



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de São José do Rio Preto

Ana Cecília Carnelossi

**Propriedades físicas, químicas e aplicação da espuma de *aquafaba*
de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) como substituta da clara em neve
em preparações culinárias**

São José do Rio Preto
2021

Ana Cecília Carnelossi

Propriedades físicas, químicas e aplicação da espuma de *aquafaba* de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) como substituta da clara em neve em preparações culinárias

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência dos Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a Natália Soares Janzantti

São José do Rio Preto
2021

C289p

Carnelossi, Ana Cecília

Propriedades físicas, químicas e aplicação da espuma de aquafaba de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) como substituta da clara em neve em preparações culinárias / Ana Cecília Carnelossi. -- São José do Rio Preto, 2021

64 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Natalia Soares Janzantti

1. *Cicer arietinum*. 2. Aquafaba. 3. Espuma. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Ana Cecília Carnelossi

Propriedades físicas, químicas e aplicação da espuma de *aquafaba* de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) como substituta da clara em neve em preparações culinárias

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência dos Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora

Prof.^a Dr.^a Natália Soares Janzantti
UNESP – Campus São José do Rio Preto
Orientador

Prof.^a Dr.^a Ellen Silva Lago Vanzella
UNESP – Campus São José do Rio Preto

Prof.^a Dr.^a Lara Borghi Virgolin
Centro Universitário de Rio Preto – UNIRP

São José do Rio Preto
30 de Agosto de 2021

A Juliana Kindler Figueiredo (*in memoriam*) que iniciou esta caminhada ao meu lado e esteve presente em cada etapa, de onde quer que esteja.

“Qualquer dia, amigo, eu volto
A te encontrar

Qualquer dia, amigo, a gente vai se encontrar”
Fernando Brant / Milton Nascimento

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Ana Amália Gutierrez Carnelossi, ao meu pai, Airton Roberto Carnelossi (*in memoriam*) e aos meus irmãos Ana Paula Carnelossi, Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi e Elias Alberto Gutierrez Carnelossi – meus primeiros professores – por todo amor, dedicação, paciência e suporte em minha vida. Por me ensinarem, com seus exemplos, a ter esperança e acreditar que o amor e a educação são as forças motrizes capazes de transformar o mundo.

Ao meu companheiro de caminhada nesta vida, Leonardo Luiz Michelutti, por ter me apoiado incondicionalmente nesta jornada. Por ter, tantas vezes, me ajudado a levantar, lembrado da minha força e não me deixado desistir. Por toda doação, por todo amor e todo cuidado.

Ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, principalmente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. A cada docente, colaborador e colega, pelos inestimáveis conhecimentos compartilhados. Em especial, à Prof.^a Dr.^a Ellen Silva Lago Vanzella; à Prof.^a Dr.^a Vânia Regina Nicoletti; ao colega Adilson Roberto Locali-Pereira e a Alana Lisbôa da Silveira.

A Diretoria de Ensino – Região de São José do Rio Preto, nas pessoas da Sr.^a Prof.^a Sílvia Maria Zangrando Nakaoski; Lucélia Mendes de Castilho; Maria Aparecida Espadari Bonfim e todos os colegas; pelo apoio.

Às minhas amigas de toda a vida, Luciana Viscardi de Camargo e Beatriz Viscardi de Camargo, que sempre foram minhas parceiras e um porto seguro, por não me deixarem caminhar sozinha. Ao Felipe Thomazella Ferri pelo incentivo. E a todos os amigos que tornam a vida mais leve e feliz.

Com imensa admiração, agradeço especialmente à minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Natália Soares Janzantti, por ter aceitado este desafio de me orientar, e por ter sido tão generosa e complacente, nas mais diversas situações. Obrigada pela paciência, pela sensibilidade, pela dedicação e por todos os ensinamentos que levarei por toda a vida.

“[...] É que não existe ensinar sem aprender e com isto eu quero dizer mais do que diria se dissesse que o ato de ensinar exige a existência de quem ensina e de quem aprende. Quero dizer que ensinar e aprender se vão dando de tal maneira que quem ensina aprende, de um lado, porque reconhece um conhecimento antes aprendido e, de outro, porque, observado a maneira como a curiosidade do aluno aprendiz trabalha para apreender o ensinando-se, sem o que não o aprende, o ensinante se ajuda a descobrir incertezas, acertos, equívocos”

Paulo Freire (2001, p.259)

RESUMO

A *aquafaba* é a água proveniente da cocção das leguminosas, principalmente do grão-de-bico (*Cicer arietnum*). Este produto tem propriedades de formar espuma análoga à clara de ovo, além de propriedades emulsificante e gelificante. O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição centesimal, sólidos solúveis, tensão superficial e teor de ácido fítico de *aquafabas* em comparação à clara de ovo. As análises de volume, escoamento e microscopia das espumas das *aquafabas* e da clara de ovo também foram avaliadas. As espumas de *aquafabas* foram utilizadas em preparação culinária - bolo. Os grãos-de-bico intumescidos (após remolho de 12 h) foram submetidos à cocção em panela de pressão elétrica por 40 min com diferentes proporções de água (grão-de-bico:água; 1:1; 1:2 e 1:3; m:m). As claras de ovo foram aquecidas a 54 °C por 5 min. A composição centesimal das *aquafabas* (proporções de grão e água, m/m, 1:3, 1:2 e 1:1) apresentaram umidade entre 96,09 e 98,37%; cinza entre 0,19 e 0,42%; proteína entre 0,33 e 0,70%; carboidrato entre 1,11 e 2,82%; e lipídeo ausente. Na clara de ovo observou-se umidade de 87,81% e cinza de 0,65%, e o teor de proteína foi o mais discrepante, 11,87%. Quanto aos sólidos solúveis a clara de ovo apresentou 18,6 °Brix, enquanto para as *aquafabas* variou de 1,65 a 3,85 °Brix. Não foram detectados teores de ácido fítico nas amostras de *aquafaba*. A tensão superficial variou de 51 a 53 mN/m para as *aquafabas*, enquanto a clara de ovo apresentou 51 nM/m. O volume de espuma da *aquafaba* variou de 1781,25 a 2154,25 mL, sendo que a *aquafaba* proveniente do cozimento 1:1 (água:grão, m/m) apresentou resultado (2154,25 mL) semelhante à clara de ovo (2281,25 mL). Quanto à drenagem, as *aquafabas* apresentaram comportamento semelhante à clara em neve, estabilidade até 10 min e depois a drenagem se manteve crescente nos primeiros 40 min, diminuindo após este tempo até estabilizar. As imagens microscópicas das espumas indicaram a formação de bolhas circulares e menores na amostra 1:1 que aumentaram de diâmetro na 1:3; já a clara em neve apresentou bolhas poliédricas e lamelas finas. Os resultados indicam que, apesar das *aquafabas* e clara de ovo apresentarem teores diferentes de proteína, as *aquafabas* possuem a capacidade de formar espuma devido a sua composição proteica. Os bolos, produto vegano, apresentaram características sensoriais semelhantes ao obtido por clara de ovo. As *aquafabas*, como *plant-based*, apresentaram capacidade de formar espuma e estabilidade semelhante à clara em neve, indicando ser um excelente substituto a esta fonte animal.

Palavras-chave: *Cicer arietnum*. *Aquafaba*. Espuma.

ABSTRACT

Aquafaba is defined as the water in which legumes have been cooked, especially chickpeas (*Cicer arietinum*). This product is capable of creating a structured foamy substance that resembles whisked egg whites, in addition to emulsifying and gelling properties. The aim of this paper is to assess the centesimal composition, soluble solids, surface tension and phytic acid content of three different *aquafabas* from cooking chickpeas compared to egg white. Analysis of volume, drainage and microscopy of *aquafaba* foams and egg white were also evaluated. *Aquafaba* foams were used in culinary preparation - cake. The swollen chickpeas (after soaking for 12 h) were cooked in an electric pressure cooker for 40 min with different water ratios (chickpea:water; 1:1, 1:2, and 1:3; w:w). Egg whites were heated to 54 °C for 5 min. The centesimal composition of the *aquafabas* (grain/water ratio, w/w, 1:3, 1:2, and 1:1) showed that moisture content was between 96.09 and 98.37%, ash between 0.19 and 0.42%; protein between 0.33 and 0.70%, carbohydrate between 1.11 and 2.82%, and absent lipid. The egg whites showed a moisture content of 87.81% and 0.65% ash, the protein content differed the most with 11.87%. As for the soluble solids, egg whites have shown 18.60 °Brix, while for *aquafabas* it ranged from 1.65 to 3.85 °Brix. Phytic acid values were not detected in *aquafaba* samples. Surface tension ranged from 51 to 53 mN/m for *aquafabas*, while egg white showed 51 nM/m. The *aquafaba* foam volume ranged from 1781.25 to 2154.25 mL, and the *aquafaba* from the 1:1 (water:grain, w/w) presented a result (2281.25 mL) similar to egg white (2193.17 mL). The *aquafabas* drainage showed behavior similar to whipped egg white, stability up to 10 min and then the drainage kept increasing in the first 40 min, decreasing after this time until it stabilized. Microscopic images of the foams indicated the formation of circular and smaller bubbles in the 1:1 sample that increased in diameter at 1:3; on the other hand, the egg white foam had polyhedral bubbles and thin lamellae. The results indicate that, although *aquafabas* and egg white have different levels of protein, *aquafabas* have the ability to form foam due to their protein composition. The cakes, a vegan product, presented sensory characteristics similar to those obtained by egg white. *Aquafabas*, as plant-based, showed foaming capacity and stability similar to whipped egg white, indicating that it is an excellent substitute for this animal source.

Keywords: *Cicer arietinum*. *Aquafaba*. Foam.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Grão-de-Bico dos tipos <i>desi</i> (esquerda) e <i>kabuli</i> (direita)	17
Figura 2 – Figura ilustrativa das partes do ovo	24
Figura 3 – Figura ilustrativa dos quatro níveis de organização estrutural das proteínas	27
Figura 4 – Produtos comerciais elaborados com <i>aquafaba</i>	31
Figura 5 – Panela de pressão elétrica utilizada para a cocção do grão-de-bico	32
Figura 6 – Fluxograma para obtenção da <i>aquafaba</i> de grão-de-bico	33
Figura 7 – Picnômetro utilizado para determinação de densidade	35
Figura 8 – Batedeira doméstica utilizada para obter a espuma	37
Figura 9 – Béquer utilizado para medir o escoamento da espuma da <i>aquafaba</i> e da clara de ovo	38
Figura 10 – <i>Chinoise</i> utilizado no teste de escoamento da espuma de <i>aquafaba</i> e clara de ovo	39
Figura 11 – Drenagem (mL) em função do tempo (min) das <i>aquafabas</i> e da clara de ovo usando <i>chinoise</i>	48
Figura 12 – Sequencia ilustrativa da drenagem da espuma e aumento do volume drenado ao longo do tempo	48
Figura 13 – Imagem ilustrativa dos processos de formação de espuma pela incorporação de ar ao líquido	49
Figura 14 – Imagens microscópicas das espumas de <i>aquafaba</i> e clara de ovo	50
Figura 15 – Bolos elaborados com as <i>aquafabas</i> (1:1; 1:2 e 1:3) e clara de ovo	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condições de remolho e cocção do grão-de-bico	21
Tabela 2 – Composição centesimal e de ácido fítico em <i>aquafaba</i> de grão-de-bico	21
Tabela 3 – Proteínas da clara	25
Tabela 4 – Parâmetros físicos e químicos das <i>aquafabas</i> e da clara de ovo	41
Tabela 5 – Tensão superficial (mN/m) das <i>aquafabas</i> de grão-de-bico e da clara de ovo	45
Tabela 6 – Volume total de espuma formada pela <i>aquafaba</i> de grão-de-bico e clara de ovo	47

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1.	Objetivo geral	14
2.2.	Objetivos específicos	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1.	Mercado Consumidor	15
3.2.	Grão-de-Bico	16
3.3.	<i>Aquafaba</i> e fatores que influenciam na formação de espuma	19
3.4.	Ovo e clara de ovo	22
3.5.	Espuma	26
3.6.	Aplicação da espuma da <i>aquafaba</i> em preparações culinárias	30
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1.	Obtenção da <i>aquafaba</i> de grão-de-bico e clara de ovo	32
4.2.	Métodos	34
4.2.1.	Análise centesimal	34
4.2.2.	Determinação de pH	35
4.2.3.	Determinação de sólidos solúveis	35
4.2.4.	Determinação de densidade	35
4.2.5.	Determinação de ácido fólico	36
4.2.6.	Determinação de tensão superficial	36
4.2.7.	Análise do volume da espuma e do escoamento obtidos das <i>aquafabas</i> de grão-de-bico e da clara de ovo	36
4.2.8.	Estrutura da espuma – Microscopia	39
4.2.9.	Elaboração de produto alimentício utilizando as <i>aquafabas</i> – bolo	39
4.2.10.	Análise dos resultados	40
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1.	Análise centesimal, pH, sólidos solúveis, densidade e ácido fólico	41
5.2.	Tensão superficial	44
5.3.	Avaliação das espumas	46
5.4.	Estrutura da espuma – microscopia	49
5.5.	Produto elaborado com a espuma de <i>aquafabas</i> – bolo	51
6.	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO

As mudanças sociais, observadas ao longo das últimas décadas, com transformações que vão desde a transição demográfica, passando pela urbanização e a ascensão da mulher ao mercado de trabalho, impactaram essencialmente os hábitos de consumo da população mundial (BATISTA FILHO; RISSIN, 2003).

Na alimentação, este processo levou a um distanciamento progressivo entre os seres humanos e a natureza, uma vez que a busca pela rapidez e a praticidade - impulsionada pelos avanços tecnológicos e industriais; o consumo excessivo de produtos cárneos; o processamento e refino generalizado de cereais e açúcares; e a agressiva distribuição e publicidade de alimentos industrializados – reduziu drasticamente o contato com os alimentos *in natura*, o cultivo, preparo e consumo doméstico das refeições, bem como a diversidade do uso de grãos e espécies vegetais (FRANÇA *et al.*, 2012; LAIRON, 2012).

Tendo em consideração que os hábitos alimentares transcendem a necessidade fisiológica da ingestão de nutrientes e incorporam em si os aspectos sociais, ambientais, econômicos e culturais da sociedade; observa-se que o atual modo de consumo pereniza o modelo de produção vigente e é responsável não só pelos problemas socioambientais modernos - na exploração inepta dos recursos naturais - como também afeta a saúde da população, visto que está associada ao aumento da obesidade/sobrepeso e à prevalência de Doenças Crônicas Não-Transmissíveis (AZEVEDO *et al.*, 2014; BLEIL, 1998; FRANÇA *et al.*, 2012).

Neste contexto, faz-se necessário uma busca por práticas alimentares sustentáveis, diversificadas e saudáveis. O movimento conhecido como flexitarianismo, por exemplo, fomenta a diminuição do consumo de produtos de origem animal substituindo-o por produtos de origem vegetal, sem interrompê-lo completamente, mas com uma preocupação especial quanto à promoção da saúde e à preservação do meio-ambiente. Dados divulgados pelo *Good Food Institute - GFI* (2018) apontam que houve um aumento de 73% no número de flexitarianos, demonstrando um potencial de mercado que deverá atingir US\$ 85 bilhões até 2030.

Além dos benefícios já citados, os consumidores que buscam pelos produtos vegetais, reivindicam por produtos cujas características sensoriais como sabor e textura, sejam iguais ou melhores que o produto de origem animal, que sejam os mais

naturais possíveis e que a experiência de consumo seja igualmente realista (DEBYSHIRE, 2017; GFI, 2018).

Testes com o uso de leguminosas feitos pelo francês Jöel Roessel e aprimorados pelo americano Goose Wohlt em 2015, no âmbito da gastronomia molecular, demonstraram que a água concentrada e viscosa proveniente da cocção das leguminosas (*aquafaba*) - principalmente de grão-de-bico - quando batida, é capaz de produzir uma espuma estruturada análoga à clara em neve, podendo substituí-la em receitas tradicionais, como suspiros, merengues, bolos, maioneses, entre outras (HARTKE, 2015; VALLE, 2015). A *aquafaba*, como é chamada, derivada do latim *aqua* (água) e *fabas* (*fabaceae* ou leguminosa), passou então a ser difundida entre alérgicos a ovo, flexitarianos, vegetarianos e veganos (VALLE, 2015). Supõe-se que a estruturação da espuma se dê devido a nutrientes, principalmente proteínas, presente nos grãos que são transferidas para água durante a cocção (SHIM *et al.*, 2018). Além do grão-de-bico, todas as leguminosas possuem a capacidade de formar espumas por meio da água de cocção (HARTKE, 2015).

