou evidente a capacidade de utilização da aquafaba de soja para a produção de suspiro vegano e que os fatores antinutricionais são diminuídos pela lixiviação da água de remolho e a autoclavagem.

Palavras-chave: aquafaba de soja, suspiro vegano, fatores antinutricionais, compostos bioativos.

ABSTRACT

Soybeans is a rich source of vegetable protein and is used in a wide variety of food products, including plant-based meat alternatives, which have gained popularity in Brazil and abroad, especially with the increasing demand for vegetarian and vegan foods. The objective of this study is the production of soy aquafaba to replace egg white for vegetarians and vegans in various applications, specifically for meringue. To achieve this objective, four samples of soybean aquafabas were produced following different processes, with and without soaking, with two concentrations of 0.4 g/mL and 0.5 g/mL each. They were autoclaved at 120 °C for 45 minutes and then evaluated for physicochemical factors (density, pH, titratable acidity, °Brix, total soluble solids, colorimetry), antinutritional factors (phytic acid and trypsin inhibitor), phenolic compound content (total phenolics, simple phenolics and tannins) and antioxidant capacity by DPPH. After the study, it was evident that soybean aquafaba can be used to produce vegan meringue and that the antinutritional factors are reduced by leaching of the soaking water and autoclaving.

Keywords: soy aquafaba, vegan meringue, antinutritional factors, bioactive compounds.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	ácido fítico
AOAC	Official Methods of Analysis
AQFB	aquafaba
AQFB - CR	aquafaba com remolho
AT	ácido tânico
AVB	Associação Vegetariana Brasileira
BAPNA	benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida
BBS	bebidas à base de soja
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
EAT	equivalente de ácido tânico
EC50	concentração de eficiência
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ERO	espécies reativas de oxigênio
g	gramas
g/mL	gramas / mililitros
ha	hectare
Ipec	Inteligência em Pesquisa e Consultoria Estratégica
kDa	kilo Dalton
kg	kilograma
M	molar
mg	miligrama
nm	nanômetro
O/A	óleo / água
°C	° Celsius
PVPP	polivinilpolipirrolidona
pH	potencial hidrogeniônico
rpm	rotação por minutos
SVB	Sociedade Vegetariana Brasileira
UIT	unidade de inibição de tripsina
UV	ultravioleta
v/v	volume / volume

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E GRÁFICOS

Figura 1 - Grãos de soja	15
Figura 2 - Fluxograma da obtenção da aquafaba de soja com remolho (ACR) e sem remolho (ASR)	26
Figura 3 - Fluxograma da produção do suspiro vegano	30
Figura 4 - Amostras de aquafabas após a estufa	32
Figura 5 - AQFB40 - CR no teste de capacidade de espuma	34
Figura 6 - Amostra de aquafaba em diferentes diluições na análise de fenólicos	37
Figura 7 - AQFB50 sem açúcar depois de assada	40
Gráfico 1: Estabilidade de espuma mL/minuto	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: pH e acidez titulável	31
Tabela 2: °Brix e matéria seca	32
Tabela 3: Resultados para colorimetria	35
Tabela 4: Resultados para as análises fitoquímicas	36
Tabela 5: Resultados para as análises antinutricionais	38
Tabela 6: Capacidade antioxidante - DPPH	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Soja (Glycine max)	14
2.2 Produto vegetariano/vegano	16
2.3 Merengue	17
2.4. Aquafaba	18
2.5. Substituto do ovo	20
2.6. Fatores antinutricionais	21
2.7. Análise fitoquímica - Fenólicos	22
2.8. Atividade antioxidante	23
3. OBJETIVOS	24
3.1 Objetivo geral	24
3.2 Objetivos específicos	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 Insumo	25
4.2. Obtenção das concentrações de aquafaba de soja	25
4.3 Testes físico-químicos	26
4.4 Capacidade de espuma	27
4.5 Análise de fenólicos totais e taninos	27
4.6 Análise de atividade de inibição de tripsina	27
4.7 Análise de ácido fítico	28
4.8 Análise da determinação da atividade antioxidante pelo método de sequestro do radical DPPH	28
4.9 Produção do suspiro vegano	29
4.10 Análise estatística	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5.1. Resultados das análises físico-químicas	31
5.2. Resultados das análises fitoquímicas, antinutricionais e antioxidante	35
5.3. Produção do suspiro vegano	39
6. CONCLUSÃO	41
ANEXO A	45
Gráfico 1 - Curva de calibração com ácido tânico para as análises de fenólicos totais, simples e taninos (Absorbância versus concentração)	45
Gráfico 2 - Curva de calibração com ácido fítico para análise do teor de ácido fítico (Absorbância versus concentração)	45
ANEXO B	46
Figura 8. Suspiro vegano com e sem açúcar após assamento com aquafaba sem remolho em diferentes concentrações	46
Figura 9 - Suspiro com AQFB40 com remolho sem açúcar após assamento	47

1. INTRODUÇÃO

A relevância de realizar pesquisas e trabalhos voltados ao desenvolvimento de novos produtos, aproveitando alimentos ricos em nutrientes, como os subprodutos agroindustriais, é um fator que integra os profissionais que atuam no setor alimentício e que precisam estar cientes das novas possibilidades e necessidades do consumidor atual (Silva; Oliveira; Assumpção, 2020).

O crescente movimento de adeptos à alimentação vegetariana/vegana impulsiona pesquisas no setor alimentício para desenvolvimento de produtos já conhecidos, mas que são transformados em novo produto para se adequarem a este público.

A soja (*Glycine max*) é uma oleaginosa amplamente cultivada e utilizada no Brasil e no mundo, principalmente por sua função como fonte de proteína e óleo vegetal. Com vistas a utilizar este grão para outros fins, há a possibilidade de empregá-lo na produção de aquafaba.

A aquafaba é a água do cozimento de leguminosas, sendo o grão-de-bico o mais utilizado. Ela ficou famosa por suas propriedades de emular a clara de ovo em receitas veganas e possui a capacidade de conferir texturas leves e aeradas, como a clara de ovo, quando batida. Há pesquisas que utilizaram a água de cozimento do grão-de-bico (aquafaba de grão-de-bico) para bolos tradicionais (Aslan; Ertas, 2020) e a aquafaba de soja em pó para a produção de *muffin* vegano (Kim; Shin, 2022).

À vista disso, o presente trabalho tem por objetivo a produção de aquafaba de soja, para substituir a clara de ovo para o público vegetariano e vegano, em diversas aplicações, em específico para suspiro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Soja (*Glycine max*)

A soja (*Glycine max*) é uma cultura herbácea anual com germinação epígea da semente com ciclo de vida (emergência à maturação) de 70 a 200 dias, altura da inserção da primeira vagem de 10 cm a 20 cm e da planta de 30 cm a 250 cm, hábito de crescimento ereto a prostrado, tipo de crescimento determinado, semi-determinado ou indeterminado (Silva *et al.*, 2022).

No Brasil, a expansão da soja começou no Rio Grande do Sul em 1935. Em 1938, a Alemanha foi o primeiro país a importar soja brasileira. Desde 1950, a leguminosa expandiu-se para o sudoeste, norte e nordeste. No sul, era produzido exclusivamente para uso *in natura* na alimentação de porcos. No mesmo ano, foi lançada a primeira indústria petrolífera produtora de alimentos do país, que se tornou mais um atrativo para a cadeia produtiva da soja (Silva *et al.*, 2022).

Com a consolidação da soja na região do Cerrado, o Brasil tornou-se o segundo produtor mundial dessa cultura, perdendo apenas dos Estados Unidos. Em 40 anos de cultivo de soja nessa região, a produção cresceu quase sete vezes, enquanto a área cultivada aumentou quatro vezes (Silva *et al.*, 2022). Na safra 2018/19, a produção brasileira foi de 115 milhões de toneladas, numa área cultivada de 35,8 milhões de hectares, com produtividade média de 3.206 kg ha⁻¹ (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2019). Na safra 2023/24, a produção brasileira foi de 147,35 milhões de toneladas, numa área cultivada de 45,98 milhões de hectares, com produtividade média de 3.205 kg/ha (Embrapa, 2025). Esse progresso deve-se, em grande parte, às pesquisas e às tecnologias desenvolvidas desde sua introdução no país, garantindo lavouras de soja em grande extensão do território nacional.

A soja (Figura 01) é uma oleaginosa importante, principalmente por sua função como fonte de proteína e de óleo vegetal. O grão de soja é rico em proteínas, cujo teor pode variar entre 30% e 53%, sendo o teor médio dos cultivares brasileiros de 40%. Na semente de soja, a média é de 20%, podendo-se encontrar variações entre 13% e 28%. O óleo extraído do grão é utilizado na alimentação humana e na produção de biodiesel. O farelo de soja é importante na alimentação humana e animal, além da fabricação de outros produtos. Outros fatores de sucesso da soja podem ser atribuídos ao aumento da população mundial, que cresce num ritmo de

70 milhões de habitantes por ano, e com isso faz com que a produção alimentícia tenha maior demanda; ao aumento da renda *per capita*, que se associa às mudanças nos hábitos alimentares, como incrementos no consumo de proteína animal, a qual, em sua maioria, é produzida a partir do farelo de soja (Embrapa, 2019).

