

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**LISA NAOMI OKAZUKA**

**ANÁLISES DA ESTABILIDADE DE SISTEMAS COLOIDAIS UTILIZADOS NA  
ELABORAÇÃO DE PRODUTOS A BASE DE AQUAFABA DE GRÃO-DE-BICO**

**CAMPO MOURÃO**

**2022**

**LISA NAOMI OKAZUKA**

**ANÁLISES DA ESTABILIDADE DE SISTEMAS COLOIDAIS UTILIZADOS NA  
ELABORAÇÃO DE PRODUTOS A BASE DE AQUAFABA DE GRÃO-DE-BICO**

**Analysis of the stability of colloidal systems used in the preparation of  
products based on chickpea aquafaba**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Tecnólogo em Alimentos da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador): Prof<sup>a</sup> Dra. Angela Maria Gozzo.

**CAMPO MOURÃO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**LISA NAOMI OKAZUKA**

**ANÁLISES DA ESTABILIDADE DE SISTEMAS COLOIDAIS UTILIZADOS NA  
ELABORAÇÃO DE PRODUTOS A BASE DE AQUAFABA DE GRÃO-DE-BICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Tecnólogo em Alimentos da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 10/junho/2022.

---

Professora Angela Maria Gozzo  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Professora Adriana Aparecida Droval  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Professora Stephani Caroline Benetti  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**CAMPO MOURÃO**

**2022**

Dedico este trabalho aos meus pais (Roberto koiti e Eloina), que foram meu alicerce na vida, que sempre investiram e acreditaram no meu potencial.

## **AGRADECIMENTOS**

Enfim concluo esta jornada chamada faculdade, agradeço a todos, a minha família toda minha gratidão e amor! Agradeço todo o incentivo, carinho, paciência e compreensão, em especial a minha Madrinha Dirce, Suzana e minha avó Massako, que me incentivaram a ser uma pessoa melhor e que de alguma forma sempre estiveram presentes na minha vida nos momentos que mais precisei, apesar de estarem em plano espiritual.

À minha querida mãe Eloina agradeço por ser um exemplo de persistência, de mulher guerreira e por me permitir sonhar e de entender que cada filho tem seu tempo, ao meu pai Roberto agradeço por sempre me incentivar e nunca a desistir apesar das dificuldades e mostrar que todos somos iguais independente da classe social, raça ou pensamentos diversos, aos meus irmãos, Harumi agradeço por ter atendido as minhas ligações nas horas de tristeza e alegria, ao meu irmão Matheus agradeço as parcerias nas noites vendo filmes e por fazer eu lembrar que a conclusão do curso era importante. Ao meu padrinho Yassuo agradeço por ser meu amigo sempre e por me permitir sonhar sem julgamentos, a minha irmã de coração Daniela agradeço o incentivo em ter uma graduação e por me mostrar que sonhos são possíveis! Aos meus tios, Alaor, Isaura, Eliane, Tadashi, Dalva, e Akiko, agradeço os incentivos e apoio, aos amigos agradeço a paciência! Karen Arissa, Barbara, Bianca, Juliana, Milana, Ricardo, Franciele, Michele e Vagner.

Agradeço ao meu namorado Maykon que foi capaz de tornar essa jornada mais suave, e por sempre me colocar para cima.

Aos meus professores Alberto, Stefanie, Franciele, Fabio e Livia agradeço pelos ensinamentos passados e por serem os melhores professores que tive na instituição. Por último agradeço àquela ao qual tenho imensa admiração e carinho que considero a melhor amiga/psicóloga que vive nesses anos de graduação, minha orientadora Angela Maria Gozzo, minha eterna prof. A você minha amada prof. atribuo um dos grandes aprendizados que obtive nessa jornada: o poder da confiança! Prof. Obrigada por acreditar em mim, por me mostrar que não devo escutar opiniões negativas e que se eu quero eu consigo, serei imensamente grata por todas as oportunidades, conselhos e por escutar minhas ideias loucas.

“Todos os nossos sonhos podem se realizar, se  
tivermos a coragem de persegui-los.”  
Walt Disney (EXAME, 2022)

## RESUMO

Devido ao crescimento da população e aumento de pessoas que não consomem proteínas animal, como ovos e leite, as indústrias vêm buscando outras maneiras de fazer e/ou substituir as matérias primas de origem animal utilizadas para espumas e emulsões. Assim, este trabalho teve como objetivo a extração da água de imersão de grão-de-bico (aquafaba), analisando a estabilidade do seu sistema e de matrizes formadas por albumina comercial (em lata), adicionados de aditivos (sacarose, sal, óleo e emulsificante). Qualitativamente, a adição de sal (NaCl) aumentou a tensão superficial do sistema e promoveu espumas com menor volume, tanto para sistemas contendo aquafaba quanto albumina. Porém, nas análises de separação de fases, sua influência não foi notada, apresentando comportamento semelhante as amostras puras. A sacarose reduziu a tensão superficial e aumentou a estabilidade das espumas, porém com menos intensidade que o emulsificante comercial. Os produtos elaborados com a aquafaba (suspiro e maionese), em substituição a matéria prima animal, apresentaram características semelhantes aos produtos comerciais, elaborados com albumina, apresentando-se como um promissor substituto em espumas e emulsões.

Palavras-chave: aquafaba; grão de bico; espuma; emulsão.

## ABSTRACT

With the growth of the population and the increase of people who have some type of allergy to animal proteins such as eggs and milk or who follow a healthier diet (vegan, lacto-vegan and lacto-vegan diet), industries have been looking for other ways to make and/or or replace raw materials of animal origin used for foams and emulsions. Thus, this work aimed to extract the immersion water of chickpeas (aquafaba), analyzing the stability of its system and matrices formed by commercial albumin (in can), added with additives (sucrose, salt, oil and emulsifier). Qualitatively, the addition of salt (NaCl) increased the surface tension of the system and promoted foams with lower volume, both for systems containing aquafaba and albumin. However, in the analysis of phase separation, its influence was not noticed, presenting similar behavior to the pure samples. Sucrose reduced surface tension and increased foam stability, but with less intensity than the commercial emulsifier. Products made with aquafaba (sigh and mayonnaise) to replace animal raw material showed similar characteristics to commercial products made with albumin, presenting themselves as a promising substitute in foams and emulsions.

Keywords: aquafaba; chickpea; foam; emulsion.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação do grão de bico fresco em suas vagens (A) e grãos de bico (B).....	16
Quadro 1 - Diferença entre amilose e amilopectina.....	18
Figura 2 - Diferença entre Amilose e Amilopectina.....	19
Figura 3 - Maionese vegana feita com aquafaba.....	20
Figura 4 - Empresa Mantiqueira lança substituto do ovo à base de ervilha.....	25
Quadro 2 - Etapas de formação de espumas da clara do ovo.....	26
Quadro 3 - Fatores que afetam as espumas e emulsões .....	27
Figura 5 - Grão de bico em repouso inicial e grão de bico após 6 horas de repouso.....	33
Figura 6 - Aquafaba de grão cozido (A) e de lata (B).....	33
Figura 7 - Comparação de aquafaba em grão cozida (A), em lata (B) e clara de ovo (C).....	34
Figura 8 - Comparação entre aquafaba extraída de diferentes leguminosas: P0 e P1 são referentes às sojas amarelas, P2 e P3 se referem às sojas pretas e a amostras 0, 1, 2 e 3 são suas espumas após o batimento.....	35
Figura 9 - Amostras de aquafaba de grão de bico cozido (A), emulsão de aquafaba de grão de bico cozido mais sacarose (B), aquafaba de lata (C) emulsão de aquafaba de lata mais sacarose (D).....	36
Figura 10 - Espuma elaborada com a aquafaba de grão de bico cozido e sacarose (A) comparada com a espuma de clara de ovos e sacarose(B).....	36
Quadro 4 - Características de espumas e emulsões formadas com aquafaba de grão cozido, adicionando-se os aditivos no início do batimento.....	37
Quadro 5 - Características de espumas e emulsões formadas com aquafaba de grão cozido, adicionando-se os aditivos no início do batimento.....	38
Quadro 6 - Características de espumas e emulsões formadas com albumina, adicionando-se os aditivos após 2 minutos do início do batimento.....	38
Quadro 7 - Características de espumas emulsões formadas com albumina, adicionando-se os aditivos no início do batimento.....	39
Quadro 8 - Características de espumas e emulsões formadas com aquafaba de lata, adicionando-se os aditivos após 2 minutos do início do batimento.....	40
Quadro 9 - Características de espumas e emulsões formadas com albumina de lata, adicionando-se os aditivos no início do batimento.....	40
Figura 11 - Amostras com 3 minutos de batimento com os ingredientes adicionados no início do processo. Aquafaba + emulsificante (A), aquafaba + sacarose (B), aquafaba + óleo de soja (C) e aquafaba + NaCl (D) e aquafaba pura (E).....	41
Figura 12 - Amostras com 3 minutos de batimento com os ingredientes adicionados após um minuto do início do processo. Aquafaba + emulsificante (A), aquafaba + sacarose (B), aquafaba + óleo de soja (C) e aquafaba + NaCl (D) e aquafaba pura (E).....	41
Figura 13 - Clara de ovo + sacarose com batimento de 3 minutos (A), clara de ovo + sacarose batimento de 12 minutos (B), aquafaba + sacarose com batimento de 3 minutos (C), aquafaba + sacarose com batimento de 12 minutos (D).....	42

<b>Figura 14 - Sistema formado por aquafaba pura, após batimento e após 60 minutos.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 15 - aquafaba + emulsificante após batimento (A), aquafaba + emulsificante após 27 horas (B).....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 16 - (A) agrafava+ óleo de soja com 3 minutos de batimento e (B) aquafaba + óleo de soja com 1 hora de batimento.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 17 - Emulsão de aquafaba contendo óleo de soja após 27 minutos do batimento.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 18 - Análise de estabilidade Aquafaba de lata, Separação de fases das espumas/emulsões.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 19 - Análise de estabilidade Aquafaba grão cozido, separação de fases das espumas/emulsões.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 20 - Análise de estabilidade de clara de ovo, separação de fases das espumas/emulsões.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 21 - Curva de separação de fases das espumas/emulsão de aquafaba e clara de ovo.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 22 - Suspiro elaborado com aquafaba e seu interior.....</b>	<b>49</b>
<b>Quadro 10 - Características do suspiro produzido com aquafaba em .....</b>	<b>49</b>
<b>Quadro 11 - Características da maionese produzida com aquafaba de grão cozido e de lata em substituição ao ovo, mantida sob refrigeração à 10°C.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 23 - Maionese, imediatamente após o preparo, produzida com a aquafaba de grão cozido (A) e de lata (B).....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Composição das amostras.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 2 - Parâmetros reológicos das maioneses.....</b>	<b>52</b>

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo geral .....	14
2.2	Objetivos Específicos .....	14
3	REVISÃO DA LITERATURA .....	15
3.1	Revisão Histórica do Grão de Bico .....	15
3.2	Estrutura e Composição do grão de bico.....	16
3.3	Composição do amido e seu uso na indústria.....	17
3.4	Água do cozimento do grão de bico .....	19
3.5	Revisão Histórica sobre as Generalidades do Veganismo .....	21
3.6	Grão de bico de lata <i>versus</i> grão de bico em grãos .....	23
3.7	A busca por substitutos dos ovos de aves .....	24
3.8	Formação de emulsões e espumas .....	25
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	28
4.1	Materiais utilizados .....	28
4.2	Preparo das amostras.....	28
4.2.1	Cozimento do grão-de-bico e preparo da aquafaba.....	28
4.3	Padronização do processo .....	29
4.4	Análises físico-químicas da aquafaba .....	31
4.5	Análise de cor.....	31
4.6	Determinação da Cinética de Estabilidade.....	31
4.7	Preparo do suspiro e da maionese .....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
5.1	Extração da aquafaba e formação dos sistemas coloidais .....	33
5.2	Características do volume das espumas/emulsões .....	37
5.3	Determinação da Cinética de Estabilidade.....	45
5.4	Preparo do suspiro e maionese utilizando a aquafaba e albumina .....	48
6	CONCLUSÕES.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55
	APÊNDICE.....	61

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda de consumidores a procura de uma alimentação diversificada exige inovações tecnológicas e novas matrizes alimentares (ROCHA, 2009; ALSALMAN; RAMASWAMY, 2021). Muitos destes produtos são formados por sistemas coloidais (emulsões e espumas) e estes comumente são estabilizados por proteínas, as quais de uma forma geral são de origem animal (WANG *et al.*, 2014).