A *aquafaba* caracteriza-se como um produto de origem vegetal com potencial para substituição da clara de ovo (origem animal) para obtenção de produtos cujas características sensoriais assemelham-se àqueles obtidos com a utilização da clara em neve. Com destaque para o aproveitamento de parte do alimento que usualmente era descartado por não haver conhecimento sobre sua diversidade.

Compreender a composição e as funcionalidades da *aquafaba* de leguminosas é importante para o desenvolvimento de suas aplicações tecnológicas e alimentares (JARPA-PARRA *et al.*, 2015). Destaca-se ainda a necessidade do desenvolvimento de novas receitas, com técnicas e abordagens modernas, também voltada às crianças (FAO, 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho será a caracterização física e química da *aquafaba* de grão-de-bico e a estabilidade da espuma em comparação à clara de ovo. Os resultados apresentados pretendem assegurar o uso da *aquafaba* de grão-de-bico na promoção de uma alimentação diversificada e sustentável – tanto como uma alternativa a alimentos de origem animal quanto no fomento de novas tecnologias alimentares – na vanguarda de um mercado consumidor em expansão.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a composição física e química da *aquafaba* de grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e a aplicabilidade de sua espuma como substituta da clara em neve em produto alimentício.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar a composição física e química da *aquafaba* e da clara de ovo;
- Verificar a presença de fitato, composto antinutricional, na *aquafaba*;
- Avaliar a capacidade de formação de espuma da *aquafaba* e sua estabilidade, e compará-la com a clara de ovo; e
- Avaliar o uso da espuma de aquafaba na elaboração de bolo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Mercado Consumidor

A temática da alimentação e sua relação com a sustentabilidade global exige uma abordagem tecnológica e multidisciplinar, visto que o impacto dos modelos hegemônicos de produção e processamento de alimentos sobre os padrões de consumo populacionais abrangem todas as etapas da cadeia produtiva – desde a agricultura até as questões de saúde pública (desnutrição e obesidade), de problemas ambientais (uso dos recursos naturais, poluição, etc.), de opulência do consumo e, conseqüentemente, de desperdício de alimentos (RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017).

A educação para o consumo consciente é, portanto, essencial para a obtenção de efeitos positivos em um futuro próximo, principalmente com estratégias de educação nutricional para que a população compreenda o sistema alimentar no qual está inserida e tenha a oportunidade de se tornar protagonista no que tange outras formas de consumo do alimento (GONÇALVES, 2011; HENZ; PORPINO, 2017; MAKUTA, 2018).

Concomitantemente ao avanço das discussões relacionadas aos hábitos alimentares e nutricionais das populações ao redor do mundo e o conseqüente fortalecimento da necessidade de reestabelecer uma conexão mais genuína entre os alimentos e as pessoas; urge de modo igualmente inevitável abordar a influência direta dos padrões de consumo atuais nas questões climáticas e ambientais, sobretudo no que tange o consumo de alimentos de origem animal. Estes fatos com certeza acarretarão a compreensão dos indivíduos acerca da relação entre a alimentação, a qualidade e o estilo de vida (FRANÇA *et al.*, 2012; SOUZA, 2019).

A partir desta percepção e do entendimento sobre a importância de pensar e propor formas de estabelecer padrões mais sustentáveis tanto de consumo quanto de produção dos gêneros alimentícios derivados de animais, é imprescindível buscar alternativas que supram de maneira satisfatória as necessidades nutricionais, bem como proporcionem uma experiência de consumo igualmente prazerosa, garantindo também disponibilidade e acessibilidade em escala compatível com as demandas atuais (CHEIB, 2020).

De acordo com levantamento realizado pelo *The Good Food Institute Brazil* (GFI), intitulado “O Consumidor Brasileiro e o Mercado *Plant-Based*”, publicado em 2020, os alimentos derivados de animais são parte integrante e muito presentes na dieta dos brasileiros. O principal fator que influencia favoravelmente no consumo destes alimentos, além das questões culturais, é a disponibilidade regional. É possível observar que os alimentos desta categoria mais consumidos pelos brasileiros são os laticínios, seguidos pelos ovos, e nestes casos tal fato se deve também ao seu valor/custo mais acessíveis.

Por outro lado, há uma tendência de redução do consumo das proteínas animais e a busca cada vez maior por alimentos alternativos, para além da substituição simples e intuitiva por vegetais, o que demonstra um perfil de indivíduos que tendem a ampliar a busca por alimentos de origem vegetal que sejam análogos aos de origem animal. Este fato evidencia um potencial para desenvolvimento de tecnologias que atendam às demandas de um mercado em expansão, assim como o fortalecimento de políticas públicas que fomentem iniciativas cada vez mais sustentáveis (GFI, 2020).

Os principais agentes destas mudanças nos hábitos de consumo são os Flexitarianos, pessoas que optam pela redução da utilização de proteínas animais em vez de abdicar do consumo de maneira definitiva, tendo como método a diminuição das porções ou da frequência de consumo dessas proteínas e incluindo na alimentação as proteínas de origem vegetal, dentre as quais se destaca o grão-de-bico (DEBYSHIRE, 2017; GFI, 2020).

3.2. Grão-de-Bico

O grão-de-bico (*Cicer arietinum*) é uma variedade de leguminosa originária do Mediterrâneo, da região sudeste da Turquia, que se expandiu para a Síria, Índia e países da Europa de onde foi trazida para as Américas pelos colonizadores portugueses (FAO, 2016).

Seus grãos se apresentam em duas variedades, o *desi* de grão menor e cor escura, consumido principalmente na Índia e utilizado em ração para animais; e o *kabuli* que apresenta grãos maiores e mais claros, preferido no Mediterrâneo e no Oriente Médio (Figura 1) (KOBELITZ, 2011).

Figura 1 – Grão-de-Bico dos tipos *desi* (esquerda) e *kabuli* (direita)



Fonte: GAUR *et al.*, 2010.

O grão-de-bico é a quinta leguminosa mais produzida no mundo, ficando atrás da soja, do amendoim, do feijão e da ervilha. Apesar de ser nativa de clima seco e ameno, sua produção é favorável em regiões tropicais durante o inverno, e na primavera e verão das regiões temperadas. O grão-de-bico é uma planta herbácea anual, com vagens oblongas que contém uma ou duas sementes, caracterizadas por uma proeminência em forma de bico particular à espécie (KOBELITZ, 2011).

Até 2018, a média de importação de grão-de-bico no Brasil era de 8 mil toneladas para atender o mercado nacional, cujo consumo anual era de 40 g/habitante/ano. Porém, a visibilidade das leguminosas aumentou também no Brasil onde, segundo dados da Embrapa Hortaliças, o incentivo ao desenvolvimento e cultivo de novos genótipos de grão-de-bico aumentou em 1400% a área de produção dos grãos, tornando-os competitivos para o mercado interno e externo (SNA, 2018).

Objetivando atender o mercado consumidor brasileiro, a Embrapa passou a investir em tecnologias de plantio e adaptação do grão-de-bico ao solo e clima brasileiros, sendo muito bem adaptado à região Centro-Oeste, de modo que entre os anos de 2013 e 2018 a área cultivada passou de 26 hectares para aproximadamente 10 mil hectares. O desenvolvimento de um cultivar mais adaptado às condições nacionais, o grão-de-bico BRS Aleppo, passou a ser um *commodity* competitivo tanto no mercado interno quanto no externo (LIMA FILHO, 2019).

Assim como as demais leguminosas ou *pulses*, a produção do grão-de-bico caracteriza-se como um modelo de produção sustentável e resiliente, seu cultivo demanda menos água e fertilizantes, diminui a emissão de carbono na cadeia de

produção e aumenta o microbioma do solo. Isto devido a sua capacidade de fixação de nitrogênio, ou seja, a transformação do gás nitrogênio (N_2) em amônia (NH_3) a partir dos nódulos em suas raízes formados por bactérias hospedeiras que vivem em simbiose com as leguminosas (KOBLITZ, 2011). A principal vantagem da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é que as leguminosas podem ser cultivadas em solos que já foram explorados, degradados e pobres em nutrientes e assim recuperá-los, eliminando ou diminuindo a necessidade do uso de adubos químicos nitrogenados (NASCIMENTO; PESSOA; GIORDANO, 1998). Ademais, há um consenso na comunidade científica que as leguminosas são alimentos seguros e saudáveis: são fontes de proteínas (aminoácidos essenciais) e bons suprimentos de carboidrato, micronutrientes e fibra alimentar (FAO, 2016).

Em relação a composição de macro e micronutrientes, o teor de proteína do grão-de-bico varia de 17 a 24% - com extremos em até 30% - composta majoritariamente por globulina que perfaz 42% da fração proteica do grão, seguidas da albumina (16%), da glutelina (10%) e da prolamina (0,5%) (SILVA; NEVES; LOURENÇO, 2001). Uma característica relevante das leguminosas é que sua composição proteica é deficiente em aminoácidos sulfurados, sendo a metionina e a cistina seus aminoácidos limitantes. Por outro lado, o grão-de-bico possui um elevado teor de lisina, motivo pelo qual sua farinha vem sendo empregada pela indústria de alimentos para enriquecer farinhas de trigo e de milho em diversos produtos como pães, biscoitos e tortilhas, sem alterar suas características sensoriais (KOBLITZ, 2011).

O teor de carboidrato varia de 50 a 70% no grão-de-bico, sendo o amido a maior fração. Em menor proporção encontram-se também os monossacarídeos, como a glicose, sacarose entre outros (NASCIMENTO; PESSOA; GIORDANO, 1998). O grão-de-bico, em relação às demais leguminosas, possui elevado teor de oligossacarídeos da família da rafinose (RFO – *raffinose family of oligosaccharides*) que não são digeridos no trato intestinal e agem como prebióticos, favorecendo o desenvolvimento de bifidobactérias responsáveis pelo bom desenvolvimento da microbiota intestinal. No entanto, seu consumo em doses muito elevadas pode acarretar fermentação excessiva, com produção de gases e geração de flatulência (KOBLITZ, 2011). A cocção dos grãos melhora a digestibilidade dos oligossacarídeos e ameniza seus efeitos indesejáveis (FERREIRA; BRAZACA; ARTHUR, 2006).

Sua fração lipídica é composta principalmente de ácidos graxos insaturados essenciais como ácido linoleico, ácido oleico e ácido linolênico. Já sua composição mineral caracteriza-se pela maior presença de ferro, magnésio, zinco e fósforo em relação aos feijões comuns (RACHWA-ROSIAC; NEBESNY; BUDRYN, 2015).

Assim como as demais leguminosas, o grão-de-bico possui compostos considerados fatores antinutricionais que afetam a digestibilidade e/ou a absorção de determinados nutrientes no trato intestinal. Destacam-se o ácido fítico, fitato ou fitina que são compostos quelantes dos principais minerais presentes no grão, responsáveis pela baixa absorção destes nutrientes, e que possuem também atividade inibitória de algumas enzimas digestivas. Os fatores antinutricionais são normalmente inativados com a cocção dos grãos (KOBLITZ, 2011).

3.3. *Aquafaba* e fatores que influenciam na formação de espuma

Estima-se que o desperdício de alimentos no mundo seja de aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas por ano, com prejuízos significativos à sociedade devido à redução de oferta de alimentos e de qualidade nutricional das dietas (PEIXOTO; PINTO, 2016). O fator cultural impacta diretamente no desperdício de alimentos nos domicílios, tanto pelo excesso de alimentos que são adquiridos e/ou preparados denotando “abundância” quanto pelo baixo aproveitamento das partes consideradas não comestíveis de alimentos *in natura*. Um desafio constante do Brasil é reduzir o desperdício de alimentos em uma sociedade heterogênea e com alta desigualdade de renda, ao mesmo tempo em que promove a sustentabilidade da cadeia produtiva com garantia da segurança alimentar e nutricional (FAO/OPAS, 2017; HENZ; PORPINO, 2017).

Considerando que o conceito de “Aproveitamento Integral de Alimentos” transcende o uso das partes consideradas não comestíveis dos alimentos *in natura* e objetiva também aproveitar ao máximo os benefícios funcionais dos alimentos, como uma alternativa para a diversidade alimentar. O uso da *aquafaba* (água de cozimento) de grão-de-bico, propõe que haja um aproveitamento integral da água utilizada na cocção, que era usualmente descartada, por desconhecimento de suas propriedades de formação de espuma (CARDOSO *et al.*, 2015; HARTKE, 2015).

Sabe-se que as globulinas, principais proteínas do grão-de-bico, possuem propriedades interfásicas ou de superfície, ou seja, possuem frações hidrofílicas e

hidrofóbicas capazes de formar película (filme) entre duas fases imiscíveis e assim adquirir comportamento emulsificante, formação de espuma etc. (VIEIRA, 2018), que são transferidas para a água de cozimento. A aplicação da *aquafaba* como substituto da clara de ovo em produtos alimentícios depende de suas características físicas, químicas e de formação de espuma.

A produção de *aquafaba* a partir do grão-de-bico envolve dois processos: a hidratação dos grãos secos (remolho, termo utilizado quando se deixa leguminosas secas de molho na água por um determinado tempo antes do cozimento) e a cocção em água (em água fervente ou em panela de pressão), tendo como resultado os grãos cozidos e a água de cozimento (*aquafaba*).

As leguminosas possuem na sua composição compostos antinutricionais, também chamados de fatores antinutricionais, como os oligossacarídeos, ácido fítico, oxalatos, entre outros - frequentemente associados ao aparecimento de sintomas gastrointestinais como flatulência, distensão abdominal, diarreia e dor abdominal. Para reduzir/eliminar a concentração destes compostos é fundamental submeter os grãos à etapa de remolho e realizar o descarte desta água, onde alguns destes compostos estarão solubilizados. A cocção dos grãos, posteriormente, solubilizará ou inativará aqueles termo sensíveis, como é o caso do ácido fítico (FRIAS *et al.*, 2000; PEDROSA *et al.*, 2012). Portanto, a etapa de hidratação/remolho dos grãos é de suma importância para a diminuição do tempo de cocção e para extrair compostos antinutricionais.

Alguns trabalhos avaliaram a otimização do processo de cocção quanto à proporção entre água e grão-de-bico (e outra leguminosa seca) e o tempo de cocção; no intuito de obter o maior rendimento da *aquafaba* com a melhor performance para a produção de espuma (Tabela 1). Outros trabalhos avaliaram a água de cozimento de grão-de-bico comercial para avaliar tal performance (BUHL; CHRISTENSEN; HAMMERSHOJ, 2019; RAIKOS; CAMPBELL; EUSTON, 2007; SHIM *et al.*, 2018).

A composição nutricional da *aquafaba* depende, além das técnicas utilizadas no processo de remolho e cocção, do tipo de grão-de-bico utilizado (cultivares) e seus genótipos, como da estrutura e composição da sua parede celular. Segundo He *et al.* (2021), não foram encontrados estudos que comparassem estas variáveis, posto que os fatores ambientais no cultivo e no clima, por exemplo, influenciam na composição dos grãos e, conseqüentemente, na qualidade da *aquafaba* obtida.

Tabela 1 – Condições de remolho e cocção do grão-de-bico

Remolho (proporção leguminosa seca e água m/m; temperatura e tempo)	Cocção (proporção leguminosa seca e água m/m; modo e tempo)	Referência
1:4 m/m; 4 °C; 16 h	1:1 m/m; Pressão; 30 min	He <i>et al.</i> , 2019
40 °C; 2 h	1:2; 1:4; 2:3 m/m; Pressão; 15, 30, 45 e 60 min	Alsalman <i>et al.</i> , 2020
1:3,3 m/m, 3 °C; 16 h	1:1 m/m, 75 – 90 min	Bird <i>et al.</i> , 2017
1:3,3 m/m, 3 °C; 16 h	1:1,75 m/m; Fervura; 90 min	Stantiall <i>et al.</i> , 2018

Fonte: Adaptado de He *et al.*, 2021

A Tabela 2 mostra os resultados da composição centesimal e de ácido fítico (fator antinutricional) em *aquafaba* de grão-de-bico relatados na literatura.

Tabela 2 – Composição centesimal e de ácido fítico em *aquafaba* de grão-de-bico

Parâmetro						Referência
Umidade	Cinza	Proteína	Lipídeo	Carboidrato	Ácido Fítico	
95,1 – 93,6	-	1,21 – 1,72	nd	-	-	Shim <i>et al.</i> , 2018
94,97	0,44	1,27	nd	2,64	-	Raikos, Hayes, Ni, 2019
92,11	-	1,3	nd	-	-	Buhl, Christensen, Hammershoj, 2019
94,2 – 92,2	-	-	nd	-	-	He <i>et al.</i> , 2019
-	-	0,5 – 1	nd	-	0,0 – 0,057	Alsalman <i>et al.</i> , 2020
94,9	-	1,00	nd	-	-	Bird <i>et al.</i> , 2017
96,72	0,57	0,95	nd	2,37	-	Stantiall <i>et al.</i> , 2018

Fonte: Adaptado de He *et al.*, 2021. nd=não detectado; - = parâmetro não avaliado; carboidrato calculado por diferença.