Figura 1 - Grãos de soja



Fonte: própria autora.

A soja é um importante produto da agricultura brasileira e parte importante do agronegócio nacional, afetando diferentes indústrias e setores da economia. Além disso, a soja trouxe o país para o *status* de *player* mundial do comércio, se destacando como o principal produtor e exportador de soja do mundo, sendo responsável por mais de 41% da produção global, ademais a grande receita gerada com exportações, a oleaginosa é uma fonte vital de proteína vegetal, amplamente utilizada na alimentação de seres humanos e animais (Embrapa, 2025).

Existem mais de 200 produtos nas prateleiras dos supermercados formulados com um ou mais ingredientes de soja, especialmente óleo de soja, respondendo por 80% da demanda nacional de óleo comestível. Outro produto alimentício que vem crescendo muito no mercado são as bebidas à base de soja (BBS), não só para atender a novos conceitos alimentares, mas também para satisfazer um grande número de consumidores intolerantes à lactose. Várias empresas de alimentos que tradicionalmente produzem apenas laticínios ou sucos também estão produzindo BBS (Embrapa, 2019).

A soja é um importante alimento protéico-calórico para reduzir a desnutrição no mundo. Sendo um excelente substituto proteico para vegetarianos/veganos, sua fração lipídica é rica em ácidos graxos poliinsaturados; além de conter carboidratos com atividade prebiótica e fibras solúveis e insolúveis. A qualidade tecnológica da

soja está associada a atributos quantitativos e qualitativos. Os atributos quantitativos estão relacionados com o teor de umidade e, principalmente, de lipídios e proteínas, que são os dois componentes de alto valor comercial para a produção dos derivados de soja, tais como: óleo bruto, óleo degomado, óleo refinado desodorizado, farelos protéicos, farinhas, concentrados e isolados protéicos. De acordo com a Embrapa (2019), os atributos qualitativos das frações lipídica e proteica (composta por globulinas, glutelinas, albuminas e prolaminas) da soja são extremamente importantes para caracterizar a qualidade tecnológica e destinar os grãos para a produção de diferentes produtos e linhas de processamento (Embrapa, 2019).

2.2 Produto vegetariano/vegano

Há uma percepção de cada vez mais pessoas preocupadas com a busca por equilíbrio com a natureza e de uma qualidade de vida e saúde, além de ser um tema que nos sugere inúmeros sentimentos, representações de uma cultura, e até mesmo de uma simbologia que reúne as pessoas, congrega as famílias e os amigos (Ribeiro, 2019).

O crescente movimento de adeptos à alimentação vegetariana/vegana impulsiona pesquisas no setor alimentício para desenvolvimento de produtos já existentes, mas que estão se transformando em novos produtos para atender a este público. Estima-se que 4% da população brasileira, cerca de 7,6 milhões de pessoas, sejam vegetarianos, muitos deles veganos. Dessa forma, considera-se a visível expansão desse nicho mercadológico, já que, há alguns anos, não havia quase nenhuma opção de produtos prontos para consumo. No entanto, o leque está cada vez maior e estes consumidores têm movimentando um mercado que cresce 40% ao ano (Ribeiro, 2019).

A Associação Vegetariana Brasileira (AVB, 2022) identificou a existência de cinco formas de vegetarianismo, classificadas como:

- › Vegetariano estrito: não consomem nenhum tipo de carne e derivados de animais, como: ovos, mel e gelatina; e também não adquirem produtos que contenham derivados de animais;
- › Lacto-vegetariano: come leite e seus derivados, mas não come carne e ovos;

› Ovovegetariano: come ovos, mas a alimentação não inclui carne e leite de qualquer espécie;

› Ovovegano: consome ovos e leite, mas não ingere sem carne de qualquer espécie;

› Veganos: assim como os vegetarianos estritos, não consomem nenhum tipo de carne, ovos, leite e quaisquer produtos que contenham derivados de animais e evitam quaisquer produtos associados à exploração animal, como roupas de couro, lã e seda e cosméticos testados em animais;

› Flexitariano: alimentação que propõe a redução do consumo de alimentos de origem animal priorizando os vegetais na rotina alimentar.

A Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB) é uma organização sem fins lucrativos que promove a alimentação vegana como uma escolha ética, saudável, sustentável e socialmente justa, responsável pela certificação de produtos veganos no Brasil e realiza uma análise rigorosa da cadeia produtiva. Esta organização fez um levantamento por meio do *Google Trends* e constatou que nos últimos anos o volume de buscas pelo termo vegano cresceu 1.000% no Brasil, o que gerou um aumento nas buscas e no interesse pelo tema que varia de 150% a 250% ao ano. De acordo com dados divulgados em seu site, retirados da Inteligência em Pesquisa e Consultoria Estratégica - Ipec em 2021, 32% das pessoas escolhem uma opção vegana quando essa informação é destacada pelo restaurante/estabelecimento. Com base nessas informações, as oportunidades neste nicho são perceptíveis, possibilitando o avanço em pesquisas e o aprimoramento das tecnologias empregadas nos alimentos para atender a este público potencial.

2.3 Merengue

O merengue é um famoso produto de confeitaria feito com ingredientes simples, como clara de ovo batida e açúcar, ocasionalmente com adição de ingredientes ácidos. As propriedades espumantes da clara de ovo são a base para a textura característica do merengue. A batida quebra as ligações de hidrogênio da proteína albumina na clara do ovo e cria uma espuma branca fina com ar aprisionado, enquanto o açúcar adicionado e substâncias ácidas estabilizam e fortalecem a espuma (Lekjing *et al.*, 2022).

Os açúcares adicionados no merengue desempenham um papel importante nas propriedades físico-químicas e organolépticas. O açúcar atua como estabilizador, ligando-se à água e dando ao merengue uma forma estável. A adição de açúcar é um ponto-chave na confecção da massa, pois reduz a formação de espuma no início e deve ser adicionado gradualmente após começar a espumar. O açúcar também estica o merengue e contém muitas bolhas de ar que tornam o merengue leve e aerado. O açúcar granulado refinado é frequentemente utilizado, mas é um carboidrato simples, sem benefícios para a saúde, embora possa melhorar a percepção do consumidor (Lekjing *et al.*, 2022).

O trabalho de Licciardello *et al.* (2012), visou avaliar, por meio de microtomografia de raio-X e testes mecânicos, os efeitos no tamanho, distribuição, porosidade e resistência à compressão do merengue com clara de ovo, ao serem adicionados diferentes teores de açúcar e de ácido cítrico. O resultado encontrado foi o de que a amostra com menor teor de açúcar, continha maior porcentagem de poros presentes. A amostra com o menor teor de açúcar não se opôs à resistência à compressão, ou seja, o merengue mostrou-se bastante macio. Já a amostra com maior teor de açúcar apresentou maior rigidez da estrutura e uma textura mais crocante.

2.4. Aquafaba

A palavra “aquafaba” é originária de duas palavras em latim, sendo “*aqua*” de água e “*faba*” de feijão. Pode ser conhecida também como “líquido pegajoso” entre a população, segundo Lekjing *et al.* (2022). Um músico vegano francês, Joël Roessel, testou um substituto caseiro de clara de ovo como ingrediente de uma receita francesa chamada “*île flottante*” (ilha flutuante, em português). Ele observou a capacidade de espuma do líquido restante de feijão vermelho cozido e palmito. Sua observação foi publicada em seu blog em revolutionvegetale.com em dezembro de 2014. Mais tarde, Roessel notou que adicionar amido de milho e goma guar ao líquido era necessário para estabilizar a espuma para fazer um merengue. Poucos meses após a observação de Roessel, dois *gourmets* franceses postaram um vídeo sobre usar espuma de água de cozimento de grão-de-bico para fazer um mousse de chocolate sem ovos. Este novo substituto caseiro de clara de ovo chamou a atenção da comunidade vegana; no entanto, a instabilidade da espuma foi um grande desafio

a ser resolvido (Mustafa *et. al*, 2018). Com a divulgação da aquafaba de grão-de-bico nas redes sociais, seu uso e estudo são os mais comuns a serem encontrados.

A produção de uma aquafaba é realizada a partir do cozimento de leguminosas e de filtração, separando-se o líquido do grão e esse líquido é a aquafaba. Conforme Mustafa *et. al* (2018), a aquafaba de grão-de-bico tem alto teor em de umidade (92 - 95 g/100 g) e a matéria seca é constituída de fibras solúveis e insolúveis (1,2 e 2,4 g/100 g, respectivamente). A razão para isso é que quando as leguminosas são cozidas, o amido dentro delas é transferido para a água e eventualmente se decompõe em amilose e amilopectina, além de proteínas e açúcares serem também transferidos para a água do cozimento. Ademais, a aquafaba é considerada um substituto do ovo em muitos alimentos devido às propriedades nutricionais e funcionais, como agente espumante, emulsionante, aglutinante e espessante (Mustafa *et al.*, 2018).

Vários estudos foram realizados para desenvolver alternativas aos ovos que possam substituí-los de forma parcial ou completamente em receitas, como: uso de aquafaba de grão-de-bico em formulação de bolos tradicionais (Aslan; Ertaş, 2020), uso de aquafaba de soja em pó para produção de *muffin* vegano (Kim; Shin, 2022) e uso de extrato de soja como substituto de ovos para produção de bolos (Hedayat; Tehrani, 2018).