A cada dia, eleva-se o número de pessoas que optam por dietas diferenciadas e vegetarianas, excluindo total ou parcialmente fontes de origem animal e seus derivados (BRÜGGER, 2009; BORGES, 2014). Consumidores que seguem uma dieta vegana, ovolacto vegetariana e lacto-vegetariana, ou simplesmente que buscam uma alimentação mais saudável, tendem a consumir menos gordura saturada e colesterol e incluir mais fibras, promovendo uma busca crescente por novos produtos, Miquelim (2010), destaca que as emulsões e espumas vêm sendo aplicadas no desenvolvimento de novos produtos adaptados as novas preferências e expectativas do consumidor.

A busca crescente das empresas do setor alimentício em encontrar matéria prima que substitua alimentos de origem animal direciona as pesquisas envolvendo vegetais. Dentre eles, o grão-de-bico se mostra uma fonte rica em nutrientes, possuindo proteínas e carboidratos adequados na formação de sistemas complexos. Um dos sistemas formados pelo grão-de-bico é comumente conhecido como aquafaba. Conforme "*The Official Aquafaba Website*" a palavra aquafaba é o nome comum dado para o líquido provido do cozimento de feijão e outras leguminosas, ou seja, o líquido que é tipicamente descartado encontrado em latas ou até mesmo a água descartada após o cozimento caseiro. Popularmente, a aquafaba pode ser utilizada para substituir as claras (albumina do ovo) em muitas receitas doces e salgadas. Sua mistura única de amidos, proteínas e outros sólidos solúveis da planta fornecem um amplo espectro de propriedades emulsificantes (NORRIS; MESSINA, 2020).

Considerando o grande interesse da indústria em substituir parcial ou integralmente a matéria prima animal e atendendo as expectativas do consumidor, o presente trabalho visa verificar a estabilidade das matrizes coloidais formadas na presença de sais, açúcares e emulsificantes, avaliando posteriormente uma aplicação (suspiro e maionese) em substituição a proteína animal.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Verificar a estabilidade das matrizes coloidais (emulsões e espumas) formadas pela aquafaba extraída da água residual de grão de bico na presença de sal (NaCl), açúcar, óleo e emulsificante comercial.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Contudo, para atingir o objetivo geral citado, alguns objetivos específicos foram determinados:

- Analisar a estabilidade da aquafaba de lata, (água residual da lata de grão de bico industrial) na presença de sal (NaCl), sacarose, óleo de soja e emulsificante, comparando com os sistemas formados por albumina.
- Analisar a estabilidade da aquafaba de grão de bico comercial (grãos não cozidos), na presença de sal (NaCl), sacarose, óleo de soja e emulsificante, comparando com os sistemas formados por albumina.
- Elaborar produtos à base de emulsão (maionese) e espuma (suspiro) de aquafaba.
- Avaliar os efeitos de diferentes intensidades de espumas e emulsões com diferentes tempos de batimentos.
- Comparar o comportamento reológico dos sistemas obtidos a partir da aquafaba de grão-de-bico e da maionese comercial.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

A presente revisão abordará os temas referentes à visão histórica e a criação da aquafaba do grão-de-bico e demais águas de cozimento; inovações na área vegana; vida social na quarentena; descartes na área das indústrias alimentícias; formação de sistemas coloidais; composição do grão-de-bico e seus parâmetros nutricionais e de qualidade.

#### 3.1 Revisão Histórica do Grão de Bico

Como relatado por Manara e Ribeiro (2008), o grão-de-bico teve sua origem no Oriente Médio, onde o primeiro registo sobre o consumo foi a cerca de sete mil anos. O seu cultivo teve início na bacia do Mediterrâneo e, posteriormente, espalhou-se para a Índia e para a Etiópia. É uma leguminosa da família da fabáceas, mede cerca de 40 centímetros de altura, possui flores brancas que desenvolvem uma bainha, na qual se encontram 2 ou 3 grãos com aspecto arredondado, coloração castanho-claro ou esverdeada, dependendo de sua variedade.

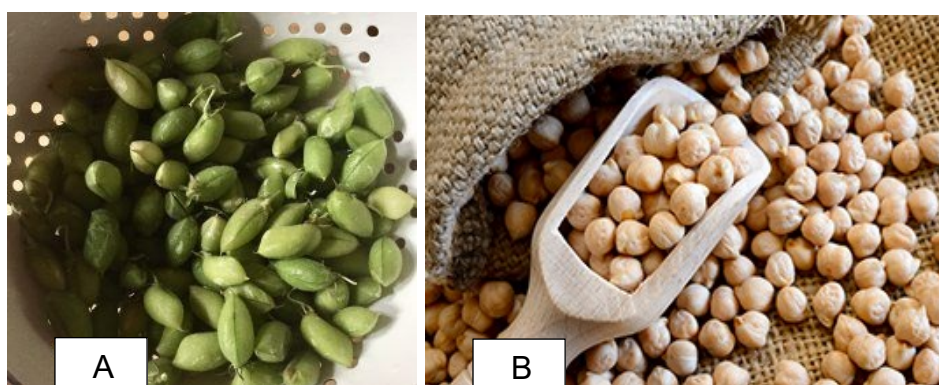
Para o cultivo é necessário temperaturas entre 16 e 30 °C, nas quais obtém plantas com grande capacidade nutricional, maior ausência de antocianina e, normalmente, fácil manutenção da produção (LANA; BANCI; BATISTA, 2019). Ainda não muito popular no Brasil, mas fortemente presente nas culturas árabe e asiática, o grão-de-bico é a segunda leguminosa mais consumida no mundo e promete elevados rendimentos ao agronegócio brasileiro. Foram introduzidas espécies novas no País, as quais tiveram excelente resposta ao clima nacional, além disso, sua cultura é rústica e seu cultivo é mais simples do que as demais leguminosas (HOSKEM *et al.*, 2017).

Segundo Ferreira (2006), o grão-de-bico é fonte de vitaminas, ômega 3, ômega 6, fibras, proteínas e minerais como fósforo, magnésio, ferro, potássio, cobalto, manganês, sua principal diferença quando comparado com outras leguminosas é a digestibilidade.

### 3.2 Estrutura e Composição do grão de bico

Segundo Lana, Banci e Batista (2019), a qualidade do grão de bico (Figura 1) é um fator importante que afeta seu consumo para a nutrição humana e benefícios para a saúde. Alguns dos principais fatores que afetam a qualidade do grão de bico são: peso da semente, tamanho, cor, quantidade de proteína, concentração de amido/amilose e estrutura da amilopectina.

**Figura 1 - Representação do grão de bico fresco em suas vagens (A) e grãos de bico (B).**



Fonte: Lana, Banci e Batista (2019)

A semente do grão-de-bico é constituída por um invólucro (tegumento) com duas camadas para revestimento, a testa exterior e o tégmen interior, e um embrião composto por dois cotilédones. O amido, presente sob forma de grânulos na maioria das plantas, localiza-se nos tecidos e órgãos, como folhas, raízes, frutos e caule, considerado a principal substância de reserva de energia das plantas, podendo ser extraídos para uso humano e animal na forma de cereais (milho, trigo, arroz, aveia, sorgo), tubérculos (batata), raízes (mandioca, inhame) e leguminosas (grão-de-bico, soja, lentilha, feijão).

Segundo Simoni (2017), o grão-de-bico contém teores elevados de proteínas com alto valor nutricional, compreendendo oito dos nove aminoácidos essenciais, como a isoleucina, lisina, leucina, metionina, valina, triptofano, treonina e fenilalanina. A composição do grão de bico varia de 18 a 31% de proteínas; 2,6 a 6,8% de lipídeos 6 a 12,4% de fibras; 6 % de açúcares solúveis; 3,2 a 3,9% de cinzas e de 52,4 a 70,9% de carboidratos totais, dos quais o amido é o componente majoritário.

Sabe-se que os amidos de leguminosas são conhecidos pela alta viscosidade de gel, resistência ao inchamento e à ruptura (AGGARWAL *et al.*, 2004; AGUNBIADÉA; LONGEB, 1999). De acordo com Simoni (2017), o consumo do grão-



de-bico é principalmente voltado para os grãos inteiros, mas apresenta grande potencial a ser explorado nutricional e tecnologicamente, principalmente no estudo de seu amido e proteínas.

Para o consumo, estas leguminosas passam por tratamento térmico e durante o processo de cozimento as proteínas solúveis em água e os carboidratos das leguminosas são capazes de migrar para o sobrenadante. Geralmente são adquiridas in natura, porém no mercado podem ser obtidas em lata pré-cozidas, estas geralmente são autoclavadas a temperatura de 120° C e quanto maior o tempo de cozimento e temperatura, maior a migração dos seus componentes para a água, formando a aquafaba.

### **3.3 Composição do amido e seu uso na indústria**

Como visto, o principal carboidrato contido no grão de bico é o amido, este é composto de dois componentes moleculares básicos: amilose e amilopectina (componente insolúvel formadora do gel). Embora idênticos em seus constituintes básicos (glicose), eles diferem em sua organização estrutural, ou ligações, que impacta sua funcionalidade em aplicações alimentícias (SLATTERY; KAVAKLI; OKITA, 2000). Além disso, cada um é hidrolisado, digerido e absorvido de formas diferentes, conforme apresentado no Quadro 1.

O grão de bico apresenta de 28,6 a 34,3 g de amilose para cada 100 g de amido. A amilose é considerada uma molécula de cadeia linear de unidades de D-glicose unidas por ligações  $\alpha(1-4)$ , e a amilopectina é altamente ramificada, conforme a Figura 2. A proporção relativa de amilose e amilopectina influencia as propriedades do amido e suas propriedades tecnológicas são compactadas em grânulos marcados por um alto grau de ordem molecular, são insolúveis em água fria, e quando são aquecidos em água, a sua estrutura molecular organizada é destruída (AMARAL *et al.*, 2007). Como resultado, os grânulos absorvem uma grande quantidade de água e sofre um inchaço (aumento) irreversível de seu tamanho original. Essa transformação é conhecida como gelatinização (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2010).