Uma vez obtida a *aquafaba*, a partir dos processos de remolho e cocção, faz-se necessário verificar sua propriedade tecnológica, como a capacidade de formação de espuma estável, emulsificante e gelificante, para uso como aditivo de origem vegetal nos alimentos. Serventi *et al.* (2018), associou as propriedades de aditivo da *aquafaba* ao seu conteúdo de proteína, carboidratos (solúveis/insolúveis) e a outros compostos que são transferidos do grão para a água, durante a cocção, como saponinas e compostos fenólicos. O destaque se dá para as proteínas globulares, que

por sua condição anfifílica, possui grupos hidrofílicos e hidrofóbicos capazes de interagir com a fase gasosa ou oleosa. Esta dinâmica reduz a tensão superficial da solução, induzem à desnaturação parcial das proteínas e resultam em um filme coesivo intermolecular com elasticidade suficiente para estabilizar espumas e emulsões (HE *et al.*, 2021).

Durante o cozimento do grão-de-bico, ocorre a transferência de polissacarídeos dos grãos para a água, que irão se associar a polímeros de proteínas e resultar no aumento da viscosidade da água (HE *et al.*, 2021). Bouyer *et al.* (2012) relataram ainda que os polissacarídeos aumentam a estabilidade das emulsões e espumas, pois apresentam atividade interfacial. Eles estabilizam a espuma/emulsão por absorção na superfície da gota de óleo ou da bolha de ar, e evitam a coalescência desta através de forças repulsivas.

As *aquafabas* de grão-de-bico relatadas na literatura apresentaram elevado percentual de espumabilidade, emulsibilidade e gelificação, análogos aos observados para a clara em neve (ALSALMAN *et al.*, 2020; BIRD *et al.*, 2017; BUHL; CHRISTENSEN; HAMMERSHOJ, 2019; DAMIAN; HUO; SEVERNTI, 2018; HE *et al.*, 2019; RAIKOS; HAYES; VENTURA, 2019; SERVENTI *et al.*, 2018; SHIM *et al.*, 2018; STANTIAL *et al.*, 2018).

3.4. Ovo e clara de ovo

Devido à crise econômica proveniente da pandemia de COVID-19 - que elevou o preço da carne e diminuiu o poder de compra da população - o consumo de ovos no Brasil em 2020 atingiu um ápice histórico. O brasileiro consumiu 251 unidades de ovos no ano, maior que a média mundial, que é de 230 ovos ao ano. Foram produzidos 53 bilhões de unidades de ovos e, embora a produção tenha sido opulenta, os preços dos insumos necessários ao processo produtivo, como milho e o farelo de soja, foram reajustados, diminuindo consideravelmente a margem de lucro no mercado (ABPA, 2021; BORGES, 2021). Os maiores produtores de ovo estão localizados na região Sudeste e Sul do país. Em 2017, a produção foi de aproximadamente 40 bilhões de unidades de ovos no país, destes 99,74% foram destinados ao mercado interno, enquanto 0,26% foram exportados (ABPA, 2018). Nesse ano, os ovos brancos perfizeram um total de 90,3% e os vermelhos correspondem a 8,6%, enquanto os ovos de codorna representam apenas 1,1% dos ovos vendidos (CEAGESP, 2018).

O ovo é resultado do ciclo reprodutivo das aves, sendo que a grande maioria dos ovos utilizados para o consumo humano vem das galinhas. O ovo possui alto valor nutricional, atribuído principalmente pelo conteúdo de proteínas de alto valor biológico - rico em aminoácidos essenciais - comparado a outras fontes proteicas como as carnes. Além disso, estão presentes na composição dos ovos lipídios (triglicerídeos, fosfolípidos e esteróis), vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e vitaminas hidrossolúveis (complexo B) (OLIVEIRA, 2013).

A qualidade do ovo se dá por um conjunto de características responsáveis por sua aceitação, tanto para os consumidores domésticos quanto pelas indústrias de alimentos, que abrangem cor, aspecto, integridade, limpeza, odor, sabor, transparência, consistência e a segurança higiênico-sanitária do produto (MUSTAFA *et al.*, 2018). Deste modo, os ovos que serão destinados ao consumo humano devem ser classificados em dois tipos de acordo com suas características qualitativas (BRASIL, 2017):

Tipo “A” - casca e cutícula de forma normal, lisas, limpas, intactas; câmara de ar com altura não superior a 6 mm (seis milímetros) e imóvel; gema visível à ovoscopia, somente sob a forma de sombra, com contorno aparente, movendo-se ligeiramente em caso de rotação do ovo, mas regressando à posição central; clara límpida e translúcida, consistente, sem manchas ou turvação e com as calazas intactas; e cicatrícula com desenvolvimento imperceptível.

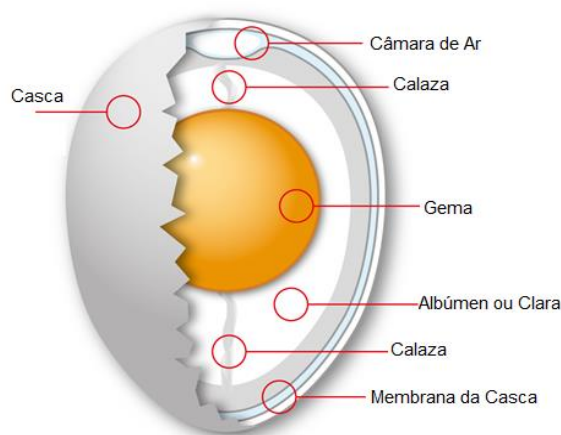
Tipo “B” – devem ser considerados inócuos, sem que se enquadrem na categoria “A”; apresentarem manchas sanguíneas pequenas e pouco numerosas na clara e na gema; ou serem provenientes de estabelecimentos avícolas de reprodução que não foram submetidos ao processo de incubação.

Os ovos *in natura* classificados como “B” serão destinados exclusivamente à indústria (BRASIL, 2017) que podem produzir clara, gema ou homogeneizado tanto como líquido pasteurizado ou pó. Em 2017, os ovos industrializados representaram 39% das exportações nacionais (ABPA, 2018). Vale ressaltar ainda que a proteína do leite de vaca e a proteína do ovo são os principais alérgenos alimentares, principalmente em crianças menores de 3 anos, que restringem a convivência das crianças quanto ao consumo de alimentos que contém estes ingredientes (bolo, suflês etc.) durante seu desenvolvimento físico e psicossocial (SOLÉ *et al.*, 2018).

Os ovos *in natura* e/ou industrializado são amplamente utilizados na indústria nacional e internacional de alimentos devido às suas propriedades tecnológicas de gelificação, formação de espuma (clara do ovo) e emulsificação (gema do ovo) (MINE, 2002). Muitas formulações alimentícias incluem ovos, como os produtos de

panificação, sobremesas lácteas, massas, molhos prontos e condimentos (SADAHIRA *et al.*, 2016). Tais propriedades são inerentes à composição dos ovos que possuem quatro estruturas básicas: membranas da casca, casca, gema e albúmen ou clara (Figura 2). As principais partes utilizadas para o consumo alimentar são a gema e clara, que correspondem a aproximadamente 90% da massa total do ovo (OLIVEIRA, 2013).

Figura 2 – Figura ilustrativa das partes do ovo



Fonte: DAVA Foods, 2021.

A clara possui entre 11 e 13% de sólidos, principalmente constituído de proteínas (Tabela 3), e cerca de 87 a 89% de água. O ovo possui duas camadas distintas de clara - a fina, ligada à gema e a densa ligada à casca – que são responsáveis por manter a gema centralizada. A camada densa da clara possui quatro vezes mais ovomucina do que a camada fina. No decorrer do tempo de armazenagem do ovo, ocorre uma redução na quantidade do complexo proteico ovomucina-lisozima responsável pela formação da camada densa da clara, devido a ação da temperatura e elevação do pH, que fazem com que a clara fique mais líquida (OLIVEIRA, 2013).

A ovalbumina é a proteína mais abundante da clara, perfazendo mais da metade de sua composição sólida. É uma fosfoglicoproteína, com até dois grupamentos fosfatos ligados a resíduos de serina. Durante o armazenamento, devido a um mecanismo de troca de dissulfetos e sulfidrilas, há a conversão da ovalbumina em complexo de enxofre, formando a S-ovalbumina - uma forma mais termoestável da proteína. Em comparação a um ovo fresco que possui cerca de 5% de S-ovalbumina, dependendo do tempo de armazenamento, pode-se obter até 80% do

total de ovalbumina na forma complexada. As referências de episódios de hipersensibilidade e alergia após o consumo de ovo, principalmente por crianças, estão ligadas à alteração da ovalbumina em S-ovalbumina (DERGAL *et al.*, 2006). A pasteurização da clara do ovo é favorecida devido a ovalbumina desnaturar entre 72 e 84 °C. Ademais, as propriedades gelificantes desta proteína é responsável por auxiliar na estabilização térmica das espumas (OLIVEIRA, 2013).

Tabela 3 – Proteínas da clara

Proteína	% Albúmen/Clara	Característica	Temperatura Desnaturação
Ovalbumina	54	Agente gelificante e alérgeno	84 °C
Ovotransferrina	13	Quelante de íons metálicos e inibidor de bactérias	61 °C
Ovomucoide	11	Inibidor de tripsina	79 °C
Ovomucina	3,5	Sialoproteína viscosa	-
Lisozima	3,4	Lise da parede celular bacteriana	75 °C
Globulina G ₂	4,0	-	-
Globulina G ₃	4,0	-	-
Ovoinibidor	1,5	Inibe serinas proteases	-
Ovoglicoproteína	1,0	Sialoproteína	-
Ovoflavoproteína	0,8	Sequestradora de riboflavina	-
Ovomacroglobulina	0,5	Fortemente antigênico	-
Avidina	0,05	Forma complexos com a biotina	85 °C

Fonte: Oliveira, 2013.

A ovotransferrina ou conalbumina é uma glicoproteína, ou seja, não possui frações de lipídios ou fosfatos, porém tem a capacidade de ligar e quelar íons metálicos como ferro, alumínio, cobre e zinco. Esta ação de sequestro, principalmente do íon ferro confere a ovotransferrina uma forte ação antimicrobiana, pois indisponibiliza o metal que é necessário ao crescimento microbiano (DERGAL *et al.*, 2006; OLIVEIRA, 2013).

A ovomucoide é uma glicoproteína com alta porcentagem de carboidrato (14% de hexosaminas; 7% de hexoses e 0,7% de ácido siálico) que representam 25% da proteína, além de conter oito ligações dissulfeto por molécula. Sua configuração a torna resistente ao calor e capaz de inibir a tripsina, que é uma importante enzima digestiva (DERGAL *et al.*, 2006; OLIVEIRA, 2013). A ovomucina é uma glicoproteína

com enxofre e cerca de 30% de carboidrato (com composição similar à ovomucoide). Junto com a lisozima forma um complexo que é responsável pela estrutura gelatinosa da parte densa da clara. A ovomucina está relacionada às propriedades funcionais da clara de ovo, como a capacidade de formar espumas e também possui ação antimicrobiana (DERGAL *et al.*, 2006; OLIVEIRA, 2013).

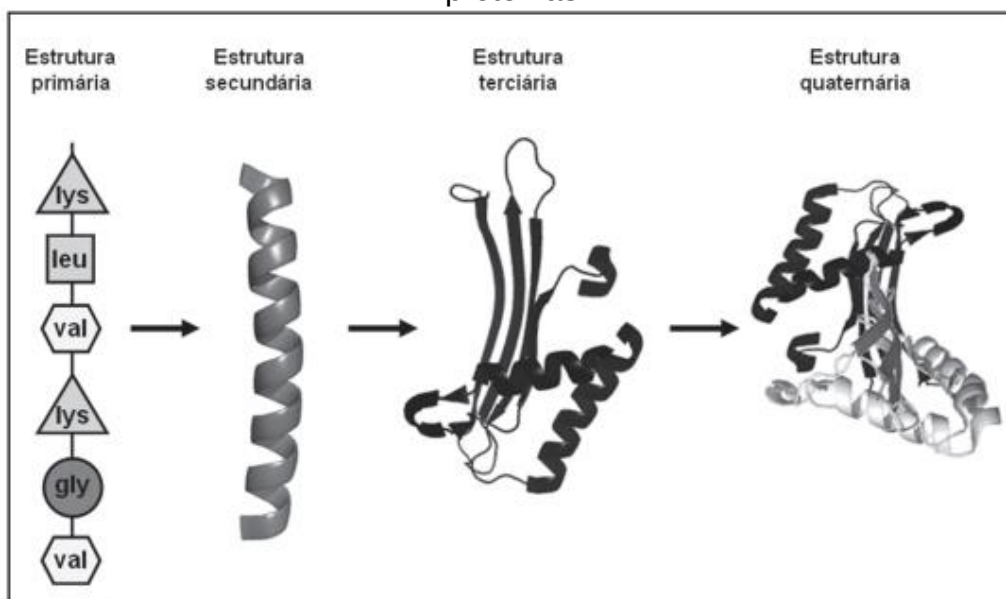
A lisozima é uma enzima e corresponde a 3,4% das proteínas da clara. Sua principal característica é promover a lise da parede celular de bactérias, tanto *gram* negativa quanto positiva. É uma das poucas proteínas com ponto isoelétrico alcalino devido ao elevado teor de aminoácidos básicos em sua estrutura (DERGAL *et al.*, 2006; OLIVEIRA, 2013). Já a avidina possui como característica sua atividade anti-nutricional por se complexar com a biotina e torná-la indisponível no intestino dos animais. Este mesmo mecanismo, entretanto, confere à avidina uma importante atividade antimicrobiana ao se ligar à membrana de bactérias *gram* positiva e negativa (DERGAL *et al.*, 2006; OLIVEIRA, 2013).

A qualidade da clara está diretamente relacionada ao seu volume de clara densa, pois reflete as condições de manejo e armazenamento do ovo como umidade, temperatura e tempo. A idade das aves é outro fator determinante, a qualidade do ovo diminui com o envelhecimento das poedeiras. No armazenamento, ações enzimáticas modificam as estruturas proteicas e liberam moléculas de água antes ligadas à camada densa, diminuindo-a e tornando a camada fina mais líquida. Estes fatores associados ao aumento do pH na estocagem fazem com que haja um menor volume de formação de espuma da clara (OLIVEIRA, 2013). É bem sabido sobre a composição e importância nutricional do ovo e suas propriedades tecnológicas.

3.5. Espuma

Espuma é uma dispersão bifásica de bolhas de fase gasosa dentro de um meio contínuo líquido sob tensão (NICORESCU *et al.*, 2011; PHILLIPS; HAQUE; KINSELLA, 1987; RAHARITSIFA; GENOVESE; RATTI, 2006). A formação de espuma requer a aplicação de energia (por meio de batimento, usando batedeira ou um *fouet*) e a presença de compostos ativos na superfície que são adsorvidos na interface gás-líquido (NICORESCU *et al.*, 2011; RAHARITSIFA; GENOVESE; RATTI, 2006).

Figura 3 – Figura ilustrativa dos quatro níveis de organização estrutural das proteínas



Fonte: Moraes *et al.*, 2013.

Apesar de sua elevada massa molecular, as proteínas são capazes de formar espumas, porque durante o batimento ocorre uma desnaturação parcial com o desdobramento de suas estruturas quaternárias e terciárias que expõem os grupos polares e não polares à fase líquida e à fase gasosa, respectivamente (NICORESCU *et al.*, 2011; OLIVEIRA, 2013). Este mecanismo possibilita a formação de uma camada ou película (lamela) densamente compacta ao redor das bolhas com a formação de uma interface mais estável que pode interagir por meio de ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas e até ligações covalentes capazes de reter o ar (NICORESCU *et al.*, 2011; PHILLIPS; HAQUE; KINSELLA, 1987; RAHARITSIFA; GENOVESE; RATTI, 2006).

Sob relaxamento, ou seja, sem a aplicação de energia, as espumas são inerentemente instáveis. O processo de instabilidade se dá pela drenagem da fase líquida através dos filmes finos entre as bolhas, deste modo as lamelas tornam-se finas a ponto de facilitar a troca de gás por meio das bolhas e o crescimento de bolhas maiores em detrimento das menores. A coalescência das bolhas ocorre quando o filme fino entre duas bolhas colapsa e há a fusão de duas bolhas para a formação de uma maior, acarretando uma separação das fases (RAHARITSIFA; GENOVESE; RATTI, 2006).