Segundo estudos de Shim *et al.* (2021), as propriedades funcionais da aquafaba à base de grão-de-bico variam dependendo da composição da semente, tempo de maceração, temperatura, pressão, tempo de cozimento e genótipo. Em seu trabalho, esperava-se que o grão-de-bico de marcas disponíveis comercialmente pudesse ser preparado sob condições diferentes e que isso pudesse levar a diferenças na qualidade da aquafaba de grão-de-bico decorrentes de cada marca. O estudo concluiu que as possíveis variações nas condições de processamento podem resultar em qualidade, estabilidade e propriedades de formação de espuma inconsistentes e irreproduzíveis da aquafaba onde as condições de fabricação foram modificadas (Shim *et al.* 2021).

As leguminosas como grão-de-bico, lentilhas, ervilhas e soja são mais ricas em proteínas, fibras alimentares e minerais do que os grãos básicos mais comumente consumidos, como trigo, arroz e milho. Também são geralmente baixas

em gordura, com exceção da soja e amendoim. Sendo amplamente composta de globulinas e albuminas, a proteína das leguminosas é de alto valor biológico e é relativamente rica no aminoácido essencial lisina, tornando-a adequada para fortificação de alimentos à base de cereais que não têm lisina (Hedayat e Tehrani, 2018). São uma fonte rica de fitoquímicos bioativos, que são potencialmente benéficos para muitas doenças degenerativas oxidativas, incluindo doenças cardiovasculares e cânceres. Com a densidade calórica relativamente baixa, alto teor de fibras e baixa digestibilidade do amido de leguminosas, esses alimentos também seriam benéficos para prevenir problemas de saúde endêmicos e de rápido crescimento como colesterol alto no sangue, diabetes e obesidade (Baik; Han, 2012).

A soja é o grão com maior desenvolvimento na indústria alimentícia, em 2018, as exportações do agronegócio e do complexo agroindustrial da soja representaram 42,4% e 17,1%, respectivamente das exportações totais (Embrapa, 2019). Devido à sua utilização sustentável, alto valor nutricional, alto rendimento e baixo custo. Portanto, a soja é considerada uma fonte adequada de proteína vegetal para substituir a proteína animal, como os ovos. Tem sido amplamente utilizada como ingrediente em substitutos de carne, contém não apenas proteínas de alta qualidade, mas também é rica em ácido oleico e linoleico, que podem atenuar os efeitos de doenças vasculares (Shim *et al.* 2021).

2.5. Substituto do ovo

Os ovos são um dos ingredientes alimentares mais utilizados no mundo. São alimentos nutricionalmente completos de origem animal, sendo utilizados em diversos produtos de panificação devido às suas notáveis propriedades funcionais. Recentemente, no entanto, houve um aumento no interesse pela proteína vegetal como alternativa à proteína animal devido ao crescimento do mercado vegano (Kim; Shin, 2022).

O ovo de galinha (*Gallus domesticus*) é um material alimentar único. Ele constitui uma fonte rica em nutrientes valiosos, incluindo proteínas de valor biológico excepcional, fosfolipídios, ácidos graxos insaturados, minerais, carotenoides antioxidantes (por exemplo, luteína e zeaxantina) e vitaminas A, B, D, E e K. Além disso, ovos com níveis aumentados de vários constituintes de ovos nutricionalmente

importantes, como ácidos graxos ômega, vitamina E, entre outros, foram produzidos por meio de suplementação de ração (Kiosseoglou; Paraskevopoulou, 2014).

Segundo Kiosseoglou e Paraskevopoulou (2014), a diferença na funcionalidade entre a clara e a gema é a principal razão para incorporar a clara em produções onde a espuma é o objetivo, como o merengue, enquanto a gema encontra uso em produtos de dispersão O/A (oléo/água), como maionese e cremes para salada. Os ingredientes substitutos dos ovos permitem substituir ou reduzir o uso de ovos nos alimentos sem afetar o sabor e a aparência do produto final. Esses ingredientes encontram ampla aplicação em produtos como bolos (Aslan; Ertaş, 2020; Hedayat; Tehrani, 2018), *muffins* (Kim; Shin, 2022), maioneses, chocolates, cremes, sorvetes e biscoitos, entre outros.

Portanto, identificar e caracterizar substitutos de ovos e demonstrar sua funcionalidade em alimentos é um primeiro passo importante na introdução desse ingrediente no mercado (Mustafa *et. al*, 2018).

2.6. Fatores antinutricionais

Embora as leguminosas constituem uma das fontes mais ricas e menos dispendiosas de proteína nas dietas humanas/animais, sua utilização é limitada devido à presença de compostos antinutricionais/antifisiológicas, como fenólicos, taninos, tripsina, quimiotripsina e inibidores de amilase, lectinas, ácido fítico, alcaloides, cianeto de hidrogênio, aminoácidos não proteicos, saponinas e oligossacarídeos (Chau; Cheung, 2001; Sterner, 2022).

O teor de tanino das leguminosas varia de um alto valor de 2000 mg/100 g em favas a um baixo valor de 45 mg/100 g para a soja (Linier, 1994). Como observado pelo autor Linier (1994), aparentemente a soja contém baixo teor de taninos quando comparada à maioria das outras leguminosas. A maioria dos estudos sobre taninos foi conduzida em sorgo, fava, feijão-fradinho e outros feijões pertencentes a *Phaseolus*, e estes podem ou não ser aplicáveis ao nível de taninos encontrados na soja (Linier, 1994). O processamento térmico faz pouco para reduzir o conteúdo de tanino em alimentos vegetais, pois são estáveis ao calor. Como os taninos são concentrados principalmente no tegumento da semente, onde são positivamente correlacionados com a cor do tegumento, o descascamento preliminar constitui o método mais simples para sua remoção. A imersão em água ou em solução salina

antes do cozimento doméstico também causa uma redução significativa no teor de tanino, desde que o caldo de cozimento seja descartado (Linier, 1994).

O ácido fítico é amplamente distribuído em sementes de leguminosas e é responsável por cerca de 78% do fósforo total em grãos, o qual interage com proteínas, reduzindo sua solubilidade e disponibilidade. O ácido fítico também foi associado à inibição de enzimas digestivas, como protease, alfa-amilase e tripsina. O ácido fítico em alimentos de origem vegetal forma um complexo com minerais dietéticos, como cálcio, zinco, ferro e magnésio, e os torna biologicamente indisponíveis para absorção. A baixa absorção de minerais foi associada a uma alta ingestão de ácido fítico e fibra alimentar. Alguns dos efeitos deletérios dos fatores antinutricionais (incluindo ácido fítico) podem ser reduzidos pelo processamento (Chitra; Singh; Rao, 1996, tradução própria), como imersão por vários períodos em condições e temperaturas alteradas de pH (Sterner, 2022).

Os inibidores de tripsina em soja e produtos de soja têm sido os mais extensivamente estudados devido à sua importância na nutrição humana e animal. Os inibidores de protease na soja não contêm carboidratos e pertencem a duas famílias diferentes, chamadas Kunitz e Bowman-Birk. Os inibidores do tipo Kunitz têm uma massa molecular de aproximadamente 20 kDa, com duas pontes dissulfeto e agem especificamente contra a tripsina. Os inibidores do tipo Bowman-Birk têm uma massa molecular na faixa de 8 - 10 kDa, com sete pontes dissulfeto e inibem a tripsina e a quimotripsina simultaneamente em locais de ligação independentes (Lajoro; Genovese, 2002).

2.7. Análise fitoquímica - Fenólicos

Os compostos fenólicos representam o segundo grupo mais abundante de compostos orgânicos no reino vegetal, logo atrás da celulose, e mostram diferentes atividades na planta, como suporte estrutural e proteção contra radiação solar ultravioleta (UV), estresse biótico ou abiótico, patógenos, herbívoros, etc. Do ponto de vista dos consumidores, os compostos fenólicos fornecem proteção contra doenças crônicas não transmissíveis, não apenas por meio de sua atividade antioxidante, mas também regulando muitos processos celulares em diferentes níveis, incluindo inibição enzimática, modificação da expressão gênica, fosforilação de proteínas, etc. Além disso, eles também têm um impacto em atributos de

qualidade comumente aceitos em frutas e hortaliças, como amargor, cor e sabor. Foi descrito que diferentes tratamentos pré e pós-colheita podem induzir a síntese de compostos fenólicos e aumentar a vida útil de frutas e vegetais, pela ativação de seu sistema de defesa antioxidante (De la Rosa, *et al.*, 2019).

2.8. Atividade antioxidante

A transferência de elétrons é um dos processos químicos mais fundamentais para a sobrevivência das células, porém, a produção de radicais livres e outras espécies reativas de oxigênio (ERO) podem causar dano oxidativo (Alves *et al.*, 2010). Os EROs atacam as cadeias de ácidos graxos poliinsaturados dos fosfolípidios e do colesterol, abstraindo um hidrogênio do grupo metileno bis-alílico, iniciando assim o processo de peroxidação lipídica nas membranas celulares (Sousa *et al.*, 2007). Para combater os radicais livres, os seres vivos geram compostos que têm a capacidade de reparar ou evitar danos oxidativos, atuando como antioxidantes. Além disso, conforme observam Alves *et al.* (2010), é possível encontrar substâncias que conseguem neutralizar radicais livres em fontes externas, como alimentos e bebidas. Quando a quantidade de antioxidantes sintetizados pelo organismo não é suficiente para neutralizar os radicais livres que ele mesmo produz, ocorre um processo degenerativo relacionado ao fenômeno conhecido como estresse oxidativo.