O grão de bico apresenta de 65 a 70 g de amilopectina para cada 100 g de amido, como resultado de seu teor de amilopectina, está leguminosa apresenta um inchaço restrito e uma estabilidade elevada durante o processamento. Esta e outras

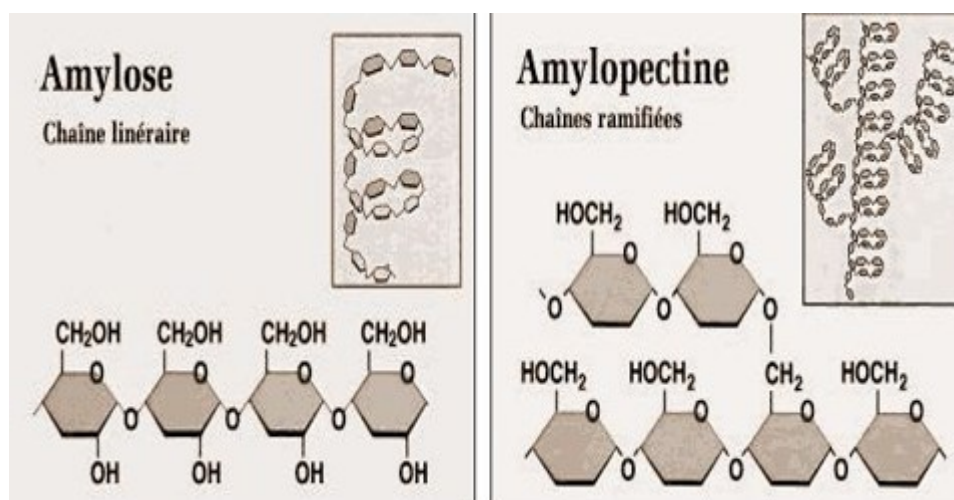
propriedades físico-químicas benéficas os tornam altamente adequados para uso em uma variedade de produtos alimentícios.

**Quadro 1 - Diferença entre amilose e amilopectina**

<b>BASE DE COMPARAÇÃO</b>	<b>AMILOSE</b>	<b>AMILOPECTINA</b>
Descrição	A amilose é um polímero de cadeia não ramificada de unidades de D-glicose.	A amilopectina é um polímero de cadeia ramificada de unidades de D-glicose.
Teste de Iodo	Complexo cor azul escuro	Complexo de cor marrom avermelhada quando a solução de iodo é adicionada.
Solubilidade	É menos solúvel em água.	É mais solúvel em água.
Reação com água quente	Não forma um gel quando é adicionada água quente.	Forma um gel quando água quente é adicionada a ele.
Porcentagem em amido	Constitui cerca de 20-30% do amido.	Constitui cerca de 70-80% do amido.
Hidrólise	Pode ser hidrolisado com as enzimas $\alpha$ amilase e $\beta$ amilase completamente.	Não pode ser completamente hidrolisado com as enzimas $\alpha$ amilase e $\beta$ amilase.
Ligações Glicosídicas	Possui ligações glicosídicas $\alpha$ 1-4.	Possui ligações glicosídicas $\alpha$ 1-4 e ligações glicosídicas $\alpha$ 1-6.
Estrutura	É uma estrutura de cadeia reta.	Possui estrutura ramificada.
Conteúdo energético	É um ótimo sistema de armazenamento de energia.	Armazena apenas uma pequena quantidade de energia.
Unidades de glicose	Tem de 300 à milhares de unidades de glicose.	Possui 2.000 á 200.000 unidades de glicose.

**Fonte: Adaptado de Fennema, Damodaran e Parkin (2010).**

Figura 2 - Diferença entre Amilose e Amilopectina



Fonte: Adaptado de Fennema, Damodaran e Parkin (2010).

Cada vez mais, o amido de leguminosa está sendo empregado para modificar a textura de produtos alimentícios, como alimentos congelados, salgadinhos extrusados, massas, macarrão, biscoitos, bolachas, molhos e sopas. Devido à sua importância no processamento de alimentos e aceitação do consumidor, a pesquisa sobre as características do amido (por exemplo, perfis de colagem, comportamentos térmicos, propriedades de espessamento e gelificação, fatores de expansão, etc.) continua a crescer na indústria de alimentos e atualmente possui aplicação em outros setores, como papel, cosméticos, fármacos e têxtil (ALSALMAN; RAMASWAMY, 2021).

### 3.4 Água do cozimento do grão de bico

Aquafaba é a água residual obtida após o cozimento do grão-de-bico na água. Recentemente, foi demonstrado que esta solução produz espumas e emulsões estáveis e pode atuar como espessante. A aquafaba foi apresentada à comunidade vegana em 2015 pelo chef francês Joël Roessel, onde este divulga o uso da água de descarte do grão-de-bico no lugar dos ovos para fazer um merengue, a primeira sobremesa elaborada com a água de descarte de grão de bico surgiu no popular grupo “*What FAT Vegans Eat do Facebook*”, uma rede social amplamente usada por pessoas do mundo inteiro (NORRIS; MESSINA, 2020).

Vive-se atualmente em um mundo tecnológico, onde tudo o que é publicado se difunde de forma rápida, assim, um novo grupo no Facebook, “*Vegan Meringues - Hits & Misses*”, foi formado e seus membros continuaram desenvolvendo técnicas

utilizando águas não somente do grão de bico, como também de feijões, milhos, arroz e ervilhas.

A busca crescente do setor alimentício em encontrar matéria prima que substitua alimentos de origem animal leva em direção as pesquisas envolvendo vegetais (BENETTI, 2019). Dentre eles, o grão-de-bico se mostra uma fonte rica em nutrientes, possuindo proteínas e carboidratos adequados na formação de sistemas complexos. A aquafaba, rapidamente, ganhou a atenção da indústria alimentícia, assim em 2015, a empresa de condimentos do grupo “New York - Sir Kensington's estreou a *Fabanaise*”, elaborou a primeira maionese vegana (Figura 3) baseada em aquafaba, sendo US\$ 8,5 milhões de dólares investidos em fundos de investimento. O produto é altamente lucrativo, já que a água cozida do grão-de-bico (aquafaba) na maionese é obtida como resíduo de uma empresa de homus no interior do estado de Nova Iorque.

**Figura 3 - Maionese vegana feita com aquafaba**



**Fonte: Food52 (2021)**

Como o uso industrial da aquafaba como matéria prima é recente, pesquisadores avançam em pesquisas para descobrirem sobre sua composição, propriedades e aplicação.

Com a pandemia do novo vírus COVID-19, uma infecção respiratória aguda causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, potencialmente grave e de elevada transmissibilidade, as pessoas começaram a consumir grandes quantidades de mídias por conta do isolamento social e estudos sugerem que esses hábitos continuarão após a pandemia (EFTIMOV *et al.*, 2020). Segundo dados da Nielsen (2022), essa mudança também está provocando alterações nas listas de compras, o crescente aumento nos acessos em sites de receitas e vídeos de como elaborar receitas práticas que além de apresentar novas ideias de receitas, fizeram o

consumidor repensar seus hábitos como o descarte de lixo, reaproveitamento de produtos e substituições de alimentos. Estes novos hábitos fizeram com que a aquafaba ficasse entre os assuntos mais procurados segundo o site de pesquisas GOOGLE em 2020, e assim começou um grande debate, entre blogueiros de culinária e cientistas, se a aquafaba é ou não, algo seguro para o consumo humano.

Um estudo recente de Ricci (2018), realizado com sistemas complexos formados pela água de imersão de grão de bico apresentou capacidade reológica e de textura capaz de substituir matrizes contendo ovos e laticínios. A pesquisa de Stantiall *et al.* (2017) quantificou proteínas presentes na aquafaba de grão-de-bico (0,95 g/100g) e 97,06 % de umidade e, em base seca, 17,79 % de proteína, 2,49 % de lipídeos, 69,88 % de carboidratos e 9,83 % de resíduo mineral.

Uma investigação mais detalhada sobre a aquafaba, de Shim *et al.* (2018), analisou principalmente a composição da aquafaba de grão de bico enlatado, diferente da pesquisa da aquafaba de grão de bico recém cozido, como apresentado por Ricci (2018). Na aquafaba diretamente proveniente da lata, a umidade variou de 63,2 a 69,9%, proteína de 18,2 a 22,3 % e carboidratos de 45,6 a 46,4%.

Antes da aquafaba, os substitutos do ovo mais proeminentes eram os agentes formadores de bolhas, como o fermento em pó ou a mistura de bicarbonato de sódio e vinagre, ou alimentos inteiros que retêm bolhas, como purê de maçã, banana amassada e sementes de chia, contudo, poucos substitutos satisfazem sensorialmente os consumidores. Este cenário, mostra a importância de recentes pesquisas que exploram as alterações sensoriais promovidas pela troca da proteína animal (ovo e leite) por hidrocolóides provenientes de biopolímeros. Atualmente, não há estudos acadêmicos sobre a aquafaba preparada com grão de bico in natura cozido em condições cuidadosamente controladas, e não há estudos detalhados sobre suas propriedades funcionais.

### **3.5 Revisão Histórica sobre as Generalidades do Veganismo**

No livro “*Vegan for Life*”, Norris e Messina (2020) citam que os veganos têm melhor saúde cardíaca e menor probabilidade de ter certas doenças. Aqueles que deixam de comer carne têm menos chance de se tornarem obesos ou de contrair doenças cardíacas, colesterol elevado e pressão alta. Os veganos também têm menos probabilidade de desenvolver diabetes e alguns tipos de câncer,

especialmente cânceres do trato gastrointestinal, da mama, ovários e útero nas mulheres.

Existem inúmeros tipos de alimentação vegana e dietas relacionadas, tais como “*junk food vegan*”, crudivorismo, dieta macrobiótica, ovolactovegetariana e lacto-vegetariana, ou simplesmente pessoas que buscam uma alimentação mais saudável, assim reduzem o consumo de gorduras e incluem mais fibras. Segundo Pozo e Arizábla (2018), o veganismo surgiu há décadas, antes mesmo de se tornar um estilo de vida, os autores da pesquisa citam que desde a antiga Grécia esse estilo de vida era seguido por personagens históricos como Pitágoras e Platon.

Segundo a Agência Brasil (2021), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estima que 30 milhões de brasileiros se declaram adeptos a esta opção alimentar, um número maior do que as populações de toda a Austrália e Nova Zelândia juntas. A pesquisa mostra que de janeiro de 2012 a dezembro de 2017 o volume de buscas pelo termo ‘vegano’ aumentou quatorze vezes no Brasil. O Censo do Mapa Veg, que é constantemente atualizado e mapeia o crescimento do vegetarianismo e veganismo no Brasil, mostra que hoje, mais de trinta milhões de pessoas se enquadram na categoria vegetariana, vegana e simpatizantes, correspondendo aproximadamente a dezenove, dez e três milhões, respectivamente.

O mercado está cada vez mais competitivo, e estas mudanças no comportamento do consumidor fez com que empresas de alimentos adotassem linhas inteiras voltadas aos segmentos *plant-based* - ‘sem carne e sem origem animal’ - e adeptos ao veganismo buscam por lugares e produtos com certificações que validam que o processo produtivo da marca está de acordo com os valores do movimento.

Os pesquisadores Pozo e Arizábla (2018) estudaram a aplicabilidade das leguminosas e sementes para substituir alimentos de origem animal, mostrando que as alternativas vegetais podem ser aplicáveis ou iguais as receitas originais. Neste estudo, os pesquisadores utilizaram matérias primas vegetais na substituição do ovo e nos processos de merengues e macarons, chantilly, mousse de chocolate, queijo e maionese veganos. O estudo comprovou que o merengue de grão de bico é similar ao merengue elaborado com ovos, podendo ser assado normalmente e não havendo diferença entre o sabor e cheiro.