Dois parâmetros importantes a serem considerados são a capacidade de formação de espumas e a estabilidade da espuma formada. A formação de espuma está relacionada com volume de fase gasosa (ar) que é incorporada à solução proteica e é medido pelo aumento do volume de espuma. Já a estabilidade é medida pela drenagem do líquido ao longo do tempo ou pela diminuição do volume da espuma devido à coalescência das bolhas (NICORESCU *et al.*, 2011).

A clara de ovo é um dos principais ingredientes utilizados para a formação de espumas em alimentos (NICORESCU *et al.*, 2011). A ovoalbumina é responsável pela quantidade de espuma produzida, enquanto a ovomucina funciona como agente estabilizante (DERGAL *et al.*, 2006). Embora cada uma das demais proteínas presentes na clara tenha pouca ou nenhuma capacidade de formação de espuma, todas interagem entre si e desempenham funções no processo (LOMAKINA; MÍKOVÁ, 2006).

Quando submetidas ao batimento, o estiramento das proteínas oriundo da desnaturação torna as proteínas elásticas e flexíveis. Esta elasticidade é necessária para que quando forem submetidas a altas temperaturas no preparo de alimentos, como por exemplo o calor do forno, o ar possa se expandir sem romper as paredes das bolhas e as proteínas possam coagular, mantendo a estrutura aerada (OLIVEIRA, 2013).

No caso da espuma da clara do ovo ou clara em neve, muitos fatores influenciam tanto na capacidade de formação da espuma quanto na estabilidade da mesma, dentre os principais:

- Batimento: o método mais útil para medir as propriedades de formação de espuma de clara é bater o ingrediente em batedeiras (PHILLIPS; HAQUE; KINSELLA, 1987). Porém, exceder o tempo de batimento faz com as proteínas se tornem insolúveis e menos elásticas o que prejudica a adsorção destas na interface gás-líquido com consequente diminuição das lâminas interfaciais e resulta em uma espuma instável. Estudos utilizam tempo de batimento entre 5 e 10 min (LOMAKINA; MÍKOVÁ, 2006; OLIVEIRA, 2013; PHILLIPS; HAQUE; KINSELLA, 1987).
- pH: o pH ideal da clara de ovos recém postos varia entre de 7,6 e 7,9, mas tende a aumentar de acordo com as condições de armazenamento, podendo chegar a 9,3 (ALLEONI; ANTUNES, 2001).

Quanto menor o pH inicial da clara, melhor e mais estável será a espuma obtida. O pH está relacionado com o tempo de postura e de armazenamento dos ovos e, conseqüentemente, com a relação entre a ovoalbumina e a S-ovoalbumina presente na clara (LOMAKINA; MÍKOVÁ, 2006; OLIVEIRA, 2013). Observou-se uma melhor adsorção em valor de pH mais próximos ao ponto isoelétrico da proteína, uma vez que a repulsão eletrostática é minimizada (RAHARITSIFA; GENOVESE; RATTI, 2006).

- Temperatura: quando pasteurizada ou aquecida de 55,5 a 63,5 °C por 3,5 a 6,2 min (BARANCELLI; MARTIN; PORTO, 2012), ocorre uma desnaturação parcial das proteínas da clara, com o desdobramento brando de suas estruturas terciárias e quaternárias que aumenta a hidrofobicidade da superfície, sem prejudicar a solubilidade das proteínas e a estabilidade da espuma (NICORESCU *et al.*, 2011; OLIVEIRA, 2013). Tratamentos severos, maiores que 65 °C para a pasteurização, ou a secagem, alteram sensivelmente as propriedades de formação de espuma, uma vez que diminuem a solubilidade das proteínas (LOMAKINA; MÍKOVÁ, 2006; OLIVEIRA, 2013).
- Sal e Açúcar: a adição de cloreto de sódio, mesmo em baixas concentrações, resulta em uma espuma de baixa qualidade e instável, com menor volume, baixa estabilidade e maior tempo de batimento. Já a adição de açúcar aumenta consideravelmente o tempo necessário para o batimento das claras (OLIVEIRA, 2013).

As estruturas interfaciais das espumas influenciam a reologia, incluindo volume da fase aérea, viscosidade da fase líquida, tensão interfacial e viscosidade, tamanho da bolha, distribuição de tamanho e forma (RAHARITSIFA; GENOVESE; RATTI, 2006).

Diante do exposto, muitos fatores podem influenciar o processo de obtenção e estabilidade da espuma da clara de ovo e de *aquafaba* de leguminosas, dentre estes a complexidade da estrutura da espuma, condições como temperatura, pH, força iônica, tratamentos térmicos, tempo e força de batimento; fatores estes que interferem na comparação entre os estudos (NICORESCU *et al.*, 2011; PHILLIPS; HAQUE; KINSELLA, 1987; RAHARITSIFA; GENOVESE; RATTI, 2006).

De acordo com Shim *et al.* (2018), fatores como o genótipo do grão-de-bico, sua composição, tempo de remolho e condições de cozimento de temperatura e pressão, influenciam diretamente no produto final da *aquafaba*, bem como na estabilidade e na formação de espuma, porém não foram identificados estudos que correlacionam todos estes fatores à otimização dos potenciais funcionais da *aquafaba*, como formação de espuma, emulsão e gelificação.

3.6. Aplicação da espuma da *aquafaba* em preparações culinárias

Concomitante ao crescimento do interesse dos consumidores por produtos contendo *aquafaba* de leguminosas como substituinte da clara de ovo em preparações culinárias, alguns estudos sobre sua aplicação em bolos, merengues e maioneses foram recentemente publicados (HE *et al.*, 2021).

A espuma de *aquafaba* foi utilizada na formulação de bolos como substituta da clara em neve e os produtos finais apresentam diferenças quando comparados a bolos feitos com clara em neve – as diferenças se deram pelo afundamento do centro, maiores poros de ar, menor elasticidade e maior firmeza (ASLAN; ERTAS, 2020; MUSTAFA *et al.*, 2018).

Aslan e Ertas (2020) substituíram a clara de ovo em neve por *aquafaba* (1:5; grão-de-bico:água) na formulação de bolos tradicionais. Os resultados mostraram que a capacidade de formação de espuma da clara é de 200% enquanto a *aquafaba* é de 126%, porém quando substituídos 25%, 50% e 75% da clara de ovo pela *aquafaba*, a capacidade de formação de espuma aumentou para 253%, 246% e 186%, respectivamente. Os bolos preparados com as espumas apresentaram volume, estrutura e textura dos poros e maciez menores do que os bolos produzidos com clara em neve, porém foram considerados satisfatórios para os avaliadores.

Quando aplicada na formulação de merengues, como agente espumante e gelificante, Stantiall *et al.* (2018) concluíram que a *aquafaba* de ervilha amarela, por exemplo, apresentou boa palatabilidade e qualidade geral comparável ao uso da clara em neve, porém a dureza e a consistência mostram-se inferiores.

Damian, Huo, Severnti (2018), a partir das propriedades e formação de espuma e emulsificação, observaram que a mousse produzida com *aquafaba* de grão-de-bico foi bem avaliada quanto à palatabilidade, cor e brilho, e que não houve alteração de

aroma no produto final. Uma menor doçura e maciez, no entanto, foram identificadas e relacionadas ao teor de sódio e saponina da *aquafaba* utilizada.

A *aquafaba* foi também estudada para a produção de maionese, que consiste em uma emulsão de água e óleo, devido à sua capacidade emulsionante e estabilizante. Raikos, Hayes, Ventura (2019) observaram que uma proporção de 15% de *aquafaba* para 80% de óleo produziu uma maionese cuja emulsão se manteve estável por 21 dias a 4°C e cujas gotas apresentaram distribuição e tamanho comparável à maionese produzida com gema de ovo. Lafarga *et al.* (2019) obtiveram uma aceitação global da maionese feita com *aquafaba* de grão-de-bico inferior à produzida com ovos, porém os valores hedônicos para sabor e textura não diferiram entre os dois produtos.

A *aquafaba* pode ser utilizada para substituir a clara de ovo em variados produtos de panificação e confeitaria, conferindo ao produto final características similares aos produtos tradicionais, como sabor, textura e coloração; de tal modo que o mercado internacional passou a desenvolver produtos industrializados que utilizam suas propriedades tecnológicas. Há opções de compra da *aquafaba* líquida, pasteurizada, em embalagem cartonada ou *pouch* e da *aquafaba* em pó para reconstituição com água - para serem utilizadas no preparo de receitas. Produtos prontos para consumo como manteiga, molhos condimentados e maioneses, também já podem ser encontrados nas gôndolas (Figura 4).

Figura 4 – Produtos comerciais elaborados com *aquafaba*



Fonte: VEGNEWS, 2011.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Obtenção da *aquafaba* de grão-de-bico e clara de ovo

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) utilizado foi do tipo *kabuli*, comercializado pela exportadora de grãos “Alazán” e produzido em Guamúchil (localização 25°27'50"N 108°4'46"W), no Estado de Sinaloa, México. O grão-de-bico foi adquirido na “Zona Cerealista” de São Paulo, Estado de São Paulo, Brasil; à granel (20 kg, quantidade suficiente para todos os testes e análises) e dentro do prazo de validade.

Os grãos-de-bico *in natura* foram submetidos a remolho em água filtrada na proporção de 1:3 (grão:água, m:m) durante 12 h sob refrigeração (PHILIPPI, 2019). Transcorrido o tempo, a água do remolho foi totalmente descartada e os grãos hidratados foram submetidos à cocção em panela de pressão elétrica - da marca Philco com capacidade para 4 L e 800 W de potência (Figura 5). De acordo com Philippi (2019), no âmbito da nutrição e técnicas dietéticas, o tempo de cocção sob pressão para leguminosas varia entre 20 e 30 min. Porém, os testes preliminares com o grão-de-bico indicaram que somente com 40 min se alcançou a cocção e maciez total dos grãos.

Figura 5 – Panela de pressão elétrica utilizada para a cocção do grão-de-bico

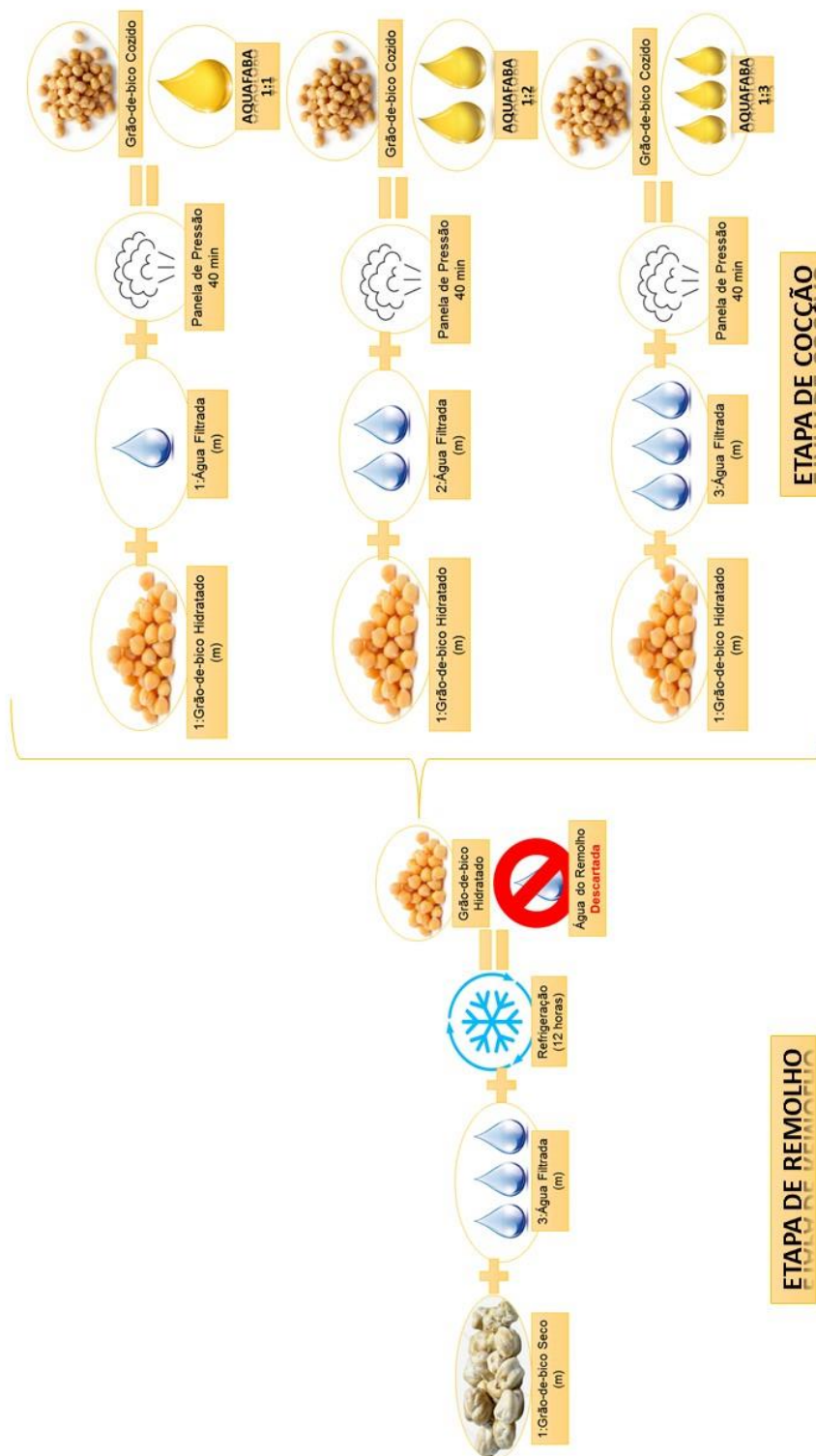


Fonte: Elaborado pelo autor

Os grãos-de bico hidratados foram cozidos por 40 min após a indicação de pressão ideal pela luz amarela do equipamento, em três diferentes proporções de água - 1:1 (grão hidratado:água; m:m); 1:2 e 1:3 - para a obtenção de *aquafaba*. Findado o tempo de cocção, a pressão foi retirada da panela, os grãos foram drenados e a água resultante da cocção – *aquafaba* – de cada proporção (Figura 6) foi

acondicionada em recipientes plásticos, limpos, hermeticamente fechados e acondicionados sob congelamento ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) até o momento das análises.

Figura 6 – Fluxograma para obtenção da *aquafaba* de grão-de-bico



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ovo de galinha (3 kg, quantidade suficiente para os testes preliminares e análises), de casca branca, tipo “A”, foi adquirido no comércio de São José do Rio Preto, SP, dentro do prazo de validade. Tais características foram definidas a partir das referências de produção e consumo do CEAGESP e da CODEAGRO, que indicam que este tipo de ovo é o mais relevante para o mercado consumidor. Para a obtenção das claras, as cascas dos ovos foram quebradas individualmente e as claras separadas das gemas. A massa média de ovo foi de 58 g, sendo que a clara correspondeu a massa média de $33,51 \text{ g} \pm 2,06$, a gema $17,66 \text{ g} \pm 0,97$ e a casca $7,62 \text{ g} \pm 0,37$.

O volume obtido de clara foi então submetido a aquecimento em banho-maria com agitação constante até atingir 54°C e permaneceu nesta temperatura durante 5 min. O aquecimento da clara melhora simultaneamente a capacidade de formação e a atividade emulsiva da espuma por meio da desnaturação parcial da estrutura proteica que aumenta a hidrofobicidade da superfície, sem prejudicar a solubilidade da proteína e a estabilidade da estrutura da espuma (KATO; WATANABE; SATO, 1981). A agitação durante a pasteurização se dá para evitar a coagulação da proteína.

As claras de ovo foram divididas em recipientes de plástico limpos e hermeticamente fechados e acondicionadas em freezer (-18°C) até o momento das análises.

4.2. Métodos

4.2.1. Análise centesimal

A análise centesimal para determinação de umidade, cinzas, proteína, lipídeo e carboidrato das *aquafabas* de grão-de-bico e da clara de ovo, em triplicata, foi realizada de acordo com os métodos propostos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2016). A proteína foi determinada pelo método de *Kjeldahl* com fator de conversão de 6,25. O carboidrato foi obtido por diferença. Os resultados obtidos foram expressos em g/100 g.

4.2.2. Determinação de pH

A determinação do pH (potencial hidrogeniônico) das *aquafabas* de grão-de-bico e da clara de ovo, em triplicata, foi feita em pHmetro digital da Tecnal (Piracicaba, Brasil).