Existem diversos métodos para avaliar a atividade antioxidante *in vitro* de substâncias biologicamente ativas, envolvendo desde ensaios químicos com substratos lipídicos a ensaios mais complexos utilizando as mais diversas técnicas instrumentais (Sanchez-Moreno, 2002). O efeito do sequestro de radicais é determinado não somente pela reatividade do antioxidante com o radical, mas também pela sua concentração. Embora muitos antioxidantes reajam rapidamente com o radical hidroxil, muitas moléculas biológicas, que são mais abundantes que os antioxidantes, reagem também rapidamente com esse radical. Por isso é praticamente impossível para algum antioxidante sequestrar o radical hidroxil efetivamente. Outro ponto importante é saber onde os radicais livres são produzidos, e se o antioxidante é capaz de alcançá-los (Alves *et al.*, 2010).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Produzir a aquafaba de soja para substituir a clara de ovo em suspiro para o público vegano.

3.2 Objetivos específicos

- Obter a aquafaba de soja por meio do cozimento da soja com e sem remolho, com diferentes concentrações;
- Caracterizar a aquafaba sob os aspectos físico-químicos e tecnológicos, por meio de densidade, umidade, °Brix, pH, acidez titulável, colorimetria e capacidade de espuma;
- Avaliar o teor de compostos antinutricionais (taninos, ácido fítico e inibidor de tripsina);
- Avaliar o teor de fenólicos e a capacidade antioxidante da aquafaba de soja;
- Produzir o suspiro vegano nas concentrações de aquafaba de soja analisadas e com diferentes concentrações de açúcar.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada a pesquisa experimental para o desenvolvimento do novo produto “suspiro vegano”, na Instituição Federal de Brasília - *campus* Gama.

Os testes físico-químicos, capacidade de espuma e análises de antioxidantes e antinutricionais foram realizados no Laboratório de Análise de Alimentos. Para a análise de colorimetria, foi realizado na Embrapa Hortaliças.

4.1 Insumo

Os insumos utilizados foram: grãos de soja comprados a granel em estabelecimento na Ceasa - DF. O equipamento de mensuração do grão foram duas balanças semi analíticas da marca Marte modelo Ad4200 e balança de bancada da marca Toledo Prix de 15 kg. Antes da mensuração, os grãos foram selecionados, separando os grãos ardidos e verdes para o descarte.

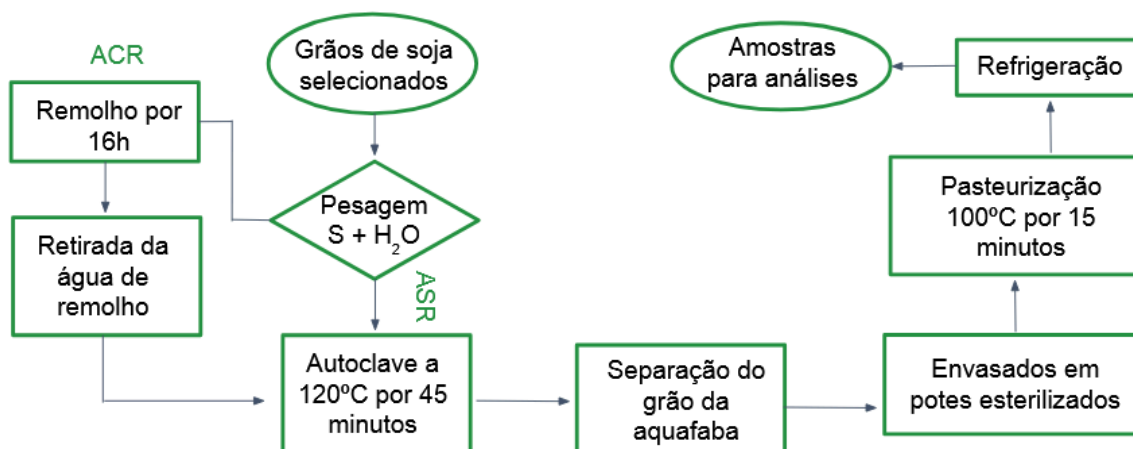
4.2. Obtenção das concentrações de aquafaba de soja

Foram produzidas sete aquafabas de soja com diferentes concentrações (g/mL), sendo elas: 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 e 0,6 sem remolho; 0,4, 0,5 e 0,6 com remolho. A seleção feita para a continuidade do experimento foi por meio do teste de capacidade de espuma e aquelas das quais mais estabilizaram foram utilizadas para os demais testes.

Os grãos de soja foram pesados previamente em balança analítica, colocadas em um recipiente com água filtrada, com as concentrações (g/mL): 0,4 (AQFB40) e 0,5 (AQFB50) sem remolho; e 0,4 (AQFB40 - CR) e 0,5 (AQFB50 - CR) com remolho, levadas a autoclave. As amostras com o remolho, antes da autoclavagem, passaram 16 horas em água filtrada, na proporção de 1:3, sendo esta água retirada e adicionando água filtrada novamente.

A autoclave vertical analógica Primatec foi utilizada por 45 minutos a temperatura de 120 °C. Após a autoclavagem, o líquido foi separado do grão por peneira, armazenado em potes de vidro de 50 mL previamente esterilizados, levando a pasteurização de 100 °C por 15 minutos e refrigerado para uso posterior em análises.

Figura 2 - Fluxograma da obtenção da aquafaba de soja com remolho (ACR) e sem remolho (ASR)



Fonte: própria autora.

4.3 Testes físico-químicos

As análises físico-químicas foram realizadas conforme as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para a umidade utilizou-se o método de secagem em estufa a 105 °C. Em um cadinho previamente tarado em uma estufa Solab a 105 °C por 1 hora, 4 g de amostras foram pesados e levados à estufa a 105 °C até o peso constante. O teste foi realizado em triplicata, o resultado foi obtido em g/mL.

Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados em triplicata por leitura direta em um refratômetro digital da marca EVEN e expresso em °Brix.

O valor de pH foi obtido por meio de imersão direta da amostra no eletrodo do pHmetro de bancada da Alfakit AT 355 e realizado em duplicata das concentrações da aquafaba de soja.

A densidade relativa foi obtida utilizando um picnômetro de 5 mL à temperatura de 25°C, realizado em unicata. O resultado foi obtido em g/mL.

A cor das amostras das aquafabas foram determinadas medindo os parâmetros L* (claridade/escurecimento), c* (saturação) e h (ângulo da tonalidade) por meio da leitura direta do colorímetro modelo CHROMA METER CR 400 da Konica Minolta.

4.4 Capacidade de espuma

O teste foi realizado com base em Karim e Chee Wai (1999) com modificações. Foi utilizado o mixer automático de mão da marca Sate A-P30, na velocidade 1, por 5 minutos para obtenção da espuma. Com auxílio de espátula, foi colocada a espuma obtida no funil com Perfex® de 4 cm em seu fundo, apoiando-se em uma proveta de 25 mL e anotando o valor de mL do líquido decantado por 10 minutos.

4.5 Análise de fenólicos totais e taninos

Foi realizada de acordo com o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, segundo a metodologia descrita por Makkar (2003). As amostras foram misturadas com solução de Folin-Ciocalteu 1 M e carbonato de sódio (Na_2CO_3) a 20%, sendo assim, para análise: 250 μL de amostra + 625 μL de Na_2CO_3 + 125 μL de Folin-Ciocalteu. Para o branco, utilizou-se 250 μL de água destilada.

A absorbância foi medida em espectrofotômetro KASVI UV-Visível 190-1100 nm com 725 nm após 40 minutos longe do abrigo da luz à temperatura ambiente. O conteúdo de fenóis totais foi determinado por interpolação da absorbância das amostras frente a uma curva de calibração preparada com ácido tânico (AT) (Anexo - Gráfico 1) e expresso como mg de equivalente de AT/mL de amostra (mg AT/mL).

Para fenólicos simples, utilizaram-se 100 mg de Polivinilpolipirrolidona (PVPP), 1 mL de água destilada e 1mL de amostra e levou-se a refrigeração por 15 minutos. Após, foi utilizado a centrífuga Solab SL - 709 por 50 minutos a 3500 rpm. Retirou-se o sobrenadante e seguiu-se o mesmo método anterior.

O conteúdo de taninos foi determinado por diferença entre as curvas de ácido tânico de fenólicos totais para fenólicos simples, obtidos por meio da regressão linear de uma curva analítica de cinco pontos, com absorbância das amostras frente a uma curva de calibração preparada com AT (Anexo A - Gráfico 1) e expresso como equivalente mg AT/mL de amostra.