### 3.6 Grão de bico de lata *versus* grão de bico em grãos

Segundo o site da FDA dos EUA, existe um número considerável de pessoas que são alérgicas ao grão de bico, lentilhas, feijões, soja, ervilha, amendoim e demais leguminosas e atualmente não há regulamento de segurança sobre o uso de aquafaba em alimentos, o que implica na necessidade de pesquisas e regulamentações (NORRIS; MESSINA, 2020).

Nem todos conhecem o termo "aquafaba" como água de grão de bico ou água de imersão de leguminosas, assim, as empresas devem rotular a aquafaba explicitamente como "água de grão de bico" ou "água de imersão da soja" ou adicionar uma nota no rótulo indicando a definição do termo "aquafaba".

Além da toxicidade, a preocupação com ingredientes novos é sua funcionalidade, a proteína isolada do grão de bico possui quantidades de saponinas comparáveis à farinha de soja e ao leite de soja, estas substâncias protegem as células dos radicais livres, reduzindo os riscos de doenças cardiovasculares e cânceres (NORRIS; MESSINA, 2020).

Cientistas monitoraram o conteúdo de saponina durante o processo de fabricação de pães, e calcularam a bioacessibilidade, que descreve como as substâncias são ou não absorvidas pelo corpo após a digestão. No início, notou-se que a farinha de soja e a proteína isolada do grão de bico tinham quantidades comparáveis de saponina. Contudo, no decorrer do processo, o isolado de proteína de grão de bico resultou em concentrações baixas de saponinas, isto porque a cada etapa sua concentração foi reduzindo. Assim, as saponinas são teoricamente eliminadas ao elaborar os produtos à base de aquafaba como merengues, macarrons, além disso, o processo digestivo também contribui na sua decomposição (GÜÇLÜÜSTÜNDAĞ; MAZZA, 2007).

Um fator preocupante na água de imersão de produtos enlatados é a possível presença do bisfenol A, abreviado como BPA, este elemento é encontrado em plásticos e resinas de policarbonato. Há pesquisas que sugerem que o BPA pode infiltrar-se no alimento a partir da resina de proteção, especialmente na presença de calor na linha de produção.

A escassa pesquisa sobre a funcionalidade e toxicidade da aquafaba indica a necessidade de mais estudos que envolvam a "água de imersão de leguminosas" como matéria prima principal em matrizes alimentícias complexas.

### 3.7 A busca por substitutos dos ovos de aves

Segundo Castello *et al.* (2004), leite e ovos são os alimentos mais alergênicos e, portanto, são excluídos da dieta diária de milhares de pessoas, a alergia ao ovo de aves em geral de galinhas de granja, é desencadeada principalmente pelas proteínas da albumina.

Os principais alérgenos são o ovomucóide, a ovoalbumina e a ovotransferrina, todos encontrados na clara e na alfa-livetina (Gal d5) presente na gema. O ovomucóide é considerado um alérgeno importante, apresenta relativa estabilidade a digestão das proteinases e ao calor quando comparado com outras substâncias alergênicas (CRAIG, 2009).

Para quem não consome ovos, seja por escolha ou necessidade, certos alimentos se tornam realmente difíceis de elaborar (ALVES, 2015). Merengues, suspiros, gemada, pudim, marshmallows, macarons e algumas massas alimentícias dependem de ovos para sua elaboração, os substitutos de ovos são comuns, mas não são todos iguais, diferem nas características, propriedades e funcionalidade (RATNAYAKE; GEERA; RYBAK, 2012).

Preocupada com o alto consumo de ovos no Reino Unido (36 milhões/dia), a designer britânica Annie Larkins elaborou substitutos de ovos para seu projeto de graduação, apelidado de "Ovos sem Galinhas", o projeto foi lançado em resposta às práticas agrícolas industriais utilizadas para atender à alta demanda por ovos. Após meses de pesquisa, desenvolveu-se uma alternativa proveniente da proteína de ervilha, contendo sal e ácidos derivados de algas (TARGET, 2022).

No Brasil, a companhia de ovos Granja Mantiqueira, do Rio de Janeiro, lançou no mercado o produto "N.OVO" (Figura 4), um substituto do ovo à base de vegetais, contendo como principal ingrediente o amido de ervilha.



**Figura 4 - Empresa Mantiqueira lança substituto do ovo à base de ervilha**



**Fonte: Exame (2022)**

Em produtos, como a maionese, a aquafaba é utilizada como substituta de ovos e/ou leite, sendo o objetivo principal proporcionar emulsividade nas formulações, promovendo um produto com características de viscosidade, textura e espalhabilidade adequadas. Nas indústrias, para a formação de emulsões e espumas, é utilizado principalmente a clara do ovo, a albumina forma um filme insolúvel em torno da bolha de óleo (emulsão) ou ar (espuma), proporcionando sistemas coloidais estáveis (ALCÂNTARA, 2012).

### **3.8 Formação de emulsões e espumas**

Segundo Silva (2020), as espumas são uma estrutura que retém o ar em bolhas, desta forma, definem a textura de produtos comerciais aerados como pão, wafers, sorvetes, mousse de chocolate e merengues, mas também são elementos importantes de produtos que são espumados no ponto de consumo, como cappuccinos, chantilly, milk shakes, dentre outros.

A capacidade de formação e estabilidade da espuma está relacionada à habilidade de absorver ar e óleo e pode ser definida como a propensão da proteína em gerar uma área interfacial, ou seja, formar uma película resistente na interface líquido-gás, incorporando uma grande quantidade de bolhas de gás que possam ser estabilizadas (CHIRALT, 2020). A estabilidade da espuma pode ser definida como a capacidade da proteína de manter a espuma em relação as tensões gravitacionais e mecânicas que podem ser geradas (SILVA, 2020).

Na medida em que se aplica a agitação mecânica em soluções de albumina, as espumas formadas atravessam vários estágios, começando como uma espuma

instável, depois com espuma de picos macios, e finalmente picos firmes, conforme Quadro 2.

**Quadro 2 - Etapas de formação de espumas da clara de ovo (ovoalbumina).**

<b>Etapas de formação das espumas</b>	<b>Características</b>
Espuma inicial	As claras são parcialmente líquidas, com algumas bolhas presentes. A solução se apresenta ligeiramente opaca.
Picos Macios	O sistema apresenta coloração branca, mantendo sua forma estável.
Picos firmes	Quando os picos se tornam firmes, o sistema atingiu seu volume máximo e a agitação mecânica deve cessar.
Espumas super-batidas	Se as claras forem batidas em excesso (além do ponto de picos rígidos), a matriz de proteínas começará a quebrar e a espuma entrará em colapso. O sistema ficará granuloso, apresentando separação de fases, perdendo as bolhas de ar.

**Fonte: Silva (2020)**

Segundo McClements (2012) as emulsões são termodinamicamente instáveis, assim com o passar do tempo, após a agitação mecânica, estas se desestabilizam, resultando assim em duas fases líquidas separadas. Isso ocorre porque as gotículas tendem a se fundir com as gotas vizinhas quando colidem entre si, o que eventualmente leva à completa separação de fases.

As emulsões são divididas em duas categorias de acordo com as características de suas fases: água em óleo, gotículas de água dispersas em fase contínua de óleo (com margarina e manteiga) e óleo em água, gotículas de óleo dispersas em água (como na maionese e molho de salada) (FRANZOL; REZENDE, 2015).

Além da agitação mecânica, já citada, a capacidade de formação de espumas e emulsões em um produto pode ser afetada por demais fatores externos, como temperatura, pH, materiais adicionados (sacarose, sal, aditivos...) e acidez. Para alcançar maior volume, a ovoalbumina deve ser ligeiramente ácida, à medida que os ovos envelhecem, lentamente se tornam mais alcalinos e suas proteínas menos

estáveis. O Quadro 3 apresenta materiais que interferem na qualidade e estabilidade de espumas e emulsões.

**Quadro 3 - Fatores que afetam as espumas e emulsões**

<b>Materiais</b>	<b>Influência na qualidade/estabilidade</b>
Ácido (ex: vinagre)	Aumenta a estabilidade de espumas e emulsões
Sacarose	Aumenta a estabilidade de espumas e emulsões
Óleo	Diminui o volume da espuma
Sal	Diminui a qualidade da espuma
Água	Diminui a qualidade da espuma

**Fonte: Franzol; Rezende (2015)**

Poucos estudos tem analisado estes materiais nas espumas e emulsões de sistemas formados por aquafaba, indicando que mais pesquisas precisam compreender estes fenômenos.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Materiais utilizados**

O grão-de-bico utilizado foi o industrializado em lata e de pacote em grãos, ambos adquiridos no comércio de Campo Mourão, Paraná. As vidrarias e utensílios utilizados estão localizados nos laboratórios da UTFPR, contudo devido a pandemia, algumas análises foram realizadas em *home office*.

Devido a pandemia de 2020 a 2021, não foi possível adquirir somente uma marca comercial de grãos de bico.

### **4.2 Preparo das amostras**

#### **4.2.1 Cozimento do grão-de-bico e preparo da aquafaba**

Para diferenciar a aquafaba elaborada com os grãos secos de pacotes, denominaremos estas de “aquafaba em grãos cozidos” e a aquafaba produzida com o grão de bico em lata de “aquafaba de lata”.

Inicialmente, foi realizada a separação e seleção manual dos grãos com o objetivo de uniformizar a amostra, eliminando impurezas e grãos defeituosos, dos quais compreendem os grãos quebrados e estragados.

A extração da aquafaba dos grãos secos comerciais foi realizada conforme Pontes (2016) e Ricci (2018) onde, cerca de 200g do grão-de-bico foi totalmente imerso em água filtrada durante seis horas, ocorrendo duas trocas durante este período, a primeira troca foi no período de duas horas de imersão, a segunda troca foi feita após quatro horas de imersão. No fim deste, o sobrenadante foi retirado e descartado, buscando inibir agentes toxicológicos.

Cerca de 750 ml de água filtrada foi adicionada ao grão-de-bico anteriormente tratado, submetendo a processo térmico, em panela de pressão, com temperatura de 120 °C e pressão de 1,5 atm durante 20 minutos. Posteriormente, o líquido foi armazenado em potes herméticos, em um refrigerador a uma temperatura de 8°C por 24 horas. Após este período, o produto foi filtrado, iniciando as demais análises.

A quantidade de líquido obtido através da cocção dos grãos de bico foi cerca de 682 ml, sendo esta a amostra padrão utilizada para comparação.

A aquafaba em lata foi drenada utilizando uma peneira, reservando o líquido em potes herméticos, estes foram armazenados em um refrigerador a 8°C por 6 horas. Após este período, foi dado prosseguimento as demais análises.

Para minimizar sua influência nas amostras, a quantidade de água nas soluções de aquafaba e albumina foi padronizada conforme metodologia descrita por Ricci (2018).

Na preparação dos sistemas coloidais as espumas/emulsões foram obtidas por agitação mecânica das soluções de aquafaba e albumina, à 400 rpm por três, seis e doze minutos, conforme necessidade da análise e acondicionadas em provetas graduadas, armazenadas em temperatura ambiente.

#### **4.3 Padronização do processo**

Afim de se observar o volume das espumas e emulsões, foram realizados quinze experimentos, onde adicionou-se diferentes substâncias antes e durante o batimento da aquafaba e das claras de ovos.