4.2.3. Determinação de sólidos solúveis

A determinação de sólidos solúveis das *aquafabas* de grão-de-bico e da clara de ovo, em triplicata, foi realizada com refratômetro (NETLAB HI96801) e os resultados em °Brix.

4.2.4. Determinação de densidade

A densidade (Figura 7) das *aquafabas* de grão-de-bico e da clara de ovo, em triplicata, foi realizada de acordo com os métodos oficiais preconizados pela AOAC (2016). Foram utilizados picnômetros de 10 mL previamente calibrados com água destilada e com volume corrigido de acordo com a temperatura de aferição.

Figura 7 – Picnômetro utilizado para determinação de densidade



Fonte: Elaborado pelo autor

A densidade (ρ) das *aquafabas* de grão-de-bico e clara de ovo foi calculada de acordo com a equação 1 e os resultados expressos em g/mL.

$$\rho = \frac{m(\text{amostra})}{v(\text{picnômetro})} \quad \text{Equação 1}$$

4.2.5. Determinação de ácido fítico

O método para determinação de ácido fítico nas *aquafabas* de grão-de-bico foi realizado por espectroscopia na região do visível e o limite de detecção foi de 0,016 g de ácido fítico/100 g (LATTA; ESKIN, 1980). As análises foram realizadas no Instituto de Tecnologia dos Alimentos – ITAL (Campinas, SP).

4.2.6. Determinação de tensão superficial

A tensão superficial é a energia livre da superfície de um líquido ou a força gerada neste para se opor à superfície, que leva à retração do líquido e à formação de uma membrana em sua superfície. Pode-se, assim, medir a tensão superficial pela energia (em mJ/m) necessária para aumentar a área superficial do líquido ou pela força (em mN/m) necessária para romper sua membrana (PASHLEYR; KARAMAN, 2004).

A aferência da tensão superficial de um líquido designado à formação de espuma é essencial, pois quanto mais baixa for a tensão superficial, mais fácil o líquido poderá ser espalhado na interface ar-líquido e, assim, obterem-se espumas mais estáveis (SAHIN; SUMNU, 2006).

A tensão superficial das *aquafabas* de grão-de-bico e da clara de ovo foi aferida por meio do método do Anel Du Noüy em tensiômetro (*Biolin Scientific, Attension Sigma 700/701*). Que consiste em medir a força (mN/m) necessária para remover um anel metálico de área conhecida da superfície de um líquido.

Foram utilizados cerca de 50 mL de cada amostra em um frasco de vidro, acoplado ao tensiômetro com sistema *Anel Du Noüy* - previamente calibrado com água destilada – em temperatura constante. O equipamento realizou 10 medições consecutivas e as mostras foram medidas em duplicata.

4.2.7. Análise do volume da espuma e do escoamento obtidas das *aquafabas* de grão-de-bico e da clara de ovo

Inicialmente foi realizado testes para a formação da espuma da *aquafaba*, Os primeiros testes foram realizados com o uso de *mixer* manual doméstico, porém este não foi capaz de atingir a potência e agitação necessárias para a formação de uma espuma com expansão e textura esperadas e um segundo teste foi realizado com multiprocessador doméstico que também não apresentou resultado satisfatório, por

outro lado, a batedeira doméstica obteve a melhor performance quanto a formação, expansão e estabilidade da espuma.

Diferentes volumes (100, 150 e 200 mL) de *aquafaba* e clara de ovo foram testados e indicaram que uma porção de 200 mL apresentou melhor performance de expansão e estabilidade da espuma em relação aos volumes menores, devido ao maior contato da amostra com a hélice da batedeira.

Vale mencionar, que *aquafabas* de grão-de-bico mais diluídas, ou seja, com maiores proporções de água, 1:4 (grão:água; m:m); 1:5 e 1:6, foram obtidas, mas as espumas resultantes apresentaram-se fluidas, instáveis e com drenagem rápida. Como o intuito do trabalho era obter uma espuma e estável, optou-se por não avaliar estas amostras.

Portanto, para a obtenção da espuma das *aquafabas*, duzentos mL de amostra descongelada em temperatura ambiente, foram batidas em uma batedeira doméstica (Batedeira Planetária Arno Deluxe SX 80) (Figura 8) por 20 min em velocidade máxima (nível 08). No caso da clara de ovo, também descongelada em temperatura ambiente, duzentos mL foram batidos na batedeira doméstica por 10 min na velocidade máxima (nível 08).

Figura 8 – Batedeira doméstica utilizada para obter a espuma



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a determinação do volume da espuma, após a obtenção da espuma das *aquafabas* e clara de ovo em batedeira, estas foram transferidas para um béquer e medido o volume, em duplicata.

Testes também foram realizados para medir o escoamento. Inicialmente, as espumas obtidas foram totalmente transferidas para um béquer de 2 L demarcado

com uma fita métrica afixada à parede do mesmo (Figura 9). No decorrer de 120 min – em intervalos regulares de 5 min na primeira hora e 15 min na segunda hora - o volume de líquido que se acumulou no fundo do béquer, foi aferido em milímetros (mm). Para a definição da equivalência de milímetros (mm) para mililitros (mL), foi aferido o volume de água destilada correspondente a cada milímetro com o auxílio de uma bureta, cada 0,1 cm foi equivalente a 12,5 mL.

Figura 9 – Béquer utilizado para medir o escoamento da espuma da *aquafaba* e da clara de ovo



Fonte: Elaborado pelo autor

A utilização do béquer foi imprecisa na quantificação do volume de líquido drenado principalmente para a clara de ovo. Optou-se por realizar um segundo teste com o uso de um *chinoise* - que é uma peneira em forma de funil composto por uma malha de aço com *mesh* fino, utilizado para filtração de produtos espessos como óleos, molhos, etc. – alocado sobre uma proveta de 50 mL (Figura 10) para aferição do escoamento do líquido. Portanto, uma vez formada a espuma, esta foi totalmente transferida para um *chinoise*, cuja ação da gravidade e o produto da drenagem da espuma foi coletado em proveta de 50 mL para aferição do escoamento do líquido a cada 10 min ao longo de 1 h (BYLER; SUSI, 1986; JARPA-PARRA *et al.*, 2015).

Figura 10 – *Chinoise* utilizado no teste de escoamento da espuma de *aquafaba* e clara de ovo



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.8. Estrutura da espuma - Microscopia

Uma vez formada a espuma, faz-se fundamental observar sua estrutura - características geométricas, tamanho, arranjo e disposição das bolhas na interface ar-líquido. Estas características determinam, sobretudo, a estabilidade da espuma e seu comportamento individual (RAIKOS; CAMPBELL; EUSTON, 2007).

Para observar a estrutura das espumas, uma porção das espumas das *aquafabas* de grão-de-bico e da clara de ovo obtida segundo descrito o item 4.2.7 foi transferida para uma lâmina e a fotografia foi feita em um microscópio óptico (Olympus CX31) com lentes de aumento 200x acoplado a uma câmera digital (Olympus SC30)

4.2.9. Elaboração de produto alimentício utilizando as *aquafabas* – bolo

A *aquafaba* foi utilizada no preparo de bolo, como substituta da clara de ovo.

Para o preparo do bolo foram utilizados:

- 200 mL de *aquafaba* (1:1, 1:2 e 1:3) ou de clara de ovo;
- 180 g de açúcar refinado;
- 50 mL de óleo de coco;
- 200 mL de leite de coco;
- 120 g de farinha de trigo;

- 5 g de fermento químico e
- 5 g de bicarbonato de sódio

A *aquafaba* ou a clara de ovo foi batida em batedeira planetária em potência máxima; posteriormente foi adicionado o açúcar refinado, seguido pelo óleo de coco, leite de coco, farinha de trigo, fermento químico e bicarbonato de sódio até a obtenção de uma massa homogênea. A mistura foi transferida para uma assadeira previamente untada e assada em forno convencional a 180 °C por 20 min.

Os produtos finais obtidos com o uso da *aquafaba* foram comparados ao produto preparado com clara de ovo quanto as características sensoriais, principalmente em relação a textura.

4.2.10. Análise dos resultados

Os resultados da *aquafaba* e da clara de ovo foram representados por meio de média e desvio-padrão; e submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste Tukey utilizando o software IBM SPSS Statistics (SPSS Inc., IBM), versão 20.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise centesimal, pH, sólidos solúveis, densidade e ácido fítico

Os resultados obtidos para a análise centesimal das diferentes diluições de *aquafaba* e da clara de ovo podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros físicos e químicos das *aquafabas* e da clara de ovo

Parâmetro	Aquafaba			Clara de Ovo
	1:1	1:2	1:3	
Umidade (g/100 g)	96,09 ± 0,11 ^c	97,66 ± 0,11 ^b	98,37 ± 0,06 ^a	87,81 ± 0,29 ^d
Cinza (g/100 g)	0,42 ± 0,02 ^b	0,26 ± 0,03 ^c	0,19 ± 0,03 ^d	0,65 ± 0,03 ^a
Proteína (g/100 g)	0,70 ± 0,06 ^b	0,46 ± 0,02 ^b	0,33 ± 0,01 ^b	11,87 ± 1,05 ^a
Lipídeo (g/100 g)	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Carboidrato (g/100 g)	2,82	1,62	1,11	0,00
pH	5,91 ± 0,01 ^d	6,17 ± 0,00 ^b	5,99 ± 0,01 ^c	9,41 ± 0,01 ^a
Sólidos Solúveis (^o Brix)	3,85 ± 0,07 ^b	2,25 ± 0,07 ^c	1,65 ± 0,07 ^d	18,60 ± 3,25 ^a
Densidade (g/mL)	1,0147 ± 0,0010 ^{ab}	1,0087 ± 0,0022 ^b	1,0039 ± 0,0002 ^b	1,0841 ± 0,070 ^a
Ácido Fítico (g/100g)	nd	nd	nd	-

Fonte: Elaborado pelo autor. Média ± desvio padrão, Carboidrato obtido por diferença. nd = não detectado, limite de detecção do método 0,016 g/100 g. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação a todos os parâmetros avaliados em todas as amostras, com exceção da proteína que o teor da clara de ovo diferiu ($p \leq 0,05$) das *aquafabas*, mas estas não diferiram ($p > 0,05$) entre si, e para a densidade que a clara de ovo não diferiu ($p > 0,05$) da *aquafaba* 1:1, mas diferiu ($p \leq 0,05$) das demais *aquafabas*.

Os resultados das *aquafabas* de grão-de-bico demonstram que os parâmetros analisados – cinza, proteína e carboidrato – diminuíram à medida em que a umidade aumentou, conforme o esperado, uma vez que a quantidade de água utilizada para a cocção do grão-de-bico na amostra 1:3 foi três vezes maior do que a utilizada para a amostra 1:1, resultando em maior quantidade de *aquafaba*.

O resultado obtido para umidade, de 96,09% a 98,37% para as *aquafabas*, foi observado também por Meurer (2019) que apresentou 97,06% de umidade em suas amostras de *aquafaba*. Resultados semelhantes também foram relatados por Bird *et al.* (2017) e Stantiall *et al.* (2018) que utilizaram 1:1,75 (grão-de-bico seco:água, m:m)

para a cocção e obtiveram umidades de 94,4% e 94,87%, respectivamente. A umidade do produto está diretamente relacionada a sua diluição, que, consequentemente, depende da quantidade de água adicionada para a cocção do grão-de-bico e ao tempo de cocção a que este foi submetido (MEUER, 2019).

Quanto à clara de ovo, que apresentou 87,81% de umidade, o resultado se assemelha ao relatado por Santana (2017) de 87,9% e por Stantiall *et al.* (2018), cuja clara de ovo apresentou 88,4% de umidade. A umidade da clara de ovo é afetada diretamente pelas condições e o tempo em que os ovos ficam expostos após a postura (OLIVEIRA, 2013).

Quanto ao teor de cinzas, Raikos, Campbell, Euston (2007) relataram 0,44% de cinzas em *aquafaba*, enquanto Stantiall *et al.* (2018), de 0,57%, valores superiores ao deste estudo (0,06 a 0,11%). Meurer (2019), por sua vez, identificou 0,29% de resíduo mineral em amostras de *aquafaba*. Estudos que analisaram a composição dos grãos crus e após o cozimento para obtenção de *aquafaba* observaram que há uma perda relativa de resíduos minerais quando comparadas as amostras, que deve ser atribuída à diluição destes na água do cozimento (MEURER, 2019).

O teor de cinzas de 0,65% na clara de ovo, foi semelhante aos relatados por Pelegrine, Gasparetto (2003) que relataram 0,62% de resíduo mineral em suas amostras. As estruturas proteicas da clara de ovo apresentam componentes minerais ligados a ela e muito importantes em sua estruturação espacial (OLIVEIRA, 2013).

O teor de proteína encontrado por Meurer (2019) de 0,52% em amostras de *aquafaba* se assemelham aos obtidos neste estudo, cuja variação, de acordo com as diluições estudadas, foi de 0,33 a 0,70%. Raikos, Campbell, Euston (2007) relataram 1,27% de proteína em *aquafaba* proveniente de grãos-de-bico comerciais, enquanto Alsalman, Ramaswamy (2021) obtiveram variação de 0,5% a 1% de proteína em suas amostras. Todavia, as concentrações de proteína na *aquafaba* são bastante baixas. Estudos apontaram que um maior tempo de cocção e uma maior proporção de grão-de-bico em relação à água de cozimento são capazes de aumentar o teor de proteínas em *aquafaba* (ALSALMAN *et al.*, 2020).

O teor de proteína para clara de ovo observado foi de 11,87%, dentro da faixa de variação descritos por Guerrero-Legarreta, Hui (2010) e Mine (2008), de 10 a 12,50% de proteína na clara de ovo. Santana (2017), em seu trabalho, obteve 10% de proteína em clara de ovo fresca.

O teor de lipídeo foi zero nas *aquafabas* de grão-de-bico e na clara de ovo, assim como o observado em outros trabalhos que avaliaram a composição centesimal de *aquafaba* (HE *et al.*, 2021). Na clara de ovo o teor de lipídeos é de cerca de 0,1% (OLIVEIRA, 2013).

O pH da *aquafaba* obtida após o cozimento do grão-de-bico em diferentes proporções de água variou pouco, de 5,91 a 6,17. A *aquafaba* proveniente do grão-de-bico, assim como a de outras leguminosas, possui pH levemente ácido; em torno de 6 (STANTIAL *et al.*, 2018).

O pH é um indicador importante para determinação da qualidade dos ovos. A clara de ovo apresentou pH de 9,41. Segundo Claudino *et al.* (2016), o valor médio de pH da clara do ovo apresenta mudanças significativas ao longo do tempo de armazenamento. Claras com 15 dias antes do vencimento, apresentaram valor de pH de 9,21 tanto para a fração fina quanto espessa. Os menores valores de pH (7,6 a 7,9) são relatados em ovos mais novos, ou seja, recém postos; uma vez que com o passar do tempo, há a formação de S-ovoalbumina e, conseqüentemente, o aumento do pH do produto (OLIVEIRA, 2013).

O pH está diretamente ligado com o comportamento das proteínas em uma solução, pois afeta a distribuição de suas cargas e a natureza da molécula. Quando a distribuição das cargas na molécula é igual a zero (carga líquida), dá-se o nome de ponto isoelétrico. No entanto, se o pH estiver acima ou abaixo do ponto isoelétrico da proteína, poderá ocorrer a desnaturação e, quando extremo, a formação de agregados insolúveis (MORAES *et al.*, 2013). Em pH mais baixo, as cargas positivas das proteínas aumentam, enfraquecendo as interações hidrofóbicas entre as moléculas e aumentando a adsorção na superfície ar-água, reduzindo assim a tensão superficial. A diminuição da tensão superficial é interessante para a formação de espumas estáveis (HE *et al.*, 2021). Vale mencionar, que quanto menor o pH, maior será o volume e a estabilidade da espuma obtida das claras.

A densidade da *aquafaba* diminuiu com o aumento da proporção de água para a cocção, conforme esperado. Os resultados - que variaram de 1,0039 a 1,0147 g/mL – são semelhantes aos encontrados na água de cozimento de outras leguminosas como, por exemplo, 1,017 g/mL para o feijão; 1,025 g/mL para a lentilha verde e 1,021 para a lentilha amarela (SERVENTI *et al.*, 2018; STANTIAL *et al.*, 2018).

Claudino *et al.* (2016) relataram densidade para clara de ovo fino e espesso, de ovos com 15 dias antes da validade, de 1,0393 e 1,0400 g/mL, respectivamente; valores estes semelhantes ao deste estudo (1,0841 g/mL).