4.6 Análise de atividade de inibição de tripsina

Foi determinado conforme o método por Kakade *et al.* (1974). O teor de inibidor de tripsina foi realizado utilizando-se o benzoil-DL-arginina-*p*-nitroanilida

(BAPNA) como substrato para a tripsina (Sigma®), efetuado em triplicata com 2 mL do extrato das amostras em quatro tubos de ensaio, sendo um tubo para o branco e 2 mL de água destilada para o padrão de tripsina. Em cada tubo, previamente acondicionado em banho maria digital (SolidStreet modelo SSD - 5L) a 37 °C, adicionaram-se 2 mL da solução de tripsina (0,02 mg/mL de ácido clorídrico (HCl) 0,001 mol/L), com exceção do branco. Após 10 minutos, adicionaram-se 5 mL de BAPNA 0,4 mg/mL de tampão Trisma pH 8,2 (cloreto de cálcio dihidratado (CaCl₂-H₂O) a 2,95 mg/mL) previamente aquecido a 37 °C, em espera de 10 minutos. Após esse minuto, a reação foi interrompida com 1 mL de ácido acético (CH₃COOH) 30% (v/v), em todos os tubos. Para o branco, foram adicionados 2 mL da solução de tripsina.

Os tubos foram levados à centrifugação e o sobrenadante foi utilizado para a leitura da absorbância em 410 nm no espectrofotômetro para a determinação da atividade de inibição de tripsina. Os resultados foram expressos em uma unidade de inibidor de tripsina (UIT) definida arbitrariamente como o aumento de 0,01 unidades de absorbância sendo UIT/g de amostra.

4.7 Análise de ácido fítico

Realizado conforme Darambazar (2018), onde foram pipetados 3 mL da amostra em microtubo de 5 mL, com adição de 1 mL do reagente de Wede (300 mg de ácido sulfato salicílico (C₉H₈O₄) + 30 mg de cloridrato de ferro (FeCl₃) em 100 mL de água destilada), acondicionado em geladeira por três minutos, passado o tempo, levado à centrifugação por 10 minutos. Para a leitura no espectrofotômetro, foi pipetado 1 mL da reação na cubeta e lido a 500 nm.

O teor de ácido fítico (AF) foi determinado por meio da regressão linear de uma curva analítica de cinco pontos, com absorbância das amostras frente a uma curva de calibração preparada com ácido fítico (Anexo A - Gráfico 2) e expresso como equivalente mg AF/mL de amostra.

4.8 Análise da determinação da atividade antioxidante pelo método de sequestro do radical DPPH

A análise pelo método de DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil) foi realizada de acordo com Brand-Williams; Cuvelier e Berset (1995) com algumas modificações. A

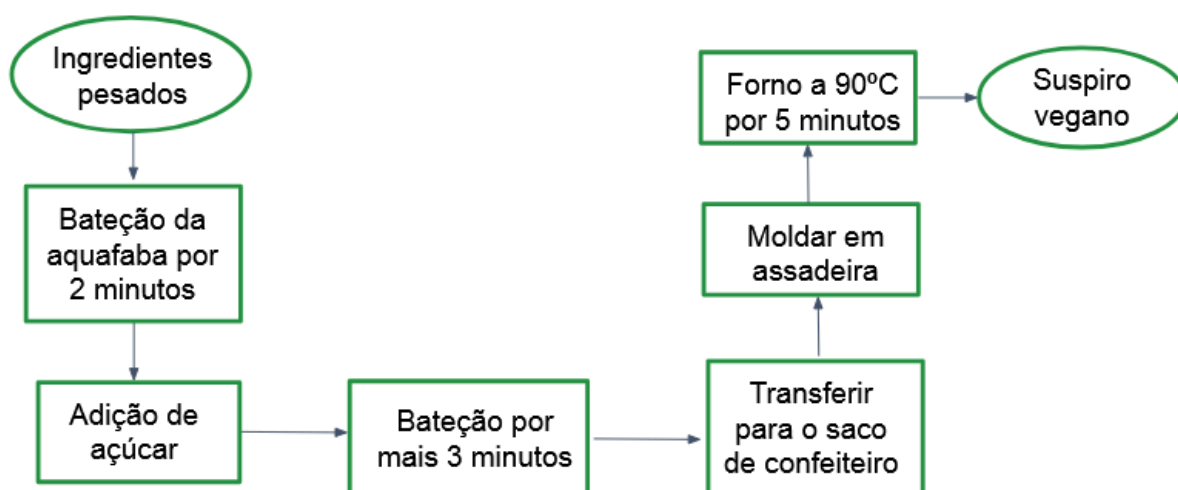
mistura foi composta pela adição de 975 µL de solução etanólica de DPPH (2,4 mg de DPPH + 100 mL de álcool metílico (CH₃OH)) e 25 µL de extrato da amostra, deixando a reação em ausência de luz por 1 hora. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 515 nm até a absorbância manter-se constante em triplicata. Os resultados foram calculados a partir de uma curva analítica de seis pontos e expresso em EC50 (concentração necessária para obter um efeito antioxidante de 50%).

4.9 Produção do suspiro vegano

Foi realizado na Unidade de Processamento de Frutas e Hortaliças do Instituto Federal de Brasília, *campus* Gama. Foi utilizado o mixer automático de mão da marca Sate A-P30, na velocidade 1, para obtenção da espuma com 10 mL das aquafabas, adicionando açúcar cristal refinado. Com auxílio de espátula, foi colocada a espuma obtida em saco de confeiteiro e moldados em assadeira de metal forrada com papel manteiga, assados no forno elétrico, da marca Layr de modelo Fast 1.75, por 5 minutos entre 87 °C - 107 °C, monitorado pelo termômetro culinário digital para forno da marca Incoterm.

No processamento dos suspiros veganos, foi padronizado o tempo de batimento no mixer por 6 minutos, sendo destes, 2 minutos para adição de açúcar e moldados no comprimento de 2,2 cm em assadeira de metal. Para adição de açúcar, foram produzidos os suspiros: sem açúcar, 1 g e 2 g com a finalidade de observar a estruturação da espuma no assamento com açúcar.

Figura 3 - Fluxograma da produção do suspiro vegano



Fonte: própria autora.

4.10 Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos como média seguida do desvio padrão. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e para comparações entre as médias foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,05$) por meio do software Minitab 22.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Resultados das análises físico-químicas

A avaliação do pH ácido nas concentrações de aquafaba, tanto com remolho quanto sem, não mostrou diferença significativa entre elas, conforme apresentado na Tabela 1. No caso da aquafaba, o pH pode influenciar a estabilidade das proteínas, a solubilidade de alguns compostos e até mesmo a percepção de sabor.

Tabela 1: pH e acidez titulável

Amostra	pH	Acidez titulável %
AQFB40	5,83 ± 0,12a	4,8 ± 0,0a
AQFB40 - CR	5,95 ± 0,07a	3,2 ± 0,55ab
AQFB50	5,96 ± 0,01a	4,16 ± 0,11ab
AQFB50 - CR	6,03 ± 0,08a	2,89 ± 0,0b

Legenda: Os resultados estão expressos como média ± desvio padrão dos ensaios realizados em triplicata. As médias com letras em comum indicam que não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) para o teste de Tukey. Fonte: Elaborado pela autora.

O índice de acidez em grãos de soja pode ser influenciado por fatores como ataque de insetos, maturidade fisiológica dos grãos na colheita, danos mecânicos, condições de armazenagem, ação enzimática e qualidade dos grãos, logo a avaliação do teor de acidez e da qualidade do óleo são fundamentais para o estabelecimento de boas práticas de colheita, pré-processamento, armazenagem e transporte dos grãos (Oliveira *et al.*, 2018). Nas aquafabas, o teor de acidez titulável foi maior que 2%, acreditando-se que o fator da qualidade do grão tenha interferido no aumento do teor, sendo que, de acordo com a Embrapa Soja (2019), o índice tolerado pela indústria de grãos é de 0,70%. O armazenamento em ambiente não controlado do grão de soja pode ter interferido no alto valor da acidez titulável. Há de se suspeitar que o processamento térmico do grão para a produção da aquafaba de soja tenha liberado nutrientes do grão para a água do cozimento e, aquelas

amostras que tiveram o processo de remolho, a porcentagem de acidez foi menor, como mostrado na AQFB50 - CR.

O parâmetro de umidade (Figura 4) e °Brix apresentou valores próximos entre si, conforme mostrado na Tabela 2. Isso ocorre porque o °Brix é medido nas amostras em seu meio líquido, enquanto a matéria seca é retirada da umidade, quantifica substâncias dissolvidas em uma solução líquida, como açúcares, ácidos e outros compostos solúveis. Ao comparar as aquafabas, as que não passaram por remolho apresentaram valores maiores. Isso pode ser devido ao fato de que, com o processo de lixiviação, ocorre a remoção de nutrientes, uma vez que parte da substância solúvel em água e compostos antinutricionais termolábeis são degradados. No entanto, outros compostos, como oligossacarídeos, fenólicos e saponinas, são lixiviados na água de remolho e de cozimento (Mustafa *et al.*, 2018), o que pode levar à redução dos valores de °Brix e matéria seca nas aquafabas submetidas ao remolho.

Tabela 2: °Brix e matéria seca

Amostra	°Brix	Matéria seca (g/mL)
AQFB50	13,7 ± 0,0a	0,53 ± 0,0a
AQFB40	11,6 ± 0,52b	0,45 ± 0,0b
AQFB50 - CR	8,1 ± 0,17c	0,29 ± 0,1c
AQFB40 - CR	6,9 ± 0,03d	0,03 ± 0,1d

Legenda: Os resultados estão expressos como média ± desvio padrão dos ensaios realizados em triplicata. As médias com letras em comum indicam que não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) para o teste de Tukey. Fonte: Elaborado pela autora.