As 15 amostras elaboradas foram estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição das amostras

Amostra	Sistema	Aquafaba (g)	Albumina (g)	Óleo de soja(g)	Sacarose	NaCl	Emulsificante
1	Aquafaba de grãos cozidos	100 g	-	-	-	-	-
2	Aquafaba de grãos cozidos	100 g	-	10g	-	-	-
3	Aquafaba de grãos cozidos	100 g	-	-	30g	-	-
4	Aquafaba de grãos cozidos	100 g	-	-	-	3g	-
5	Aquafaba de grãos cozidos	100 g	-	-	-	-	5g
6	Albumina	-	100 g	-	-	-	-
7	Albumina	-	100 g	10g	-	-	-
8	Albumina	-	100 g	-	30g	-	-
9	Albumina	-	100 g	-	-	3g	-
10	Albumina	-	100 g	-	-	-	5g-
11	Aquafaba de lata	100 g	-	-	-	-	-
12	Aquafaba de lata	100 g	-	10g	-	-	-
13	Aquafaba de lata	100 g	-	-	30g	-	-
14	Aquafaba de lata	100 g	-	-	-	3g	-
15	Aquafaba de lata	100 g	-	-	-	-	5g

Fonte: Autoria própria (2022)

#### **4.4 Análises físico-químicas da aquafaba**

As amostras de aquafaba utilizadas neste estudo provem da extração padronizada por testes prévios realizados em um grupo de pesquisa. A determinação do teor de lipídeos, proteínas e carboidratos na aquafaba foi iniciada em outro projeto, realizado por Ricci (2018).

#### **4.5 Análise de cor**

As amostras foram analisadas em relação a cor e odor através de medidas diretas durante o período de análise de estabilidade.

#### **4.6 Determinação da Cinética de Estabilidade**

##### **4.6.1 Influência da sacarose na estabilidade das emulsões e espumas**

Inicialmente foi padronizada a quantidade dos sistemas formados pela aquafaba de lata ou de grão cozido, albumina, sacarose e emulsificante (conforme Tabela 4). As espumas/emulsões foram obtidas por agitação mecânica, à 400 rpm por três minutos ou doze minutos, sendo os aditivos adicionados no início e no meio do processo, conforme análise. Os sistemas foram acondicionados em provetas graduadas, armazenadas em temperatura ambiente para as análises de cinética de estabilidade.

Nos sistemas foram verificadas a ocorrência de separação de fases, tanto nas espumas quanto nas emulsões indicando assim a estabilidade desses sistemas no tempo (0 h, 0.17h, 0.5h, 1 h, 2 h, 3 h, 4 h, 5 h, 8 h, 18 h, 24 h e 27 h).

#### **4.7 Preparo do suspiro e da maionese**

Os processos de suspiro, o qual utiliza a matriz contendo sacarose, e de maionese, matriz contendo óleo e cloreto de sódio, foram preparados para observar a ação da aquafaba em um produto alimentício. A descrição do preparo do suspiro e da maionese se encontra no Apêndice.

O preparo do suspiro foi realizado para análise visual, sua estrutura e porosidade e a maionese foi produzida para observação visual e reológica de formação da emulsão.

As soluções de maionese de aquafaba e de albumina foram armazenadas em potes herméticos à 10° C para as análises de reologia.

As medições reológicas foram realizadas com velocidade de rotação do *spindle* partindo do zero até o máximo de 250 rpm. As propriedades reológicas foram determinadas utilizando-se o reômetro Brookfield DV-III Ultra em duplicata, realizando-se para cada repetição uma nova amostra igual a anterior, para evitar possíveis efeitos do tempo e de cisalhamento da amostra. Os dados coletados pelo reômetro em fase estacionária foram temperatura, tensão de cisalhamento, taxa de deformação e viscosidade aparente. Foram avaliados os parâmetros dos modelos de Bingham, Casson e Herschel-Bulkley, representados nas Equações 1, 2 e 3, respectivamente. De acordo com a literatura, os modelos escolhidos para realizar os ajustes são os mais utilizados e que melhor representam sistemas coloidais (CHIVERO *et al.*, 2016).

$$\sigma = \sigma_0 + \eta_a \cdot \dot{\gamma} \quad (1)$$

$$\sigma^{0,5} = \sigma_0^{0,5} + k_c \cdot \dot{\gamma}^{0,5} \quad (2)$$

$$\sigma = \sigma_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (3)$$

Onde:

$\sigma$ – Tensão de cisalhamento (Pa);

$\sigma_0$ – Tensão inicial (Pa);

$\eta_a$ – Viscosidade limite (Pa.s);

$\dot{\gamma}$ – Taxa de deformação (s<sup>-1</sup>);

$k_c$ – Viscosidade a taxa de deformação infinita (Pa.s);

$k$  – Índice de consistência (Pa.s<sup>n</sup>);

$n$  – Índice de comportamento de fluxo (adimensional).

Os modelos foram ajustados utilizando o software MatLab R2021a.

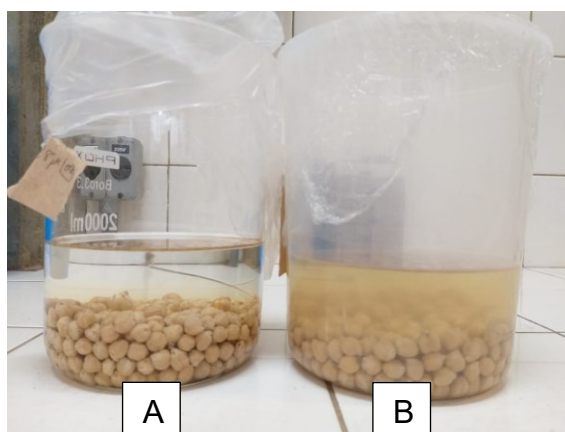


## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Extração da aquafaba e formação dos sistemas coloidais

A imersão do grão de bico, mesmo na ausência de tratamento térmico, promove a liberação de compostos, conforme observado no sobrenadante da Figura 5.

**Figura 5 - Grão de bico em repouso inicial (A) e grão de bico após 6 horas de repouso (B)**



Fonte: Autoria própria (2022)

Com o tratamento térmico, a incorporação dos macro e micro nutrientes do grão de bico no sobrenadante aumenta, constituindo um fluido rico em carboidratos, proteínas e demais compostos, formando a aquafaba. A temperatura e tempo de contato dos grãos com o sobrenadante interfere na formação da aquafaba, o que pode ser notado pela diferença de cor e maior transparência do líquido de imersão elaborado em laboratório durante o tempo de 20 minutos (Figura 6A) e o extraído da lata do produto comercial (Figura 6B).

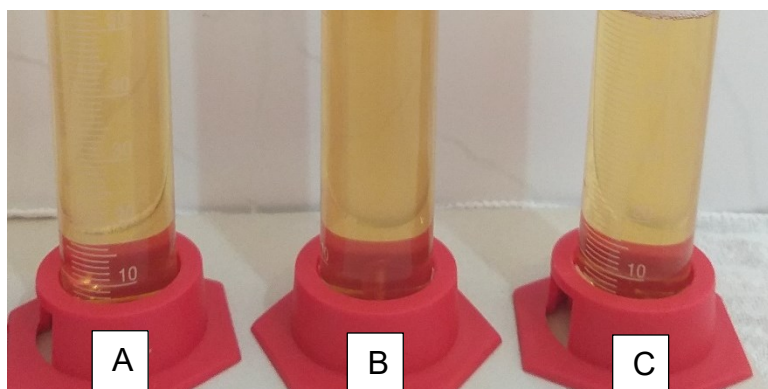
**Figura 6 - Aquafaba de grão cozido (A) e de lata (B).**



Fonte: Autoria própria (2022)

A amostra de aquafaba de lata é mais escura, comparada com a aquafaba obtida do cozimento do grão. Durante as análises foram utilizadas 3 marcas diferentes de grãos de bico em latas, devido a não disponibilidade da mesma marca no comércio, cada marca apresentou coloração diferente, contudo a aquafaba de lata é visivelmente mais escura comparada com a aquafaba obtida do cozimento do grão e a clara de ovo (Figura 7C), isto provavelmente se deve ao grande tempo de contato do substrato com o sobrenadante.

**Figura 7 – Comparação de aquafaba em grão cozida (A), em lata (B) e clara de ovo (C).**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Segundo Shim *et al.* (2018), a cor e a turbidez da aquafaba variaram dependendo do tipo de semente e tratamento térmico em que aquafaba foi obtido (Figura 8), no estudo as cores da aquafaba produzido a partir da cultivar de grão-de-bico de Cabuli (*C. Arietinum* L.) e a soja amarela (*G.max* L., Merr., Backtae) era amarela, opaca e turva. Considerando que antes do batimento a água é transparente ( $L^* = 46,35 \pm 0,06$ ,  $a^* = 2,55 \pm 0,01$ ,  $b^* = 21,47 \pm 0,06$ ,  $p < 0,05$ ), as amostras de aquafaba preparadas a partir de sojas pretas Seoritae (*G.max* (L.) Merr., Aqs 2 e S2) e Jwinunikong (*R. Nulubilis*, Aqs 3 e S3), respectivamente, eram marrom-escuro para preto, com alta turbidez.

**Figura 8 – Comparação entre aquafaba extraída de diferentes leguminosas: P0 e P1 são referentes às sojas amarelas, P2 e P3 se referem às sojas pretas e a amostras 0, 1, 2 e 3 são suas espumas após o batimento**



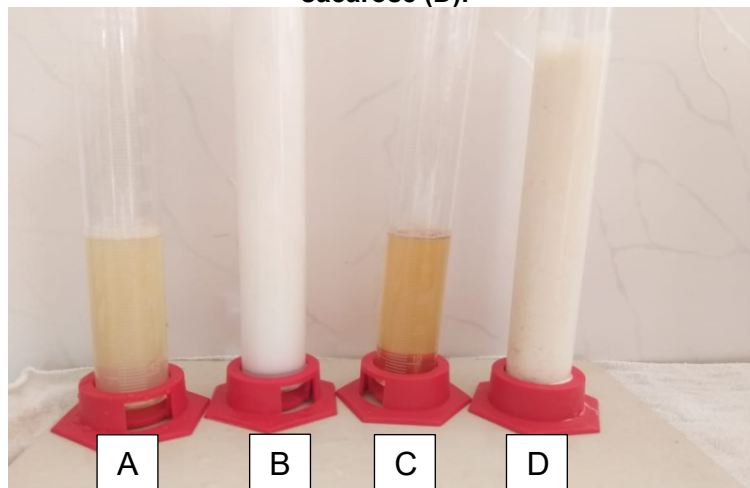
Fonte: Shim *et al.* (2018)

Os pesquisadores Meurer *et al.* (2020), estudaram os efeitos do ultrassom de alta intensidade nas propriedades tecnológicas de aquafaba, foram utilizadas intensidades de 34 e 67 W/cm<sup>2</sup> por tempos de 10, 20 ou 30 minutos, que favoreceu a cor das espumas de aquafaba formadas, sendo que a luminosidade (L\*) das espumas de amostras que sofreram tratamento ultrassônico aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ), aproximando-se dos valores obtidos para as espumas de clara de ovo.

Segundo Buhl *et al.* (2019), a habilidade da aquafaba em substituir o ovo foi testada em um estudo com base na mudança de pH e condutividade, as espumas produzidas diferiram em formabilidade, volume e proporções de sobrenadantes. Neste estudo, o líquido na espuma mudou com o tempo, porém não diferiu com relação a drenagem de líquido em função do tempo. As propriedades da aquafaba não foram afetadas pelo aumento da concentração de cloreto de sódio, porém houve forte influência do pH e análises reológicas demonstraram que a aquafaba mantém sua viscosidade mais estável que a albumina.