A densidade afeta a formação de espuma, pois para que haja adsorção das proteínas na interface ar-água, é necessário que o desdobramento da molécula seja ágil (MEURER; DE SOUZA; MARCZAK, 2020).

As leguminosas são excelentes fontes de nutrientes e podem ser amplamente utilizadas na alimentação por sua diversidade. Porém, estas possuem compostos que são considerados fatores antinutricionais, ou seja, de alguma maneira afetam a digestibilidade e/ou a absorção de nutrientes no trato gastrointestinal. O ácido fítico, por exemplo, interfere na absorção de minerais e na sua biodisponibilidade; além de inibir enzimas digestivas (KOBELITZ, 2011). Alsalman *et al.* (2020) desenvolveram um planejamento experimental para avaliar quais as melhores condições de proporção de água e tempo de cocção para otimização das propriedades funcionais e antinutricionais da *aquafaba* de grão-de-bico. No caso do ácido fítico, este diminuiu sua concentração linearmente com o aumento do tempo de cozimento, não sendo mais detectado após 45 min de cocção dos grãos. Neste estudo, não foi detectado ácido fítico nas *aquafabas* de grão-de-bico, de modo que o tratamento térmico conferido às amostras foi eficiente para eliminar o composto antinutricional.

5.2. Tensão superficial

Em um líquido, a tensão superficial é equivalente à energia superficial, uma vez que as moléculas na superfície do líquido possuem mais energia do que aquelas que estão no centro do líquido e que, portanto, estão com suas cargas equilibradas; enquanto as da superfície estão parcialmente livres de ligações com as moléculas vizinhas. A tensão superficial da água em temperatura ambiente, por exemplo, é de aproximadamente 73 mN/m (PASHLEYR; KARAMAN, 2004; PTASZEK *et al.*, 2015).

Soluções proteicas, entretanto, tendem a apresentar uma tensão superficial menor que a da água, uma vez que as proteínas se orientam para ocupar espontaneamente a superfície fazendo com que as moléculas da água se organizem e equilibrem suas cargas no interior do líquido (DALVIN, 2011; FOEGEDING; LUCK; DAVIS, 2006; PTASZEK *et al.*, 2015). As proteínas na superfície da solução formam uma monocamada, cujas estruturas polares (hidrofílicas) estarão voltadas para a

água, enquanto as estruturas apolares (hidrofóbicas) estarão em contato com o ar (LANGEVIN, 2000).

Proteínas constituídas por aminoácidos hidrofóbicos, como é o caso da *aquafaba* de grão-de-bico e da clara de ovo, são mais facilmente adsorvidas na superfície do líquido por processos que causam sua desnaturação, como ocorre, por exemplo, no processo de batimento para obtenção de espuma. A energia aplicada durante o batimento faz com que as proteínas que estavam no interior do líquido também se desnaturem e se orientem à superfície, diminuindo a tensão superficial, facilitando sua adsorção na interface ar-líquido e, assim, influenciando diretamente na formação e estabilidade das espumas (DALVIN, 2011; MARTIN *et al.*, 2002).

As *aquafabas* de grão-de-bico e a clara de ovo apresentaram valores de tensão superficial diferentes (Tabela 5), sendo que a amostra 1:2 apresentou o maior valor, mas não diferiu significativamente ($p > 0,05$) das demais amostras. Santana (2017) ao avaliar a tensão superficial da clara de ovo fresca obteve tensão superficial de 53 mN/m – valor maior que o obtido neste estudo. A diminuição da tensão superficial, neste caso, pode estar relacionada ao processamento térmico aplicado à amostra.

Tabela 5 – Tensão superficial (mN/m) das *aquafabas* de grão-de-bico e da clara de ovo

Tensão Superficial	<i>Aquafaba</i>			Clara de Ovo
	1:1	1:2	1:3	
	52,36 ± 0,59 ^a	52,55 ± 0,50 ^a	50,93 ± 0,63 ^a	51,10 ± 2,98 ^a

Fonte: Elaborado pelo autor. Média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Xiong (2009) relataram que valores baixos de tensão superficial estão diretamente relacionados ao menor tamanho da partícula na superfície da solução e às suas condições de carga superficial. Martinez-Velasco *et al.* (2018), ao analisar a capacidade de formação de espuma a partir da proteína de feijão fava, relataram que a redução do tamanho médio das partículas proteicas (pela utilização de ultrassom) resultou também na diminuição da tensão superficial das dispersões e na melhor performance de formação de espuma.

A globulina e a ovoalbumina são as principais proteínas presentes no grão-de-bico e na clara de ovo, respectivamente, tais proteínas são compostas por

aproximadamente metade de aminoácidos hidrofóbicos. Quando submetidas à tratamento térmico, ambas apresentam a característica de alterar sua estrutura proteica, devido à desnaturação parcial, principalmente em sua estrutura secundária (ALSALMAN; RAMASWAMY, 2021; OLIVEIRA, 2013). A desnaturação parcial, neste caso, beneficia estas proteínas anfifílicas e a adsorção de suas partes hidrofóbicas na superfície do líquido, diminuindo assim a sua tensão superficial (MEURER, 2019).

Quanto aos diferentes valores de tensão superficial encontrados nas *aquafabas*, faz-se necessário ressaltar que outros fatores podem afetar na diminuição ou no aumento da tensão superficial, para além da hidrofobicidade da proteína, como, por exemplo, a formação de agregados proteicos insolúveis que interferem na adsorção da proteína na superfície da solução (SANTANA, 2017; VAN DER PLANCKEN; VAN LOEY; HENDRICKX, 2007).

5.3. Avaliação das espumas

A capacidade de formação de espuma se dá devido à energia aplicada à amostra através do cisalhamento da hélice da batedeira que, aliada a baixa tensão superficial da solução, causa a desnaturação das proteínas e a adsorção na interface ar-água para formação das bolhas (ARUNEPANLOP *et al.*, 1996).

Mustafa *et al.* (2018) e Shim *et al.* (2018) relataram que, para a *aquafaba*, o aumento do tempo de batimento produziu espuma mais estável. Porém o mesmo não se observa para a clara em neve, já que a extensão do tempo de batimento excede a desnaturação das proteínas e resulta em uma espuma instável (OLIVEIRA, 2013). No intuito de otimizar a formação e a estabilidade das espumas, 200 mL das amostras de *aquafaba* foram batidas por 20 min, enquanto o mesmo volume de clara de ovo foi batido por 10 min neste estudo. O batimento aumenta o volume da espuma da clara de ovo, porém batimentos prolongados resultam em uma espuma seca e de baixa qualidade (LOMAKINA; MÍKOVÁ, 2006). A espuma das *aquafabas* e da clara de ovo foram descritas como dura, com formação de picos firmes.

Para o teste de expansão de espuma, a *aquafaba* (200 mL) foi submetido a batimento, resultando em volumes diferentes de expansão para cada diluição de *aquafaba* (Tabela 6). Embora a medida para aferição de volume de expansão de espuma seja imprecisa em béquer, os resultados apontam uma menor expansão à medida em que a diluição da *aquafaba* diminui, conforme esperado. O resultado da

expansão da clara de ovo foi semelhante a *aquafaba* (1:1), não diferiram ($p > 0,05$) mas diferiram ($p \leq 0,05$) das demais amostras.

Tabela 6 – Volume total de espuma formada pela *aquafaba* de grão-de-bico e clara de ovo

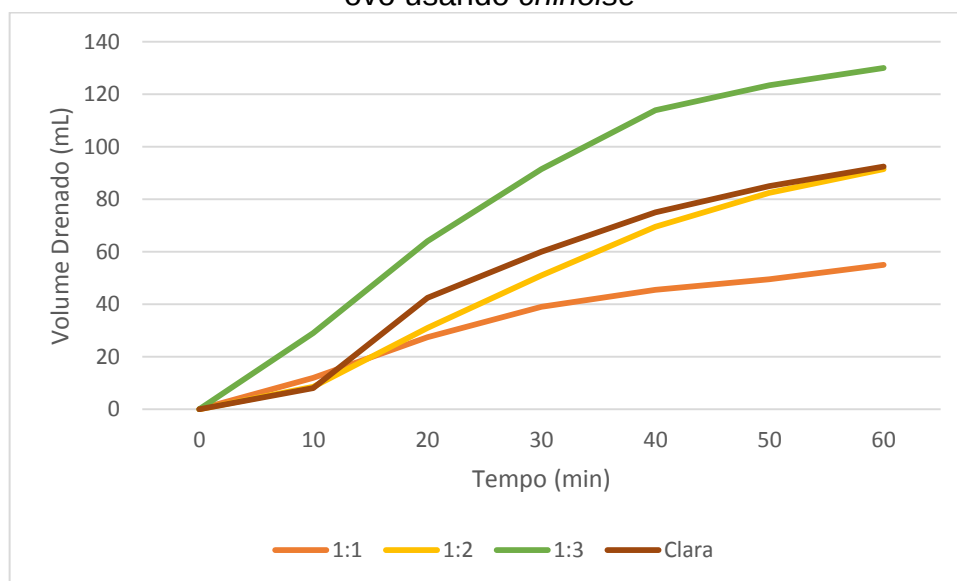
<i>Aquafaba</i>	Volume total	
	cm	mL
1:1	17,25 ± 0,35 ^a	2.154,25 ± 47,02 ^a
1:2	15,75 ± 0,35 ^b	1.965,75 ± 44,19 ^b
1:3	14,25 ± 0,35 ^c	1.781,25 ± 44,19 ^c
Clara de Ovo	18,25 ± 0,35 ^a	2.281,25 ± 44,19 ^a

Fonte: Elaborado pelo autor. Média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Ao avaliar a capacidade de formação de espuma da *aquafaba* de grão-de bico em comparação à clara de ovo, os estudos de Mustafa *et al.* (2018) e de Stantiall *et al.* (2018), divergiram quanto ao volume de espuma obtido, que pode ser explicado pelos diferentes processos utilizados para obtenção da espuma – os primeiros utilizaram a *aquafaba* derivada de grão-de-bico enlatado enquanto os segundos obtiveram a *aquafaba* após fervura por 90 min. Mustafa *et al.* (2018) obtiveram volume de 182 a 476% para as diferentes marcas de grão-de-bico enlatado e de 311 % para clara de ovo. Já Stantiall *et al.* (2018) verificaram 58% para a *aquafaba* e 400% para a clara de neve. Ambos utilizaram mixer culinário, porém, além de utilizarem diferentes extrações de *aquafaba*, o tempo de batimento, a potência do equipamento e o tratamento da amostra podem ter influenciado nos resultados observados.

Na análise de drenagem da espuma de *aquafaba* e da clara de ovo com o uso do *chinoise*, foi possível verificar que as espumas obtidas nas diferentes proporções, apresentam o mesmo comportamento (Figura 11). Todas as amostras apresentaram aumento da drenagem após 10 min, crescente até o final da análise. A amostra de *aquafaba* 1:2 apresentou perfil de drenagem similar à clara de ovo, enquanto a 1:1 teve menor volume drenado, em comparação às demais.

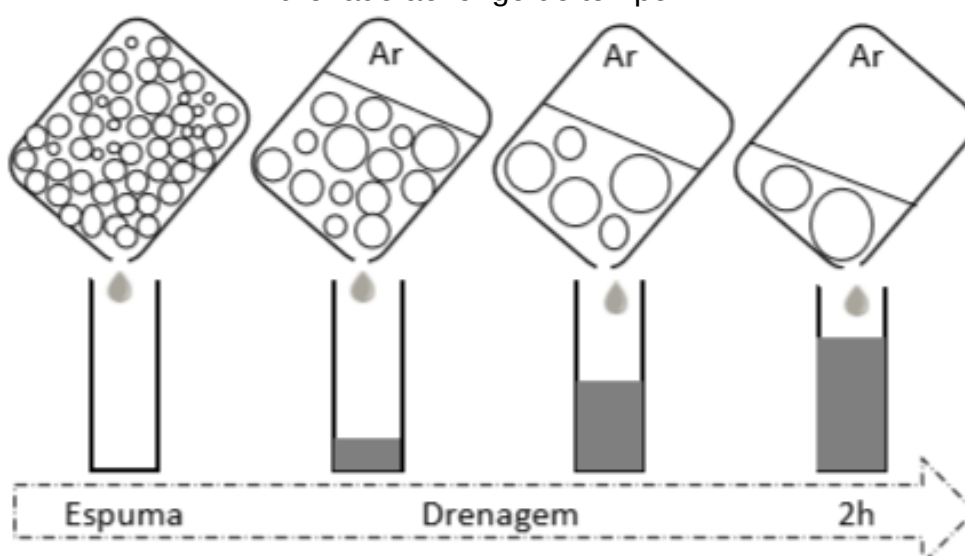
Figura 11 – Drenagem (mL) em função do tempo (min) das *aquafabas* e da clara de ovo usando *chinoise*



Fonte: Elaborado pelo autor

A drenagem de espuma, conforme ilustrado na Figura 12 está diretamente relacionada à estabilidade da espuma (RAIKOS; CAMPBELL; EUSTON, 2007). As variáveis que envolvem a desestabilização da espuma estão relacionadas com a força gravitacional, diferença de densidade e viscosidade do líquido (fase contínua), diferenças de pressão e estrutura da espuma (DALTIM, 2011; SANTANA, 2017)

Figura 12 – Sequência ilustrativa da drenagem da espuma e aumento do volume drenado ao longo do tempo



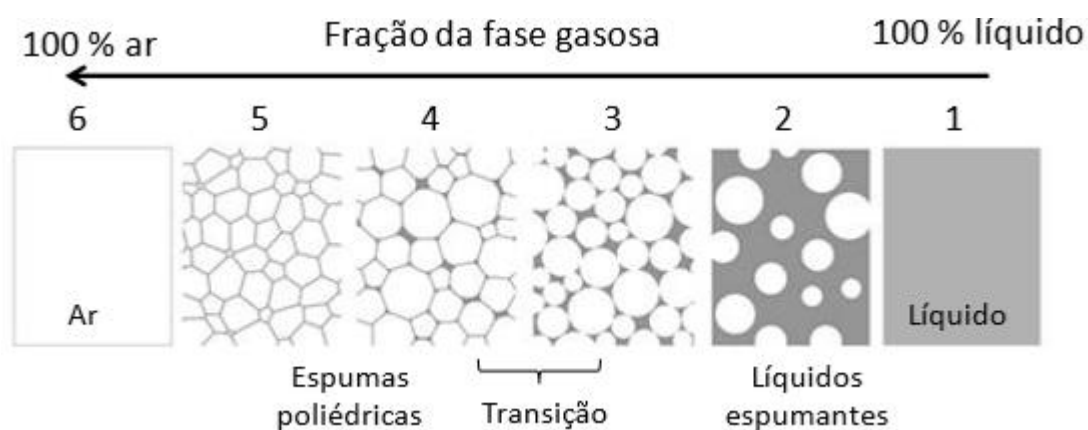
Fonte: Santana, 2017.

A maior drenagem observada no início da medida, até 40 min, também foi observada por Santana (2017) para claras de ovo frescas. Segundo Daltin (2011), espumas mais hidratadas, ou seja, com maior quantidade de líquido entre as bolhas, tendem a sofrer o efeito das forças gravitacionais que reduzem a espessura do filme lamelar e causam a coalescência das bolhas nos primeiros 40 min de drenagem em repouso. Passado este tempo, com a diminuição da espessura do filme lamelar e o volume de líquido inferior a 30%, ocorre uma maior influência das forças de atração das proteínas com a água, quando a dinâmica criada pelas forças de repulsão diminui a velocidade de drenagem do líquido.

5.4. Estrutura da espuma – microscopia

A formação e morfologia das espumas estão relacionadas à incorporação de ar na interface ar-líquido a partir do cisalhamento. A Figura 13 ilustra os processos de formação de espuma em líquido espumantes e a geometria das bolhas a partir da incorporação de ar. É possível observar que as bolhas passam de uma morfologia mais esféricas, com menor diâmetro e com lamelas mais espessas; para uma morfologia poliédrica e com lamelas mais finas e com formato plano, à medida em que o ar é incorporado à solução (Santana, 2017).