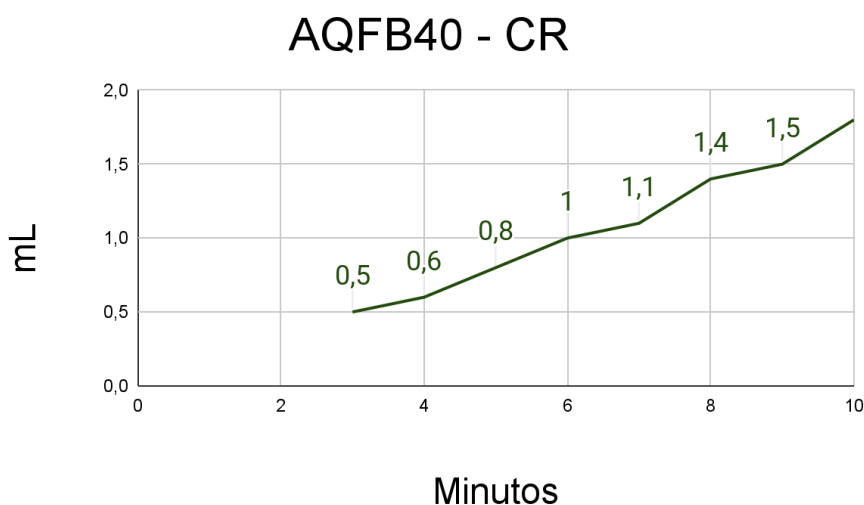
Figura 4 - Amostras de aquafabas após a estufa



Fonte: própria autora.

Os valores menores de °Brix e matéria seca afetam diretamente na estabilidade de espuma, como ilustrado no Gráfico 1, onde ocorre desestabilização na espuma com o tempo. Nas demais concentrações, não houve quantificação para geração de gráfico, logo demonstra que sua estabilidade de espuma é possível de ser aceitável. Como as aquafabas AQFB40 - CR (Figura 5) e AQFB50 - CR formaram líquido durante o tempo, mesmo que a AQFB50 - CR coletou 0,5 mL em 10 minutos, pode-se supor que a ausência de alguns compostos, como saponinas e outros polissacarídeos foram lixiviados na água durante o remolho, e com isso, a capacidade de formar uma espuma densa e estável reduziu-se. Nas aquafabas sem remolho, esses compostos permanecem em maior quantidade, contribuindo para uma espuma mais robusta.

Gráfico 1: Estabilidade de espuma mL/minuto



Fonte: Elaborado pela autora.

Para evitar a sedimentação como ocorreu na AQFB40 - CR, pode-se utilizar algumas misturas de polissacarídeos, como exemplificado por Fennema, Damodaran e Parkin (2010), soluções de goma xantana e goma locusta, mesmo estando muito diluídas, podem exibir tensão inicial de cisalhamento pequena. Essa tensão pode prevenir a sedimentação de qualquer partícula presente.

Figura 5 - AQFB40 - CR no teste de capacidade de espuma



Fonte: própria autora.

A estabilidade da espuma depende da quantidade e da qualidade das proteínas, assim como de outros compostos que podem ajudar a formar uma rede capaz de aprisionar as bolhas de ar. De acordo com Fennema, Damodaran e Parkin (2010), as proteínas devem ser capazes de se adsorver rapidamente à interface ar-água, desdobrar-se prontamente e se rearranjar na interface, além de formar uma película coesiva e viscosa por meio de interações intermoleculares. No presente estudo, as aquafabas sem remolho mantêm uma maior quantidade desses compostos, o que favorece a estabilidade da espuma. Como a estabilidade da espuma é afetada pela concentração e solubilidade da proteína, uma análise específica para esta propriedade é necessária para a complementação da discussão.

As densidades das amostras de aquafaba com remolho e sem remolho foram 1,01 g/mL para AQFB40 - CR e 1,02 g/mL para AQFB50 - CR; 1,08 g/mL para AQFB40 e 1,07 g/mL para AQFB50. Pode-se observar que há pequenas diferenças entre as densidades, sendo as amostras sem remolho mais densas que as com remolho.

Na análise de cor, a amostra AQFB50 foi a que teve o valor alto de saturação, conhecido como “ c^* ”, (Tabela 3) pela sua concentração de grãos de soja em água,

formando gel. Quando uma solução de proteínas globulares é aquecida acima de sua temperatura de desnaturação, pode-se formar um gel, caso a concentração de proteína esteja acima de um valor crítico. Em geral, esses géis são irreversíveis, sendo que sua firmeza aumenta consideravelmente com o resfriamento (Fennema, Damodaran e Parkin, 2010).

Tabela 3: Resultados para colorimetria

Amostra	L*	C*	h
AQFB40	17,60 ± 0,46a	1,69 ± 0,22b	93,84 ± 3,20a
AQFB40 - CR	12,58 ± 0,14c	3,21 ± 0,11c	84,93 ± 0,25b
AQFB50	4,99 ± 0,12d	6,21 ± 0,12a	72,28 ± 1,35d
AQFB50 - CR	13,78 ± 0,12b	3,49 ± 0,05b	77,87 ± 1,35c

Legenda: Os resultados estão expressos como média ± desvio padrão dos ensaios realizados em triplicata. As médias com letras em comum indicam que não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) para o teste de Tukey. Fonte: Elaborado pela autora.

Para padronizar a qualidade da aquafaba, diferentes parâmetros devem ser controlados, como cultivar da soja, água para proporção de sementes, pH, temperatura, tempo de imersão, tratamento térmico úmido e processamentos auxiliares (como, por exemplo, adição de aditivos).

5.2. Resultados das análises fitoquímicas, antinutricionais e antioxidante

Os resultados obtidos para as análises fitoquímicas, representados na Tabela 4, evidenciaram um maior teor de fenólicos totais, simples e taninos encontrados na soja em relação às aquafabas, pois a exposição da soja em água e depois à temperatura de esterilização, causam a diminuição de fenólicos.

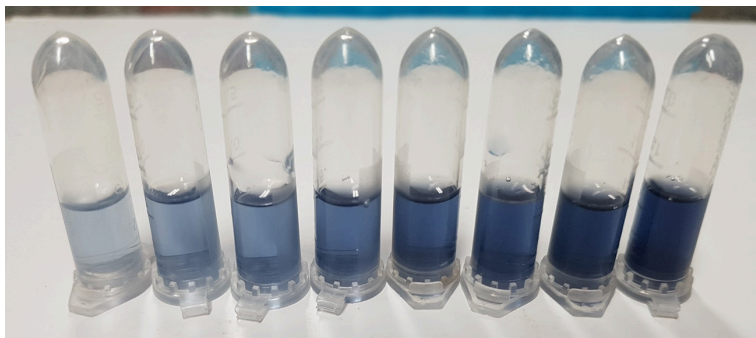
Tabela 4: Resultados para as análises fitoquímicas

Amostra	Fenólicos totais (mg EAT/mL)	Fenólicos simples (mg EAT/mL)	Taninos (mg EAT/mL)
SOJA	3625,7 ± 39a	1453,03 ± 8,95a	2172,6 ± 44,4a
AQFB40	672,76 ± 2,72b	252,02 ± 5,62d	420,74 ± 4,9b
AQFB40 - CR	289,58 ± 0,59d	177,397 ± 0,14e	112,187 ± 0,73e
AQFB50	595,53 ± 3,42c	332,812 ± 0,6b	262,72 ± 3,66c
AQFB50 - CR	577,49 ± 0,44c	271,887 ± 0,05c	305,712 ± 0,42c

Legenda: Os resultados estão expressos como média ± desvio padrão dos ensaios realizados em triplicata. As médias com letras em comum indicam que não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) para o teste de Tukey. Fonte: Elaborado pela autora.

As amostras AQFB40 e AQFB50 nesta análise divergem sobre a hipótese de que na amostra AQFB50 teria mais fenólicos totais, pois a quantidade de concentração de grão de soja na produção da amostra foi maior que na AQFB40. Suspeita-se de que os grãos de soja que estavam com rasgo no tegumento podem ser frequentes na AQFB40 e com isso, facilitou a liberação dos fenólicos dos grãos para a água do cozimento. No estudo de Pieper *et al.* (2023), foi avaliada a hidratação do grão de soja com e sem rasgo no tegumento e observou-se que os grãos de tegumento sem rasgo apresentaram velocidade de hidratação mais lenta, diminuindo os riscos de dano aos tecidos internos e pode-se concluir que o rasgo no tegumento afeta a velocidade absorção de água pela grão podendo ocasionar danos por embebição. Complementado por Liener (1994), a imersão em água ou em solução salina antes do cozimento doméstico também causa uma redução significativa no teor de taninos, desde que a água da imersão seja descartada.

Figura 6 - Amostra de aquafaba em diferentes diluições na análise de fenólicos



Fonte: própria autora.