A Figura 9 compara aquafaba, solução de albumina e suas espumas, sendo aquafaba de grão de bico cozido (A), emulsão de aquafaba de grão cozido mais sacarose (B), aquafaba de lata (C) e emulsão de aquafaba de lata mais sacarose (D).

**Figura 9 - Amostras de aquafaba de grão de bico cozido (A), emulsão de aquafaba de grão de bico cozido mais sacarose (B), aquafaba de lata (C) emulsão de aquafaba de lata mais sacarose (D).**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

A aquafaba de grão de bico tem aparência mais opaca comparada a albumina, e sua espuma, com adição de sacarose, apresentou tonalidades claras, semelhante a espuma da clara de ovo mais sacarose, cuja cor foi característica (branca). A semelhança entre a espuma da aquafaba e da albumina também pode ser visualizada na Figura 10.

**Figura 10 - Espuma elaborada com a aquafaba de grão de bico cozido e sacarose (A) comparada com a espuma de clara de ovos e sacarose(B).**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

## 5.2 Características do volume das espumas/emulsões conforme adição de ingredientes e tempo de batimento

Foram comparados o tempo de formação e volume de espumas e emulsões de aquafaba e albumina, na presença de sacarose, NaCl e emulsificante. Cada amostra apresentou seu próprio tempo de formação dos sistemas, sendo que seus volumes variaram conforme a adição dos ingredientes.

No planejamento inicial, foi definido um tempo de batimento de 6 minutos para todas as amostras, no entanto, se observou que este tempo era insuficiente para alguns sistemas, tornando sua formação mais rápida e firme, dependendo do ingrediente utilizado.

Os quadros 4 a 9 descrevem, qualitativamente, as características das espumas e emulsões formadas pela aquafaba, albumina e aditivos, adicionados no início e após dois minutos do batimento, totalizando um tempo máximo de doze minutos de agitação.

**Quadro 4 - Características de espumas e emulsões formadas com aquafaba de grão cozido, adicionando-se os aditivos após 2 minutos do início do batimento.**

Presença de aditivos	Característica da espuma	Característica da emulsão
Sem presença de aditivos	Espuma estável, mas não autossustentável	*
Óleo de soja	*	Formação de emulsão com início de separação de fases
Sacarose	Espuma estável e autossustentável	*
Emulsificante	*	Emulsão estável e autossustentável
NaCl	Espuma estável, autossustentável e com baixo volume	*

**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Quadro 5 - Características de espumas e emulsões formadas com aquafaba de grão cozido, adicionando-se os aditivos no início do batimento.**

Presença de aditivos	Característica da espuma	Característica da emulsão
Sem presença de aditivos	Espuma estável mas não autossustentável	*
Óleo de soja	*	Emulsão fraca
Sacarose	Espuma brilhosa, estável e delicada	*
Emulsificante	*	Emulsão estável e autossustentável
NaCl	Espuma com baixo volume e instável	*

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Para a aquafaba de grão cozido, comparando os Quadros 4 e 5, a adição de sal (NaCl) foi mais eficiente quando adicionado após a formação inicial da estrutura da espuma, ou seja, após os dois minutos iniciais de batimento.

**Quadro 6 - Características de espumas e emulsões formadas com albumina, adicionando-se os aditivos após 2 minutos do início do batimento.**

Presença de aditivos	Característica da espuma	Característica da emulsão
Sem presença de aditivos	Espuma estável mas não autossustentável, com menor volume que o sistema de aquafaba	*
Óleo de soja	*	Emulsão com baixo volume
Sacarose	Espuma estável e autossustentável	*
Emulsificante	*	Emulsão estável e autossustentável
NaCl	Espuma com baixa estabilidade	*

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Assim como para a aquafaba de grão cozido, nas matrizes formadas por albumina (Quadros 6 e 7) a adição de sal (NaCl) foi mais eficiente quando adicionado após a formação inicial da estrutura da espuma, ou seja, após os dois minutos iniciais de batimento.

**Quadro 7 - Características de espumas e emulsões formadas com albumina, adicionando-se os aditivos no início do batimento.**

Presença de aditivos	Característica da espuma	Característica da emulsão
Sem presença de aditivos	Espuma estável mas não autossustentável, com menor volume que o sistema de aquafaba	*
Óleo de soja	*	Emulsão com baixo volume
Sacarose	Espuma estável e autossustentável	*
Emulsificante	*	Emulsão estável e autossustentável
NaCl	Menor estabilidade, menor volume de espuma	*

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Assim como para a aquafaba de grão cozido e albumina, nos sistemas formados com albumina de lata (Quadros 8 e 9), a adição de sal (NaCl) prejudicou a formação da espuma, tornando menos estável. Quantitativamente, estes dados poderão ser avaliados no item 5.4 “Cinética de estabilidade”.

**Quadro 8 - Características de espumas e emulsões formadas com aquafaba de lata, adicionando-se os aditivos após 2 minutos do início do batimento.**

Presença de aditivos	Características da espuma	Características da emulsão
Sem presença de aditivos	Espuma estável	*
Óleo de soja	*	Emulsão estável com baixo volume
Sacarose	Espuma estável e autossustentável	*
Emulsificante	*	Emulsão estável com baixo volume
NaCl	Espuma instável	*

Fonte: Autoria própria (2022)

**Quadro 9 - Características de espumas e emulsões formadas com albumina de lata, adicionando-se os aditivos no início do batimento.**

Presença de aditivos	Características da espulma	Características da emulsão
Sem presença de aditivos	Espuma estável	*
Óleo de soja	*	Emulsão estável com baixo volume
Sacarose	Maior estabilidade	*
Emulsificante	*	Emulsão estável, com baixo volume, autossustentável e consistente
NaCl	Espuma com menor estabilidade, mas maior volume	*

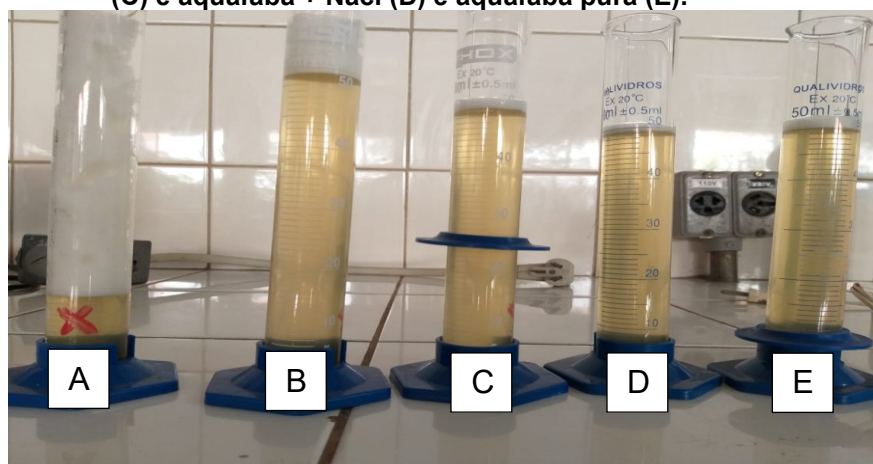
Fonte: Autoria própria (2022)

Foi possível observar, qualitativamente, que a adição de sal (NaCl) promoveu espumas com menor estabilidade e menor volume, tanto para sistemas contendo aquafaba quanto albumina e a adição dos aditivos após o início de formação das estruturas beneficiou a estabilidade e consistência dos sistemas. Quantitativamente, estas observações serão reavaliadas na cinética de estabilidade.



As Figuras 11 e 12 apresentam fotos das amostras com três minutos de batimento e os ingredientes sendo adicionados no início do processo e após um minuto de agitação, respectivamente.

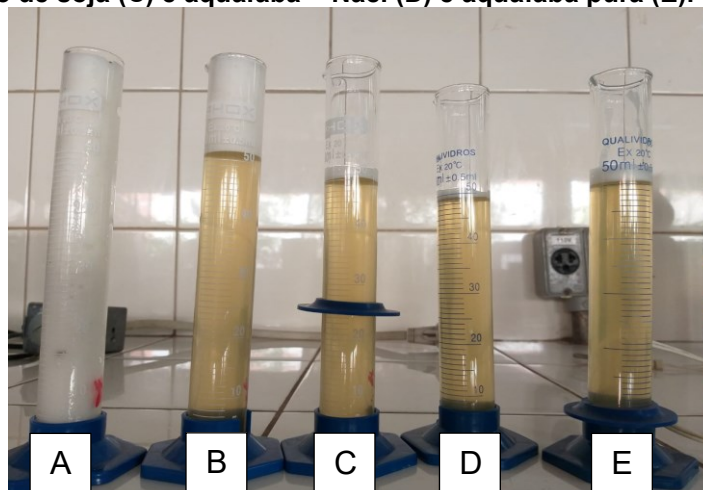
**Figura 11 - Amostras com 3 minutos de batimento com os ingredientes adicionados no início do processo. Aquafaba + emulsificante (A), aquafaba + sacarose (B), aquafaba + óleo de soja (C) e aquafaba + NaCl (D) e aquafaba pura (E).**



Fonte: Autoria própria (2022)

Comparando com o sistema puro de aquafaba (E), pode-se observar, que mesmo com o baixo tempo de batimento, o emulsificante (A) influenciou positivamente na formação da espuma, assim como a presença de sacarose (B). Mesmo fato pode ser observado na Figura 12, onde os ingredientes foram adicionados após um minuto de batimento.

**Figura 12 - Amostras com 3 minutos de batimento com os ingredientes adicionados após um minuto do início do processo. Aquafaba + emulsificante (A), aquafaba + sacarose (B), aquafaba + óleo de soja (C) e aquafaba + NaCl (D) e aquafaba pura (E).**



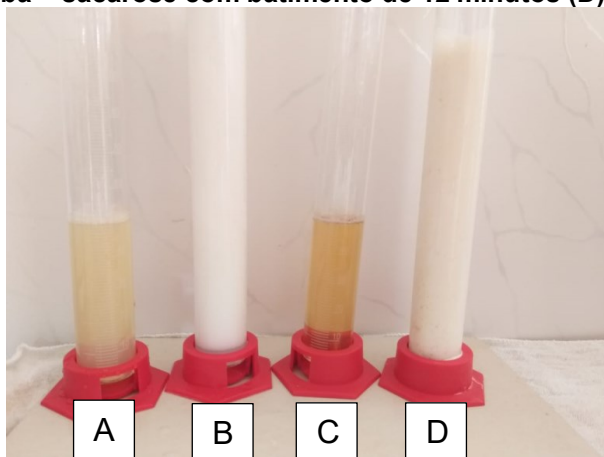
Fonte: Autoria própria (2022)

A energia fornecida durante o preparo das espumas foi a mesma para todos os sistemas (velocidade de batimento padronizado), porém, observa-se maior formação de espuma nas amostras contendo emulsificante e sacarose, sendo mais uniforme a espuma onde o ingrediente foi adicionado após o início da formação da estrutura. Os sistemas da aquafaba contendo NaCl e óleo de soja apresentaram maior tensão superficial, formando espumas com menores superfícies e conseqüentemente menor volume. Além disso, a presença de sal (NaCl) reduz a resistência das moléculas interfaciais, tornando a espuma menos estável.