Figura 13 – Imagem ilustrativa dos processos de formação de espuma pela incorporação de ar ao líquido

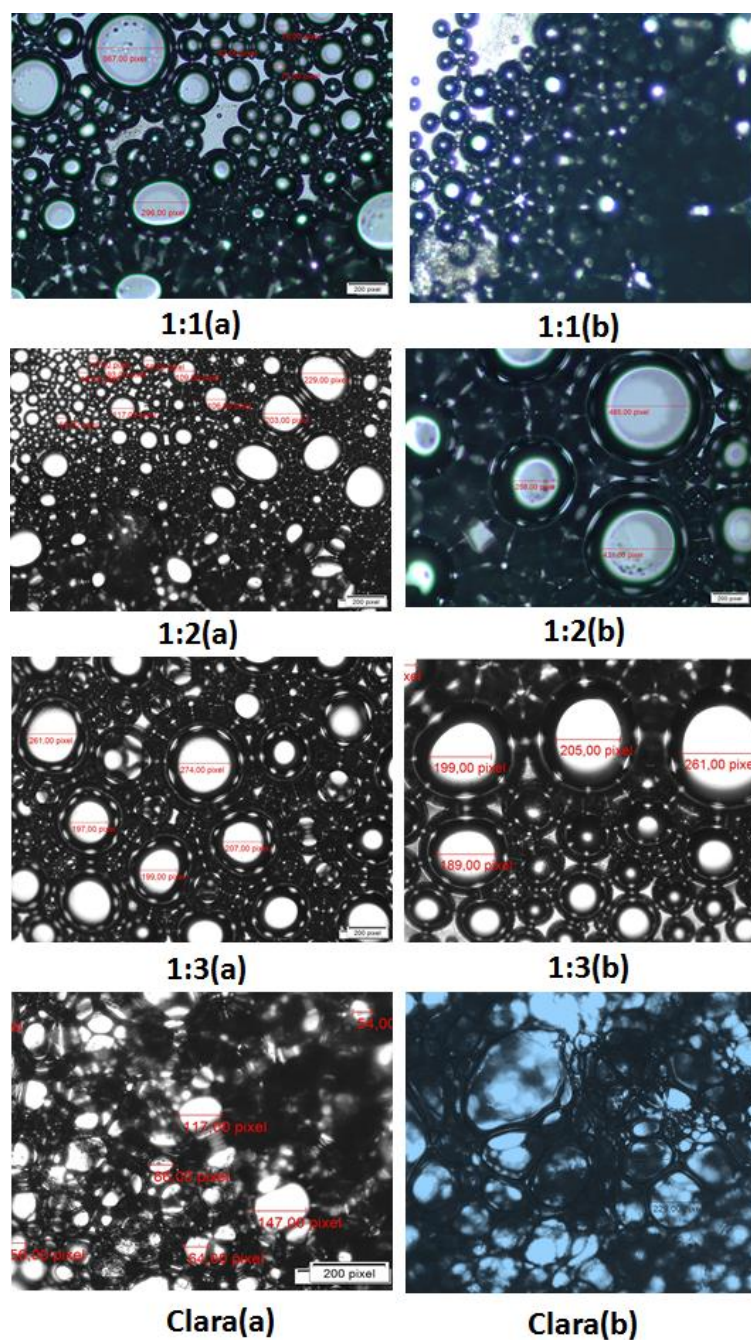


Fonte: Santana, 2017.

A Figura 14 apresenta as imagens microscópicas das espumas das *aquafabas* de grão-de-bico e de clara de ovo. As imagens foram capturadas logo após a obtenção

das espumas. É possível verificar que as espumas das *aquafabas* apresentam bolhas de ar esféricas e bem definidas, cujos núcleos e tamanhos aumentam à medida em que a diluição da água aumenta. Na amostra 1:3 há maior concentração de bolhas grandes em detrimento de bolhas pequenas.

Figura 14 – Imagens microscópicas das espumas de *aquafaba* e clara de ovo



As imagens microscópicas das espumas das *aquafabas* demonstraram que, para o mesmo tempo de batimento (20 min), quanto menor a diluição (1:1) mais as bolhas tendem a se manter menores, mais distribuídas e estruturadas pela lamela de líquido. À medida em que a diluição aumenta (1:3), a geometria das bolhas tende a ficar mais plana, a área de ar aumenta e as lamelas diminuem.

Bolhas finas e de tamanho uniforme e com menores diâmetros promovem um equilíbrio na energia da interface água-ar das proteínas, tornando a espuma mais estável e com melhor homogeneidade e textura final quando aplicadas a produtos alimentícios (BENNION; BENT; BAMFORD, 1997). Meurer (2019) verificou que o tratamento da *aquafaba* com ultrassom proporcionou bolhas menores e mais homogêneas quando comparadas às bolhas da amostra sem tratamento e à clara de ovo. A intensidade e o tempo de exposição das amostras ao ultrassom influenciaram diretamente na estabilidade das espumas, na uniformidade e na distribuição das bolhas, semelhante ao obtido com a espuma da clara de ovo utilizada no estudo.

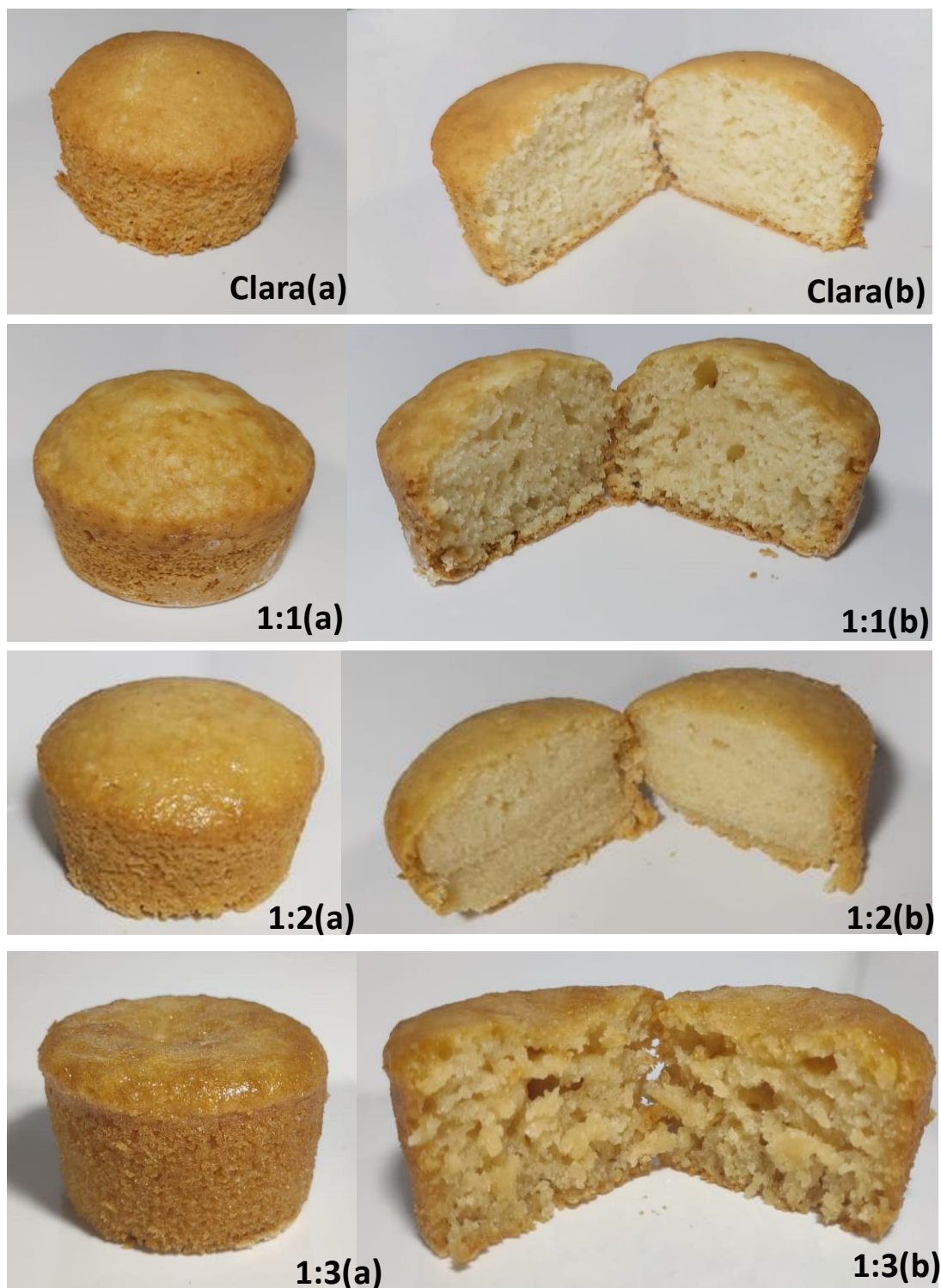
O batimento por 10 min da clara de ovo resultou em espumas com geometria de transição da forma esférica para forma poliédricas. Santana (2017) ao bater a clara de ovo fresca por 3 min observou o mesmo comportamento da interface ar-líquido da espuma, com abundante formação de bolhas já nos primeiros minutos de batimento.

Diante dos resultados relatados, quanto menor for a proporção de água em relação ao grão-de-bico utilizada para a cocção e, conseqüentemente, para a obtenção de *aquafaba*, maior o potencial de formação de espuma. De modo que, quanto mais concentrada for a *aquafaba*, maior será o volume e a estabilidade da espuma.

5.5. Produto elaborado com a espuma de *aquafabas* - bolo

Os bolos veganos foram produzidos com as *aquafabas* (1:1; 1:2 e 1:3), para avaliar a potencialidade da aplicação das diferentes concentrações de *aquafaba* como substituta à clara em neve em preparações culinárias (Figura 15).

Figura 15 – Bolos elaborados com as *aquafabas* (1:1; 1:2 e 1:3) e clara de ovo



Fonte: Elaborado pelo autor. (a) bolo inteiro e (b) bolo cortado ao meio

O bolo vegano elaborado com as *aquafabas* 1:1 e 1:2 foram o que mais se assemelharam ao bolo elaborado com a clara em neve em relação à aparência e a textura (maciez). Os bolos veganos produzidos com as *aquafabas* 1:2 e 1:3 tiveram

uma aparência mais brilhante. O bolo vegano elaborado com a *aquafaba* 1:3 apresentou formação de bolhas grandes e afundamento do centro.

Os resultados deste trabalho demonstraram a potencialidade do uso da espuma da *aquafaba* de grão-de-bico em preparações culinárias e a necessidade de aprofundamento dos estudos da sua utilização quanto à formulação, proporção e aplicação em outras receitas culinárias.

A realização da análise sensorial com produtos alimentícios elaborados com *aquafabas* a fim de verificar sua aceitabilidade pelos potenciais consumidores, não foi viável devida a pandemia pelo Covid 19.

Este estudo poderá ser repetido com grão-de-bico nacional, já que na época das análises o Brasil importava do México quase todo o alimento consumido internamente. Sua produção era incipiente. Além do cultivar e das proteínas, estudos mais aprofundados acerca da presença de polissacarídeos, saponina e compostos fenólicos deverão ser avaliados - quanto ao potencial de interferir na composição ou no produto final da *aquafaba*, seja em sua capacidade de formar espuma, emulsiva ou gelificante.

6. CONCLUSÃO

Os parâmetros físicos e químicas das *aquafabas* e da clara de clara diferiram principalmente quanto ao teor de proteína - que é significativamente menor nas *aquafabas*. A composição proteica, tanto da *aquafaba* quanto da clara de ovo, formada majoritariamente por proteínas globulares, auxiliam na melhor adsorção da interface ar-líquido e estabilidade da espuma.

A *aquafaba* demonstrou potencial de formação de espuma semelhante a clara em neve. A *aquafaba* 1:1 apresentou volume de expansão semelhante à clara de ovo e menor escoamento que à clara de ovo, enquanto a *aquafaba* 1:2 apresentou escoamento semelhante à clara de ovo.

O bolo elaborado com as *aquafabas* apresentaram características sensoriais análogas às obtidas com o uso da clara de ovo.

REFERÊNCIAS

- ALLEONI, A. C.; ANTUNES, A. J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 681-685, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/tBmF4pWPGY4zxfggh4jSmsD/?lang=pt#>. Acesso em: 20 ago. 2019.
- ALSALMAN, F. B. *et al.* Evaluation and optimization of functional and antinutritional properties of aquafaba. **Legume Science**, Hoboken, v. 30, n. 3, p. 1-15, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/leg3.30>. Acesso em: 2 ago. 2021.
- ALSALMAN, F. B.; RAMASWAMY, H. S. Evaluation of changes in protein quality of high-pressure treated aqueous aquafaba. **Molecules**, Berlin, v. 26, n. 234, p. 1-20, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/1/234>. Acesso em: 2 ago. 2021.
- ARUNEPANLOP, B. *et al.* Partial replacement of egg white proteins with whey proteins in angel food cakes. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 61, n. 5, p. 1085-1093, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb10937.x>. Acesso em: 3 ago. 2021.
- ASLAN, M.; ERTAS, N. Possibility of using 'chickpea aquafaba' as egg replacer in traditional cake formulation. **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Derg**, Urfa, v. 24, n. 1, p. 1-18, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340063656_Possibility_of_using_'chickpea_aquafaba'_as_egg_replacer_in_traditional_cake_formulation. Acesso em: 21 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual 2021**. São Paulo: ABPA, 2021. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual_2021_web.pdf. Acesso em: 2 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual 2018**. São Paulo: ABPA, 2018. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2018>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International**. 18. ed. Washington, D.C.: AOAC International, 2016.
- AZEVEDO, E. C. *et al.* Padrão alimentar de risco para as doenças crônicas não transmissíveis e sua associação com a gordura corporal: uma revisão sistemática. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 5, p. 1447-1458, 2014. Disponível em: <https://scielosp.org/pdf/csc/2014.v19n5/1447-1458/pt>. Acesso em: 21 jun. 2021.

BARANCELLI, G. V.; MARTIN, J. G.; PORTO, E. Salmonella em ovos: relação entre produção e consumo seguro. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 73-82, 2012. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8634612>. Acesso em: 20 ago. 2019.

BATISTA FILHO, M.; RISSIN, A. A transição nutricional no Brasil: tendências regionais e temporais. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19 (Sup. 1), p. S181-S191, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/r3GLHShDsgtt5JPKBYL7G3x/?lang=pt>. Acesso em: 21 jun. 2021.

BENNION, E. B.; BENT, A. J.; BAMFORD, G. S. **The tchnology of cake making**. 6 ed. Reino Unido: Blackie Academic & Professional, 1997.

BIRD, L. G. *et al.* Products of chickpea processing as texture improvers in gluten-free bread. **Food Science and Technology International**, London, v. 23, n. 8, p. 690-698, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28658964/>. Acesso em: 1 ago. 2021.

BLEIL, S. I. O padrão alimentar ocidental: considerações sobre a mudança de hábitos no Brasil. **Cadernos de Debate**, São Paulo, v. 6, p. 1-25, 1998. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3322764/mod_resource/content/1/o-padroao-alimentar-ocidental-consideracoes-sobre-a-mudanca-de-habitos-no-brasil.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

BORGES, A. Na pandemia, brasileiro come 251 ovos por ano. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, Caderno Economia & Negócios, São Paulo, 1 maio 2021. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,na-pandemia-brasileiro-come-251-ovos-por-ano,70003700935>. Acesso em: 2 ago. 2021.

BOUYER, E. *et al.* Proteins, polysaccharides, and their complexes used as stabilizers for emulsions: alternatives to synthetic surfactants in the pharmaceutical field? **International Journal of Pharmaceutics**, Amsterdam, v. 436, n. 1-2, p. 359-378, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2012.06.052>. Acesso em: 3 ago. 2021.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/legislacao/legislacao-geral-da-pesca/decreto-no-9-013-de-29-03-2017.pdf/view>. Acesso em: 10 jan. 2019.

BUHL, T. F.; CHRISTENSEN, C. H.; HAMMERSHOJ, M. Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: protein composition and functional behavior. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 96, p. 354-364, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.041>. Acesso em: 2 ago. 2021.

BYLER, D. M.; SUSI, H. Examination of the secundar structure of proteins by deconvolved FTIR spectra. **Biopolymers**, New York, v. 25, n. 3, p. 469-487, 1986. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bip.360250307>. Acesso em: 4 ago. 2021.

CARDOSO, F. T. *et al.* Aproveitamento integral de alimentos e o seu impacto na saúde. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, DF, v. 6, n. 3, p. 131-143, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/15776/14081>. Acesso em: 23 abr. 2018.

CHEIB, A. S. **As políticas públicas de redução do consumo de proteína animal e de substituição por uma alimentação à base de vegetais**: uma análise de atores, instrumentos e objetivos. 2020. 146 f. Monografia (Graduação em Administração Pública) - Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://monografias.fjp.mg.gov.br/bitstream/123456789/2691/1/Alice%20Senra%20Cheib.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2021.

CLAUDINO, A. C. O. *et al.* Estudo comparativo das características reológicas, físico-químicas, formação e estabilidade de espuma de ovos convencionais e especiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA, 15., 2016, Gramado. **Anais [...]** Gramado: SBCTA, p. 1-5, 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/1553.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2021.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO (CEAGESP). **Guia CEAGESP por produto**. São Paulo: CEAGESP, 2018. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/ovo-branco/>. Acesso em: 11 jan. 2019.