No geral, a quantidade de fenólicos na soja depende de vários fatores, incluindo genética, condições ambientais, tempo e temperatura de processamento, pH e força iônica. Os compostos antinutricionais não proteicos são geralmente lábeis ao calor. Eles sofrem diferentes graus de redução dependendo da sua estrutura, bem como tempo e temperatura de processamento. Por exemplo, o descascamento reduz o consumo de compostos fenólicos e taninos, durante o cozimento (Mustafa *et. al*, 2018).

Porém, a presença de compostos fenólicos contribui em amplas atividades químicas e biológicas, que segundo Mustafa *et. al* (2018), atuam como antioxidantes, antifúngicos e antibacterianos. A soja contém também vários compostos com atividade biológica, sendo um dos principais as isoflavonas, que atuam na diminuição de riscos de alguns tipos de câncer, previnem a osteoporose, amenizam sintomas do climatério e tratam a acne juvenil (Benassi e Mandarino, 2004).

O teor de ácido fítico da amostra de soja foi maior do que as amostras de aquafabas, porém, os valores não obtiveram diferenças significativas. Entre as amostras de aquafabas, há de observar que houve diminuição de miligramas de ácido fítico. Para reduzir ainda mais o teor de ácido fítico, Liener (1994) sugere controlar rigorosamente o pH, concentração de sal e a temperatura da extração.

Tabela 5: Resultados para as análises antinutricionais

Amostra	Ácido fítico (mg EAF/g)	Inibição de Tripsina (UIT/mg)
SOJA	2,52 ± 0,06a	118,7 ± 11,1a
AQFB40	2,20 ± 1,28a	104,33 ± 13,38ab
AQFB40 - CR	1,97 ± 0,23a	77,3 ± 13,97bc
AQFB50	2,82 ± 0,77a	109,2 ± 14,87ab
AQFB50 - CR	2,62 ± 0,17a	61,43 ± 15,75c

Legenda: Os resultados estão expressos como média ± desvio padrão dos ensaios realizados em triplicata. As médias com letras em comum indicam que não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) para o teste de Tukey. Fonte: Elaborado pela autora.

A atividade inibidora de tripsina do grão de soja foi maior que as amostras de aquafaba, e entre elas, as com remolho obtiveram menores valores de UIT/mg (Tabela 5). O cozimento por autoclavagem e o processo de remolho diminuíram significativamente a atividade inibidora de tripsina.

A desnaturação térmica melhora acentuadamente a digestibilidade das proteínas das leguminosas, o que resulta da inativação de inibidores de tripsina em soja, melhorando a digestão de proteínas parcialmente desnaturadas do que as naturais. Segundo Liener (1994), o método de torrefação é mais comumente empregado para inativar os inibidores de tripsina, porém outros modos de tratamento térmico provaram ser igualmente eficazes, dos quais inclui em a fervura de soja em água, aquecimento dielétrico, irradiação de microondas, cozimento por extrusão, irradiação gama e radiação infravermelha, infusão direta de vapor no leite de soja ou a fervura por imersão dos grãos antes da extração também inativam os inibidores de tripsina.

Em geral, a diminuição nos níveis desses antinutrientes durante o tratamento térmico pode ser devido à degradação térmica e desnaturação dos antinutrientes, bem como à formação de complexos insolúveis, tal como as amostras com remolho diminuindo ainda mais os níveis de antinutrientes por parcialmente atribuir ao efeito de lixiviação. Esses fatores antinutricionais não ocasionam problemas nas leguminosas processadas por cozimento doméstico ou industrial quando as

condições de aquecimento são adequadas para inativá-los (Fennema, Damodaran e Parkin, 2010).

Para a capacidade antioxidante pelo método de DPPH, o valor obtido pelo grão de soja difere das amostras de aquafaba, visualizadas na Tabela 6. Pode-se observar que nas aquafabas a capacidade antioxidante obtiveram valores baixos, significando que a concentração necessária para inibir 50% do DPPH é menor que 0,31mg/mL, da qual o menor valor de EC50, maior a capacidade antioxidante.

Tabela 6: Capacidade antioxidante - DPPH

Amostra	EC50
SOJA	41,38 ± 0,64a
AQFB40	0,22 ± 0,0b
AQFB40 - CR	0,22 ± 0,0b
AQFB50	0,31 ± 0,0b
AQFB50 - CR	0,31 ± 0,0b

Legenda: Os resultados estão expressos como média ± desvio padrão dos ensaios realizados em triplicata. As médias com letras em comum indicam que não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) para o teste de Tukey. Fonte: Elaborado pela autora.

5.3. Produção do suspiro vegano

Utilizando a AQFB40 sem açúcar, observou-se que a espuma ficou estável na moldagem na assadeira, porém no forno elétrico em 3 minutos, a forma moldada mudou e as bolhas de ar da espuma ficaram maiores, deixando o interior oco e cru, a coloração deixou de ser branca para amarelada sofrida pela reação de Maillard (Anexo B - Figura 1). O mesmo ocorreu na AQFB40 com 1 g de açúcar (Anexo B - Figura 2), porém com o acréscimo do açúcar, a espuma ficou brilhante, mais densa e com cor branca, o mesmo aconteceu com a adição de 2g (Anexo B - Figura 3). Após sair do forno elétrico, os suspiros produzidos murcharam, a crosta mudou de cor para tostado e seu interior ficou cru. O forno elétrico não estabilizou a temperatura interior, oscilando entre 87°C e 107 °C. A fim de amenizar este empecilho, a porta do forno ficou entreaberta.

Para a AQFB50 sem açúcar, ao sair do forno (Figura 7), esta manteve sua forma estrutural, não murchando, como os outros suspiros feitos de AQFB40, AQFB40 - CR, AQFB50 - CR. Com acréscimo de 2 g, o suspiro feito com AQFB50 também manteve a forma estrutural (Anexo B - Figura 4).

Figura 7 - AQFB50 sem açúcar depois de assada



Fonte: própria autora.

A adição de açúcar na proporção de aquafaba foi de 1:10 (1 g de açúcar/10 mL de aquafaba de soja). Foi relatado em uma pequena degustação entre os membros da pesquisa que esta proporção fez com que o suspiro ficasse com o gosto doce, mesmo que o sabor da aquafaba de soja estivesse sobressaído. Além disso, foi notado um gosto “levemente ácido”, visivelmente pelo pH mostrado pela Tabela 1. Diante desta análise, sugere-se mais testes utilizando a amostra AQFB50, pois seu resultado mostrou-se satisfatório no ponto de manter a estrutura da espuma, sendo que este é um fator importante para produção do suspiro.

6. CONCLUSÃO

A aquafaba é amplamente usada pela comunidade vegana e outras como um substituto de ovos e leite. A pesquisa de desenvolvimento de novos produtos a partir deste ingrediente inovador faz com que amplie a oportunidade de ingerir leguminosas na alimentação, principalmente da soja, que é uma oleaginosa consolidada no Brasil.

A aquafaba de soja mostrou ter potencial para ser um aditivo espumante e emulsificante de forma emergente na tendência para o público vegetariano e vegano, como demonstrado nas análises realizadas.

As diferenças do tratamento de remolho e sem remolho demonstraram-se significativas nas análises realizadas neste trabalho, como o aumento de sólidos totais e sólidos solúveis totais nas aquafabas AQFB40 (0,45g - 11,6 °Brix) e AQFB50 (0,53g - 13,7 °Brix), respectivamente; na capacidade e estabilidade de espuma, o remolho interferiu pouco (AQFB40 - CR decantou 1,5 mL e AQFB50 decantou 0,5 mL em 10 minutos), em comparação às aquafadas sem remolho.

Na avaliação dos compostos antinutricionais, as aquafabas sem remolho, em comparação com as com remolho, foram as que apresentaram valores maiores em seus respectivos teores. Demonstrando que o tratamento de remolho é necessário para diminuir a quantidade dos antinutricionais, junto com o tratamento térmico.

No entanto, há pouca informação disponível sobre as características da aquafaba de soja em termos de composição centesimal, estabilidade e segurança. Uma pesquisa mais completa sobre as condições de extração e processamento da aquafaba de soja é crucial para orientar a inovação deste produto.

Após a realização do estudo ficou evidente a capacidade de utilização da aquafaba de soja para a produção de suspiro vegano e abrindo oportunidade para diversas aplicações, e que os fatores antinutricionais, que são importantes para a decisão da utilização da soja, são diminuídos pela lixiviação da água de remolho e o uso da autoclavagem.