A sacarose, ao contrário, reduz a tensão superficial de sistemas aquosos e estabiliza as espumas. Na Figura 13 é apresentada a influência da sacarose em dois tempos diferentes de batimento, três minutos (Figuras 13A e 13C) e doze minutos (Figuras 13B e 13D), sendo possível notar a formação e estabilidade da espuma de albumina e aquafaba.

Apesar da adição de açúcares, como sacarose, reduzir a tensão superficial de sistemas aquosos aumentando a estabilidade, estudos mostram que podem reduzir a formação de espumas em soluções proteicas, por aumentarem a estabilidade das proteínas no sistema, dificultando o seu desdobramento na interface. Por este motivo, determinadas proporções de sacarose podem prejudicar a estrutura formada, o que não foi observado neste estudo.

**Figura 13- Clara de ovo + sacarose com batimento de 3 minutos (A), clara de ovo + sacarose batimento de 12 minutos (B), aquafaba + sacarose com batimento de 3 minutos (C), aquafaba + sacarose com batimento de 12 minutos (D).**

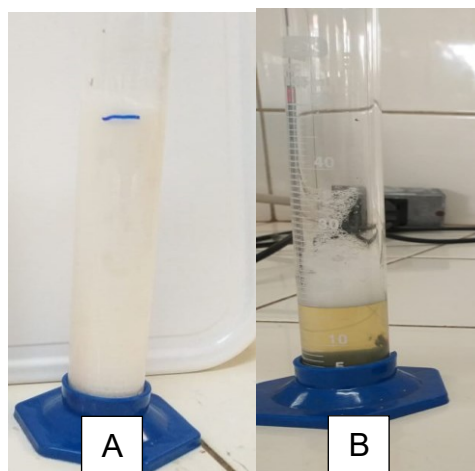


**Fonte: Autoria própria (2022)**

Analisando os tempos de batimento, verificou-se que a aquafaba pura torna-se uma espuma estável e autossustentável em 10 minutos, aproximadamente, se

desestabilizando após 1 hora, com cerca de 17 mL de líquido desprendido, conforme Figura 14.

**Figura 14 - Sistema formado por aquafaba pura, após batimento (A) e após 60 minutos (B)**



Fonte: Autoria própria (2022)

A aquafaba com emulsificante permaneceu estável por mais tempo, a Figura 15 apresenta o sistema logo após o batimento e após 27 horas.

**Figura 15 - Aquafaba e emulsificante após batimento (A), aquafaba e emulsificante após 27 horas (B).**



Fonte: Autoria própria (2022)

Comparando a espuma de aquafaba com a emulsão de aquafaba e óleo, o óleo não formou um sistema notável, a Figura 16 apresenta o sistema após três e sessenta minutos de batimento, respectivamente. Embora a mistura com maior tempo de batimento forme uma emulsão aparentemente estável, este se desestabilizou em 27 minutos (Figura 17).

Este resultado exige maior estudo, pois conclusões diferentes foram observadas nos estudos de Ricci (2018) e Raikos *et al.* (2020). Nas análises de cinéticas de estabilidade (item 5.8) também não é possível observar a instabilidade das espumas visualizadas nas análises qualitativas com a adição do sal.

**Figura 16 – Aquafaba e óleo de soja (A) com 3 minutos de batimento e aquafaba e óleo de soja com 1 hora de batimento (B).**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Figura 17 - Emulsão de aquafaba contendo óleo de soja após 27 minutos do batimento.**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Os pesquisadores Alsalman e Ramaswamy (2021) observaram maior capacidade da espuma de aquafaba quando o tempo de cozimento foi menor, os autores concluíram que a relação do tempo de cozimento apresentou um efeito direto na capacidade e estabilidade de formação de espuma. Buhl *et al.* (2019) apontaram que o pH e o conteúdo de NaCl altera as propriedades espumantes e emulsificantes dos agentes de expansão da Aquafaba.

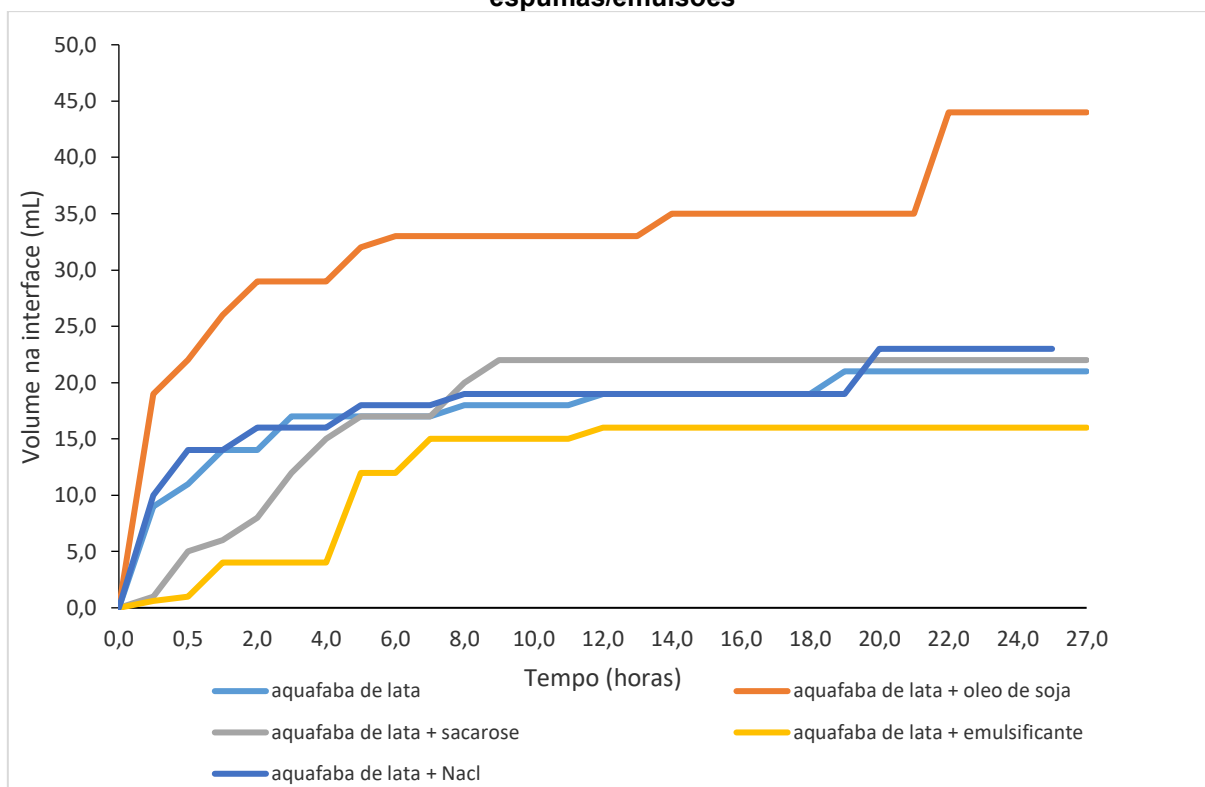
### **5.3 Determinação da Cinética de Estabilidade**

Os sistemas analisados foram elaborados conforme item 4.3 e acondicionados à temperatura ambiente, iniciando as análises de cinética. Foram verificadas a ocorrência de separação das fases, tanto nas espumas quanto nas emulsões indicando assim a estabilidade desses sistemas no tempo de 0 h; 0.17 h; 0.5 h; 1 h; 2 h; 3 h; 4 h; 5 h; 8 h; 18 h; 24h e 27 h.

A partir dos dados observados nos experimentos, pode-se verificar a separação de fases das amostras, as quais estão descritas nas Figuras 18 a 21.

A Figura 18 apresenta a análise de estabilidade para a aquafaba de lata, adicionando-se a sacarose, sal, óleo e emulsificante.

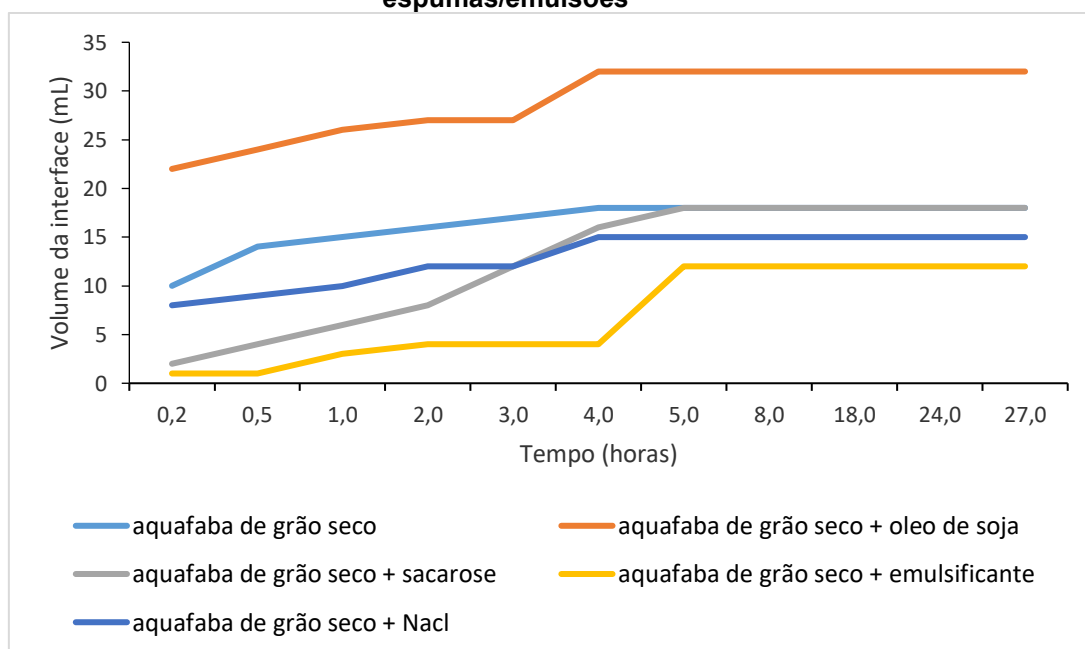
**Figura 18 - Análise de estabilidade Aquafaba de lata, Separação de fases das espumas/emulsões**



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 19 apresenta a análise de estabilidade para a aquafaba de grão cozido, adicionando-se a sacarose, sal, óleo e emulsificante.

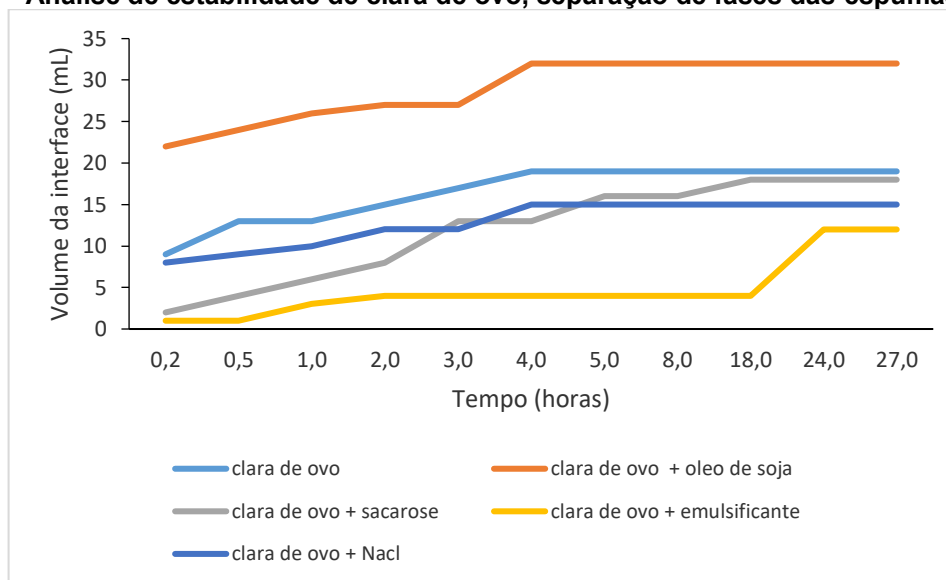
**Figura 19 - Análise de estabilidade da Aquafaba grão cozido, separação de fases das espumas/emulsões**



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 20 apresenta a análise de estabilidade para sistemas formados pela albumina, adicionando-se a sacarose, sal, óleo e emulsificante.