COORDENADORIA DE DESENVOLVIMENTO DOS AGRONEGÓCIOS (CODEAGRO). **Mapa da agricultura familiar**. Disponível em: <http://codeagro.agricultura.sp.gov.br/static/bi/maf.html>. Acesso em: 11 jan. 2019.

DALTIN, D. **Tensoativos**: química, propriedades e aplicações. São Paulo: Blucher, 2011.

DAMIAN, J. J.; HUO, S.; SEVERNTI, L. Phytochemical content and emulsifying ability of pulses cooking water. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 244, n. 9, p. 1647-1655, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3077-5>. Acesso em: 3 ago. 2021.

DAVA Foods. **Structure of the egg**. Disponível em: <https://www.davafoods.com/structure-of-the-egg>. Acesso em: 2 ago. 2021.

DERBYSHIRE, E. J. Flexitarian diets and health: a review of the evidence-based literature. **Frontiers in Nutrition**, Surrey, v. 3, p. 1-8, jan. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5216044/pdf/fnut-03-00055.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

DERGAL, E. *et al.* **Química de los alimentos**. 4. ed. México: Pearson Educación, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Soluções tecnológicas**: grão-de-bico BRS Aleppo. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/2213/grao-de-bico-brs-aleppo>. Acesso em: 12 ago. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Pulses**: nutrition seeds for a sustainable future. Rome: FAO, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/es/c/3c37a47f-228c-4bdc-b8a5-593759464eb4/>. Acesso em: 21 jun. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO); ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **América Latina e o Caribe**: panorama da segurança alimentar e nutricional. Santiago: FAO: OPAS, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6977o.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2018.

FERREIRA, A. C.; BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietium*) cru irradiado e submetido a cocção. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 80-88, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/LvrjQkgDkRRNhSzBMchDkGs/?lang=pt>. Acesso em: 12 ago. 2021.

FOEGEDING, E. A.; LUCK, P. J.; DAVIS, J. P. Factors determining the physical properties of protein foams. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 2-3, p. 284-292, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X05001141>. Acesso em: 2 ago. 2021.

FRANÇA, F. C. *et al.* Mudanças dos hábitos alimentares provocados pela industrialização e o impacto sobre a saúde do brasileiro. In: SEMINÁRIO DE ALIMENTAÇÃO E CULTURA NA BAHIA, 1., 2012, Feira de Santana. **Anais [...]** Feira de Santana: UFES, 2012. p. 1-7. Disponível em: http://www2.uefs.br:8081/cer/wp-content/uploads/FRANCA_Fabiana.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

FREIRE, P. Carta de Paulo Freire aos Professores. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 42, p. 259-268, 2001.

FRIAS, J. *et al.* Influence of processing on available carbohydrate content and antinutritional factors of chickpeas. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 210, n. 5, p. 340-345, 2000. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s002170050560>. Acesso em: 1 ago. 2021.

GAUR, P. M. *et al.* **Chickpea seed production manual**. Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 2010. Disponível em: http://oar.icrisat.org/10276/1/ChickpeaManual_full.pdf. Acesso em: 4 ago. 2021.

GOOD FOOD INSTITUTE (GFI). **O consumidor brasileiro e o mercado plant-based**. São Paulo: GFI, 2020. Disponível em: <https://gfi.org.br/wp->

content/uploads/2021/02/O-consumidor-brasileiro-e-o-mercado-plant-based.pdf. Acesso em: 4 ago. 2021.

GOOD FOOD INSTITUTE (GFI). **Relatório Trienal 2018-2020**. São Paulo: GFI, 2018. Disponível em: https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2021/04/Relat%C3%B3rio-Trienal_GFI-Brasil.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

GONÇALVES, P. **A cultura do supérfluo**: lixo e desperdício na sociedade de consumo. Rio de Janeiro: Geramond, 2011.

GUERRERO-LEGARRETA, I.; HUI, Y. H. **Handbook of poultry science and technology**: primary processing. West Sacramento: John Wiley & Sons, 2010.

HARTKE, K. Trust us. You can use the liquid from a can of beans to make dessert. **Washington Post**, Washington, D.C., 5 oct. 2015. Disponível em: https://www.washingtonpost.com/lifestyle/food/trust-us-you-can-use-the-liquid-from-a-can-of-beans-to-make-dessert/2015/10/05/508ccb42-6852-11e5-9223-70cb36460919_story.html?utm_term=.dcd65dc4e9f8. Acesso em: 26 abr. 2018.

HE, Y. *et al.* Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 111, p. 27-42, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421001424>. Acesso em: 2 ago. 2021.

HE, Y. *et al.* Chickpea cultivar selection to produce aquafaba with superior emulsion properties. **Foods**, Basel, v. 8, n. 12, p. 685, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31847449/>. Acesso em: 2 ago. 2021.

HENZ, G. P.; PORPINO, G. Food losses and waste: how Brazil is facing this global challenge? **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, p. 472-482, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/pX6NNvPG8FsQkWfrvmCmBDf/?lang=en>. Acesso em: 20 ago. 2021.

JARPA-PARRA, M. *et al.* Impact of pH on molecular structure and surface properties of lentil legumin-like protein and its application as foam stabilizer. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 132, p. 45-53, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927776515002842>. Acesso em: 21 jun. 2021.

KATO, Y.; WATANABE, K.; SATO, Y. Effect of maillard reaction on some physical properties of ovalbumin. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 46, n. 6, p. 1835-1839, 1981. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04499.x>. Acesso em: 10 ago. 2019.

KOBLITZ, M. G. **Matérias-primas alimentícias**: composição e controle de qualidade. 3. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2011.

LAFARGA, T. *et al.* Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea aquafaba using a response surface methodology. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 18, p. 100177, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100177>. Acesso em: 21 jun. 2021.

LAIRON, D. Biodiversity and sustainable nutrition with a food-based approach. In: BURLINGAME, B. *et al.* **Sustainable diets and biodiversity: directions for policy, research and action**. Rome: FAO Headquarters, 2012. p. 30-35. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3004e/i3004e01.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

LANGEVIN, D. Influence of interfacial rheology on foam and emulsion properties. **Advances in Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 88, n. 1-2, p. 209-222, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001868600000452>. Acesso em: 3 ago. 2021.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, p. 1313-1315, 1980.

LIMA FILHO, O. F. **Pulses e o grão-de-bico**: importante mercado mundial para o Brasil. Dourados: EMBRAPA, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/48714778/artigo---pulses-e-o-grao-de-bico-importante-mercado-mundial-para-o-brasil>. Acesso em: 12 ago. 2021.

LOMAKINA, K.; MÍKOVÁ, K. A study of the factors affecting the foaming properties of egg white – a review. **Czech Journal of Food Sciences**, Prague, v. 24, n. 3, p. 110-118, 2006. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CZ2006000659>. Acesso em: 20 ago. 2019.

MAKUTA, G. **Biodiversidade, arca do gosto e fortalezas slow food**: um guia para entender o que são, como se relacionam, com o que comemos e como podemos apoiá-las. São Paulo: Associação Slow Food do Brasil, 2018.

MARTIN, A. H. *et al.* Network forming properties of various proteins adsorbed at the air/water interface in relation to foam stability. **Journal of Colloid and Interface Science**, New York, v. 254, n. 1, p. 175-183, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021979702985929>. Acesso em: 3 ago. 2021.

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**, Oxford, v. 44, p. 97-105, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417718301810>. Acesso em: 3 ago. 2021.

MEURER, M. C. **Efeito do ultrassom nas propriedades tecnológicas de cozimento do grão-de-bico (aquafaba)**. 2019. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,

2019. Disponível em:

<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/193024#:~:text=Os%20resultados%20mostraram%20que%20a,apresentou%20influ%C3%AAncia%20favor%C3%A1vel%20nestas%20propriedades>. Acesso em: 2 ago. 2021.

MEURER, M. C.; DE SOUZA, D.; MARCZAK, L. D. F. Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 265, p. 1-11, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877419303206>. Acesso em: 6 ago. 2021.

MINE, Y. **Egg bioscience and biotechnology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

MINE, Y. Recent advances in egg protein functionality in the food system. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 58, p. 31-39, 2002. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1079/WPS20020005>. Acesso em: 20 ago. 2019.

MORAES, C. S. *et al.* **Métodos experimentais no estudo das proteínas**. Rio de Janeiro: IOC, 2013. Disponível em:

http://www.fiocruz.br/ioc/media/apostila_volume_1.pdf. Acesso em: 2 ago. 2021.

MUSTAFA, R. *et al.* Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 53, n. 10, p. 2247-2255, 2018. Disponível em:

<https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ijfs.13813>. Acesso em: 2 ago. 2021.

NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V.; GIORDANO, L. B. **Instruções técnicas da Embrapa hortaliças: cultivo do grão-de-bico (*Cicer arietium*)**. Brasília, DF: EMBRAPA, 1998. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/765566/cultivo-do-grao-de-bico-cicer-arietinum-l>. Acesso em: 4 ago. 2021.

NICORESCU, I. *et al.* Comparative effect of thermal treatment on the

physicochemical properties of whey and white proteins foams. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 25, n. 4, p. 797-808, 2011. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X10002353>. Acesso em: 20 ago. 2019.

OLIVEIRA, B. L. **Qualidade e tecnologia de ovos**. Viçosa: Editora UFV, 2013.

PASHLEY, R. M.; KARAMAN, M. E. **Applied colloid and surface chemistry**. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.

PEDROSA, M. *et al.* Effect of instant controlled pressure drop on the oligosaccharides, inositol phosphates, trypsin inhibitors and lectins contents of different legumes. **Food Chemistry**, London, v. 131, n. 3, p. 862-868, 2012.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.061>. Acesso em: 1 ago. 2021.

PEIXOTO, M.; PINTO, H. S. **Desperdício de alimentos**: questões socioambientais, econômicas e regulatórias. Brasília, DF: Senado Federal: Consultoria Legislativa, 2016. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/517763>. Acesso em: 26 abr. 2018.

PELEGRINE, D. H.; GASPARETTO, C. A. Estudo da solubilidade das proteínas presentes no soro de leite e na clara de ovo. **Revista Brasileira de Estudos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 57-65, 2003.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. Barueri: Manole, 2019.

PHILLIPS, L. G.; HAQUE, Z.; KINSELLA, J. E. A method for the measurement of foam formation and stability. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 52, n. 4, p. 1074-1077, 1987. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2621.1987.tb14279.x>. Acesso em: 20 ago. 2019.

PTASZEK, P. *et al.* The effect of pectins and xanthan gum on physicochemical properties of egg white protein foams. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 144, p. 129-137, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877414003252>. Acesso em: 3 ago. 2021.

RACHWA-ROSIK, D.; NEBESNY, E.; BUDRYN, G. Chickpeas-composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 55, n. 8, p. 1137-1145, 2015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10408398.2012.687418?needAccess=true>. Acesso em: 13 ago. 2021.

RAHARITSIFA, N.; GENOVESE, D. B.; RATTI, C. Characterization of apple juice foams for foam-mat drying prepared with egg white protein and methylcellulose. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 71, p. E142-E151, 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2006.tb15627.x>. Acesso em: 20 ago. 2019.

RAIKOS, V.; CAMPBELL, L.; EUSTON, S. Rheology and texture of hen's egg protein heat-set gels as affected by pH and the addition of sugar and/or salt. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 21, n. 2, p. 237-244, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X06000804>. Acesso em: 20 ago. 2019.

RAIKOS, V.; HAYES, H.; NI, H. Aquafaba from commercially canned chickpeas as potential egg replacer for the development of vegan mayonnaise: recipe optimisation and storage stability. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 55, n. 5, p. 1935-1942, 2019. Disponível em:

<https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.14427>. Acesso em: 22 ago. 2021.

RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 31, n. 29, p. 185-198, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890016>. Acesso em: 20 ago. 2019.

SADAHIRA, M. S. *et al.* Effect of egg white protein-pectin eletrostatic interaction in a high sugar contente system on foaming and rheological properties. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 58, p. 1-10, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X16300376>. Acesso em: 20 ago. 2019.

SAHIN, S.; SUMNU, S. G. **Physical properties of foods**. New York: Springer Verlag, 2006.

SANTANA, F. C. O. **Caracterização, capacidade espumante e estabilidade de espumas de claras de ovos frescas, pasteurizadas e desidratadas**. 2017. 194 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

SERVENTI, L. *et al.* Cooking water of yellow soybeans as emulsifier in gluten-free crackers. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 244, n. 12, p. 2141-2148, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3122-4>. Acesso em: 2 ago. 2021.

SHIM, Y. Y. *et al.* Composition and properties of aquafaba: water recovered from commercially canned chickpeas. **Journal of Visualized Experiments**, v. 132, p. 1-14, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5912395/pdf/jove-132-56305.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

SILVA, M. A.; NEVES, V. A.; LOURENÇO, E. J. Frações protéicas e globulina principal de grão-de-bico (*Cicer arietium* L.), CV IAC-Marrocos. **Alimentação e Nutrição**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 131-149, 2001. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/805>. Acesso em: 12 ago. 2021.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA (SNA). **Cultivo de grão-de-bico avança no país e cresce 1.400% em um ano**. Rio de Janeiro: Editorial SNA, 2018. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/cultivo-de-grao-de-bico-avanca-no-pais-e-cresce-13-00-em-um-ano/>. Acesso em: 22 ago. 2019.

SOLÉ, D. *et al.* Consenso brasileiro sobre alergia alimentar: 2018 - parte 1 etiopatogenia, clínica e diagnóstico. Documento conjunto elaborado pela Sociedade Brasileira de Pediatria e Associação Brasileira de Alergia e Imunologia. **Arquivos de Asma Alergia e Imunologia**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 7-38, 2018. Disponível em: http://aaai-asbai.org.br/detalhe_artigo.asp?id=851. Acesso em: 2 ago. 2019.

SOUZA, R. O. **Vegetarianismo ambiental**: estudo das controvérsias na relação entre vegetarianismo e emissões de gases de efeito estufa. 2019. 175 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Instituto de Engenharia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106132/tde-31072019-153158/publico/DISSERTACAO_RAVI_VEGETARIANISMO_AMBIENTAL_VE_RSAO_DEFINITIVA.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

STANTIAL, S. E. *et al.* Application of pulses cooking water as functional ingredients: the foaming and gelling abilities. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 244, p. 97-104, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-017-2943-x>. Acesso em: 2 ago. 2021.

VALLE, M. 'Aquafaba': chickpea brine is a surprisingly egg-cellent baking substitute. **The Guardian**, Londres, 29 Sept. 2015. Disponível em: <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2015/sep/29/aquafaba-chickpea-liquid-baking-egg-white-substitute>. Acesso em: 26 abr. 2018.

VAN DER PLANCKEN, I.; VAN LOEY, A.; HENDRICKX, M. E. Foaming properties of egg white proteins affected by heat or high pressure treatment. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 78, n. 4, p. 1410-1426, 2007. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877406000586?casa_token=f74qD0gYGBQAAAAA:Ko-6Yto10QIARUc90Xu_FjeReeYJyy4YbjkX-9g15CgVqGzXWp6D_Y1nA15STX9R-WHrayF1vw. Acesso em: 3 ago. 2021.

VEGNEWS. This startup saved 1 million chicken eggs with its vegan aquafaba alternative. Disponível em: <https://vegnews.com/2021/5/oggs-vegan-aquafaba-eggs>. Acesso em 30 set. 2021.

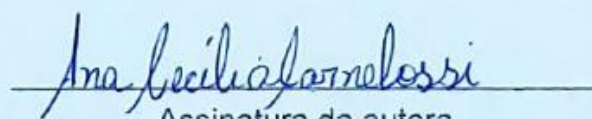
VIEIRA, T. M. Estrutura, funcionalidade e aplicações de proteína de soja. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE ÓLEOS E GORDURAS, 12., 2018, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: UFSC, 2018. Disponível em: <http://www.oleosegorduras.org.br/site/assets/arquivo/0079cdf6aeacb2e36e9293113f7bb8d8.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2019.

XIONG, Y. L. Dairy proteins. In: TARTÉ, R. **Ingredients in meat products**: properties, functionality and applications. New York: Springer, 2009. p. 131-144.

TERMO DE REPRODUÇÃO XEROGRÁFICA

Autorizo a reprodução xerográfica do presente Trabalho de Conclusão, na íntegra ou em partes, para fins de pesquisa.

São José do Rio Preto, 28/09/2021


Assinatura da autora

Observação: esta é a última página do Exemplar Definitivo