REFERÊNCIAS

- Aslan, M. & Ertaş, N. **Possibility of using 'chickpea aquafaba' as egg replacer in traditional cake formulation.** (2020). *Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1), 1-8. Disponível em: [10.29050/harranziraat.569397](https://doi.org/10.29050/harranziraat.569397). Acesso em: 30 set. 2022.
- Associação Vegetariana Brasileira. **Vegetarianismo.** Disponível em: <https://www.svb.org.br/vegetarianismo1/o-que-e>. Acesso em: 29 set. 2022.
- Association of Official Analytical Chemists (A. O. A. C.) **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 16. Ed. Washington: A. O. A. C , 1997. 850p.
- Alves, C. Q., David, J. M., David, J. P., Bahia, M. V., & Aguiar, R. M. (2010). **Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos.** *Química Nova*, 33, 2202-2210. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010001000033> Acesso em: 23 jan. 2025.
- Baik, B. K., and Han, I. H. (2012). **Cooking, roasting, and fermentation of chickpeas, lentils, peas, and soybeans for fortification of leavened bread.** *Cereal Chemistry*, 89(6), 269-275. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-12-0047-R>. Acesso em: 30 set. 2022.
- Benassi, V. de T.; Mandarino, J. M. G. (2004). **Receitas práticas com soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2004.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C.L.W.T. (1995) **Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity.** *LWT-Food Science and Technology*, 28, 25-30. [http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5) Acesso em: 21 jan. 2025.
- Chau, C.-F., and Cheung, P. C.-K. 1997. **Effect of various processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch of two Chinese indigenous bean seeds.** *J. Agric. Food Chem.* doi:10.1021/JF970504P Acesso em: 11 set. 2024.
- Chitra, U., Singh, U., & Venkateswara Rao, P. (1996). **Phytic acid, in vitro protein digestibility, dietary fiber, and minerals of pulses as influenced by processing methods.** *Plant Foods for Human Nutrition*, 49(4), 307–316. doi:10.1007/bf01091980 Acesso em: 11 set. 2024.
- Darambazar, E. (2018). **Method of Phytic Acid Determination in Food, Feed, and Plant Materials.** Assay Protocol. Pp. 4. Canada: University of Saskatchewan
- De la Rosa, L. A., Moreno-Escamilla, J. O., Rodrigo-García, J., & Alvarez-Parrilla, E. (2019). **Phenolic Compounds.** *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, 253–271. doi:10.1016/b978-0-12-813278-4.00 Acesso em: 11 set. 2024.

Embrapa (Londrina) (org.). **Diagnóstico da Produção de Soja na Macrorregião Sojícola 1**. Londrina: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212422/1/DOC-423.pdf>. Acesso em: 27 set. 2022.

Embrapa (Londrina) (org.). **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil - safra 2017/18**. Londrina: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1118960/qualidade-de-sementes-e-graos-comerciais-de-soja-no-brasil---safra-201718> Acesso em: 01 fev. 2025.

Embrapa (Londrina) (org.). **Soja em números (safra 2022/23)**. Jun. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 14 fev. 2025.

Fennema, O. R.; Damodaran, S.; Parkin, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. Editora Artmed, 4ª Edição, 2010

Hedayati, S., and Mazaheri Tehrani, M. (2018). **Effect of total replacement of egg by soymilk and lecithin on physical properties of batter and cake**. Food Science & Nutrition, 6(4), 1154-1161. <https://doi.org/10.1002/fsn3.656>. Acesso em: 30 set. 2022.

Kakade, M. L., Rackis, J. J., McGhee, J. E., & Puski, G. (1974) **Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure**. Cereal Chemistry, 51: 376–382.

Karim A. A.; Wai C. C. **Foam-mat drying of starfruit (Averrhoa carambola L.) purée**. Stability and air drying characteristics. Food Chemistry, v. 64. p. 337-343. 1999.

Kim, Yoon-Ha; Shin, Weon-Sun. **Evaluation of the Physicochemical and Functional Properties of Aquasoya (Glycine max Merr.) Powder for Vegan Muffin Preparation**. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods11040591>. Acesso em: 29 set. 2022.

Kiosseoglou, V., and Paraskevopoulou, A. (2014). **Eggs**. Bakery Products Science and Technology, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 243-258. <https://doi.org/10.1002/9781118792001.ch13>. Acesso em: 30 set. 2022.

Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2002). **Nutritional Significance of Lectins and Enzyme Inhibitors from Legumes**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(22), 6592–6598. doi:10.1021/jf020191k

Lekjing, Somwang; Keawpeng, Ittiporn; Venkatachalam, Karthikeyan; Karrila, Seppo. **Impact of Different Sugar Types and Their Concentrations on Salted Duck Egg White Based Meringues**. (2022). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods11091248>. Acesso em: 06 de out. 2022.

Licciardello, Fabio *et al.* **Effect of sugar, citric acid and egg white type on the microstructural and mechanical properties of meringues.** (2012). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.08.021> Acesso em: 06 de out. 2022.

Liener, I. E. (1994). **Implications of antinutritional components in soybean foods.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 34(1), 31–67. doi:10.1080/10408399409527649 Acesso em: 17 set. 2024.

Mustafa, R., He, Y., Shim, Y. Y., and Reaney, M. J. (2018). **Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake.** International Journal of Food Science & Technology, 53(10), 2247-2255. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13813>. Acesso em: 30 set. 2022.

Oliveira, M.A.; Lorini, I.; Mandarino, J.M.G.; Benassi, V.T.; França-Neto, J.B.; Henning, A.A.; Krzyzanowski, F.C.; Henning, F.A.; Hirakuri, M.H.; Leite, R.S. (2018). **Índice de acidez titulável dos grãos de soja colhidos nas safras 2014/2015, 2015/2016, 2016/17 e 2017/2018 no Brasil.** Londrina: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1111381/1/221.pdf> Acesso em: 01 fev. 2025.

Pieper, M. S.; Posser, G. F.; Franco, M. S.; Bruinsma, M.; Villela, F. A.; Meneghello, G. E. **Hidratação de Sementes de Soja com e sem Rasgo no Tegumento.** Reunião de Pesquisa de Soja, 38., 2023, Londrina.

Ribeiro, U.L. **A ascensão do consumo ético de produtos vegetarianos e veganos no mercado brasileiro.** Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, 2019.

Sanchez-Moreno, C. (2002) **Review: Methods Used to Evaluate the Free Radical Scavenging Activity in Food and Biological Systems.** International Journal Of Food Science and Technology, 3, 121-137. <https://doi.org/10.1177/1082013202008003770> Acesso em: 23 jan. 2025.

Sousa, C. M. D. M., Silva, H. R., Ayres, M. C. C., Costa, C. L. S. D., Araújo, D. S., Cavalcante, L. C. D., ... & Chaves, M. H. (2007). **Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais.** Química nova, 30, 351-355.

Sterner, Rebecka, 2022. **Phytic acid in faba bean: the effect of pH, soaking time and heat-treatment to reduce the phytic acid content offaba bean.** Second cycle, A2E. Uppsala: SLU, Department of Molecular Sciences Disponível em: <https://stud.epsilon.slu.se/18326/> Acessado em: 17 set. 2024.

Shim, Youn Young *et al.* **Aquafaba from Korean Soybean I: A Functional Vegan Food Additive.** (2021). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10102433> Acesso em: 04 out. 2022.

Silva, Fernanda Nascimento da; Oliveira, Thais Odete de; Assumpção, Giovana Maria Pereira. Avaliação da aceitação sensorial de biscoito tipo amanteigado isento de glúten com farinha de talos e folhas de cenoura. **Brazilian Journal Development.** Curitiba, p. 00-09. dez. 2020.

Silva, Felipe *et al* (org.). **Soja**: do plantio à colheita. São Paulo: Oficina de Textos, 2022. 2 p.

Sociedade Vegetariana Brasileira. (2019). **Mercado vegano**. Disponível em: <<https://opcaovegana.svb.org.br/index.php>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ANEXO A

Gráfico 1 - Curva de calibração com ácido tânico para as análises de fenólicos totais, simples e taninos (Absorbância versus concentração)

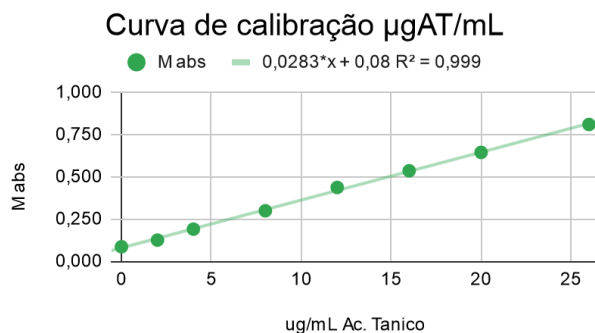
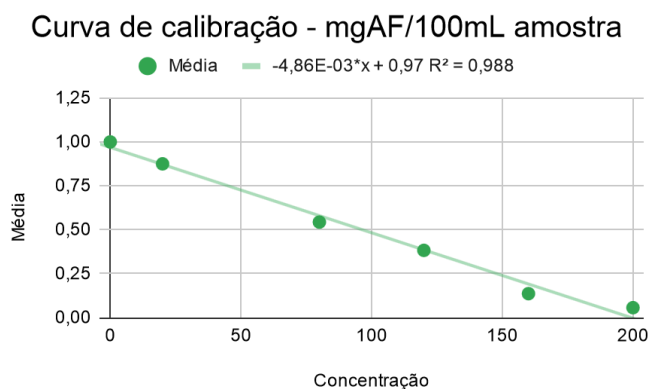


Gráfico 2 - Curva de calibração com ácido fítico para análise do teor de ácido fítico (Absorbância versus concentração)



ANEXO B

Figura 8. Suspiro vegano com e sem açúcar após assamento com aquafaba sem remolho em diferentes concentrações

Suspiro com AQFB40 sem açúcar



Suspiro com AQFB40 com 1g de açúcar



Suspiro com AQFB40 com 2g de açúcar



Suspiro com AQFB50 sem açúcar



Suspiro com AQFB50 com 2g de açúcar



Figura 9 - Suspiro com AQFB40 com remolho sem açúcar após assamento