**Figura 20 - Análise de estabilidade de clara de ovo, separação de fases das espumas/emulsões**



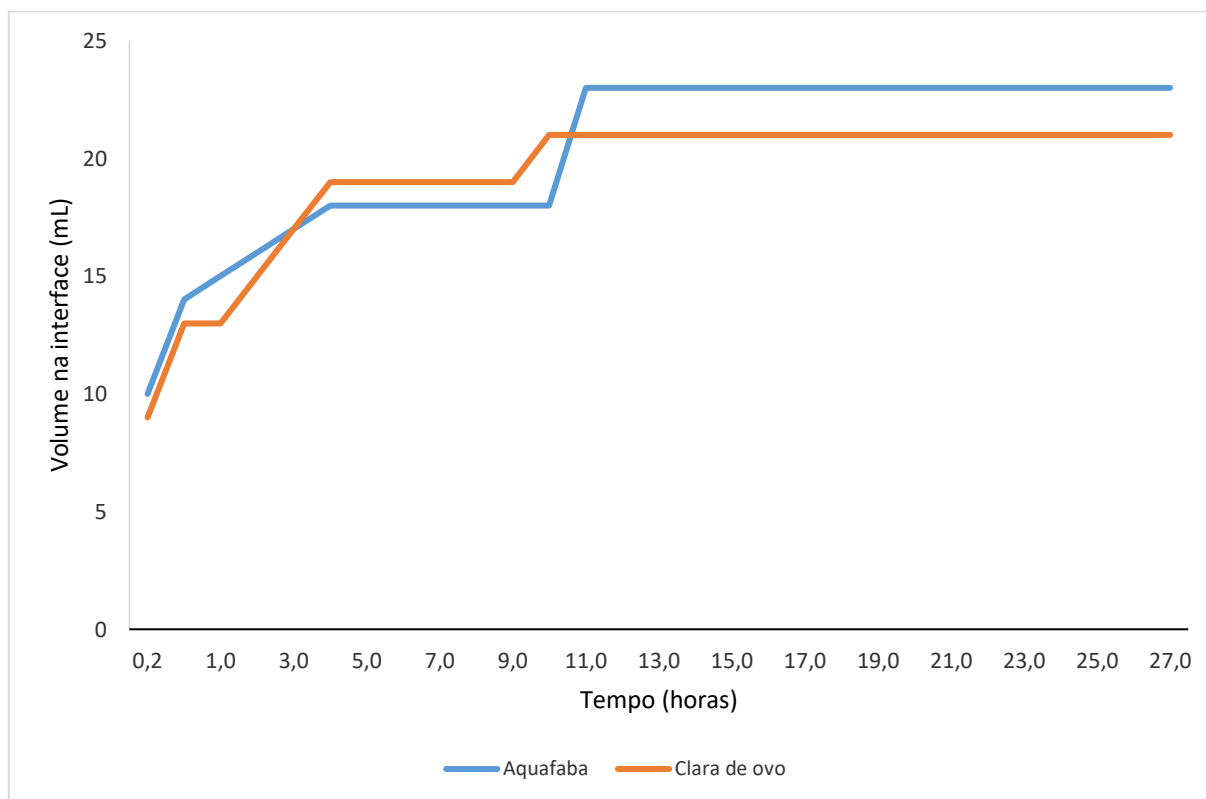
**Fonte: Autoria própria (2022)**

Nota-se (Figuras 18 a 20) que para os três sistemas, elaborados com aquafaba de lata, de grão cozido e albumina, que as espumas formadas com a presença de emulsificante e sacarose apresentam maior estabilidade e menor tendência a separação de fases. Apesar de formar espumas menos volumosas e menos consistentes, conforme resultados apresentados anteriormente nas análises qualitativas realizadas, o sal não promoveu aumento na separação de fases ao longo do tempo, quando comparado com o sistema puro. No entanto, o óleo de soja promoveu desestabilidade no sistema em todos os tempos de análise, exigindo um maior estudo para entender este comportamento.

É importante ressaltar, que nas análises qualitativas (visuais), a adição de sal promoveu uma instabilidade na espuma, no entanto, este fenômeno não foi notado claramente nas análises de cinética, provavelmente porque a instabilidade promovida pelo NaCl ocorre em todo o sistema, devido a incompatibilidade termodinâmica, formando espumas com menor volume e não desestabilizando o sistema ao longo do tempo, promovendo a separação de fases.

A Figura 21 compara a separação de fases de sistemas puros de aquafaba e albumina.

**Figura 21 - Curva de separação de fases das espumas/emulsão de aquafaba e clara de ovo**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Tentando entender a possível substituição da albumina por águas de imersão de grão de bico, pode verificar que em relação à estabilidade termodinâmica (Figura 21) os sistemas apresentam comportamento semelhante, sendo a aquafaba um promissor emulsificante possivelmente utilizado na indústria.

#### **5.4 Preparo do suspiro e maionese utilizando a aquafaba e albumina**

Iniciando o estudo do comportamento da aquafaba como substituto da albumina em produtos caseiros e possivelmente industriais, utilizou-se a aquafaba de lata no processo de suspiro e ambos os sistemas (aquafaba de lata e de grão cozido) na maionese.

A Figura 22 apresenta a foto do suspiro e seu corte, no Quadro 10 há a descrição de suas características.



**Figura 22 - Suspiro elaborado com aquafaba e seu interior.**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Quadro 10 - Características do suspiro produzido com aquafaba em substituição à albumina**

<b>Item sensorial e textura</b>	<b>Descrição</b>
Textura	Textura inicial semelhante ao suspiro tradicional.
Sabor	Sabor agradável, porém com aroma de grão de bico.
Durabilidade	Nos dias 01 até 05 apresentou perda gradual da textura, brilho e comprometimento do sabor devido, a perda de palatabilidade do mesmo. Ao quinto dia apresentou perda total da estrutura, com aspecto mais “poroso”.

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A Figura 23 apresenta maionese produzida de água de imersão de aquafaba extraída no laboratório (item 4.2) e em lata, respectivamente. Os produtos elaborados apresentaram características semelhantes as maioneses comerciais. No Quadro 11 há uma descrição de suas características.

**Figura 23 - Maionese, imediatamente após o preparo, produzida com a aquafaba de grão cozido (A) e de lata (B).**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Quadro 11 - Características da maionese produzida com aquafaba de grão cozido e de lata em substituição ao ovo, mantida sob refrigeração à 10°C.**

<b>Item sensorial e textura</b>	<b>Descrição</b>
Textura	Viscosidade e espalhabilidade semelhante à maionese comercial.
Sabor	Sabor agradável, com aroma de grão de bico e óleo de soja.
Estabilidade	Iniciou sinérese e separação de fases no decimo primeiro dia após a produção.

**Fonte: Autoria própria (2022)**

No estudo de Raikos *et al.* (2020) a aquafaba foi utilizada como substituto do ovo no desenvolvimento de maionese vegana, promovendo melhora significativamente da dureza, adesão e força de união conforme se adicionou o sal. No estudo, a maionese foi sensorialmente aceita pelos provadores, não sendo detectado odor residual nas amostras, diferente do obtido nesta pesquisa.

Com o objetivo de iniciar um estudo com os produtos à base de aquafaba, realizou-se a análise reológica das maioneses comercial e elaboradas com aquafaba de lata e de grão cozido, conforme metodologia de Biscayenne (2016). Os parâmetros reológicos estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Parâmetros reológicos da maionese comercial comparada com as maioneses a base de aquafaba.**

Maionese	Modelos Matemáticos												
	Casson				Bingham				Hurschel-Bulkley				
	$\sigma_0$ (Pa) <sup>0,5</sup>	$K_c$ (Pa.s) <sup>0,5</sup>	E	R <sup>2</sup>	$\sigma_0$ (Pa)	$\eta_a$ (Pa.s)	E	R <sup>2</sup>	$\sigma_0$ (Pa)	K (Pa.s <sup>n</sup> )	n	E	R <sup>2</sup>
Comercial	5,4821	0,94	0,0120	0,97	32,4358	3,08	0,036	0,96	6,1427	28,42	0,541	0,001	0,99
Com aquafaba em lata	4,6932	0,84	0,0171	0,96	26,2209	1,51	0,064	0,95	5,1466	15,46	0,483	0,009	0,99
Com aquafaba de grão cozido	4,2223	0,86	0,0212	0,98	29,9547	2,05	0,085	0,95	5,5377	16,88	0,467	0,002	0,99

Fonte: Aatoria própria (2022)

Onde:

$\sigma$ – Tensão de cisalhamento (Pa);

$\sigma_0$ – Tensão inicial (Pa);

$\eta_a$ – Viscosidade limite (Pa.s);

$\dot{\gamma}$ – Taxa de deformação (s<sup>-1</sup>);

$k_c$ – Viscosidade a taxa de deformação infinita (Pa.s);

$k$  – Índice de consistência (Pa.s<sup>n</sup>);

$n$  – Índice de comportamento de fluxo (adimensional).

Todos os modelos apresentaram ajuste adequado ( $R^2 \cong 1,0$ ), sendo o modelo de Hurschel-Bulkley (HB) o mais confiável, pois possui menores erros de ajuste e melhores coeficientes de correlação. Os modelos indicam que os produtos apresentam comportamento não newtoniano, sendo estes pseudoplásticos.

Observa-se na análise do modelo HB um aumento no índice de consistência (K) quando se compara a amostra comercial com os demais sistemas, indicando uma consistência mais elevada. Os pesquisadores Raikos *et al.* (2020) observaram comportamento semelhante nos resultados reológicos da amostra comercial e produzidas com aquafaba, que vai de acordo aos resultados verificados neste trabalho.

Um estudo sobre a aplicação da aquafaba em substituição a albumina e ao ovo em produtos industrializados está sendo realizado no gupo de pesquisa, buscando entender o comportamento viscoelástico e de textura da água de imersão de leguminosas em sistemas complexos como os produtos alimentícios.

## 6 CONCLUSÕES

Este trabalho estudou a aquafaba de grão-de-bico e teve como objetivo avaliar os efeitos causados pelo tempo de batimento e as propriedades funcionais (estabilidade) do produto. Quanto a estabilidade, foi observado que as espumas e emulsões de aquafaba são semelhantes as formadas pela albumina, podendo ser utilizadas como emulsificantes substitutos em diferentes produtos industrializados, modificando sua textura e viscosidade e proporcionando estrutura. Os resultados mostraram que sua utilização favorece as respectivas propriedades, beneficiando o uso da aquafaba para fins alimentícios, pois a análise reológica da maionese mostrou comportamento pseudoplástico, com valores semelhantes entre a viscosidade da maionese comercial e produzida com aquafaba.

Quanto a cor dos líquidos foi visível que a aquafaba proveniente de lata de grão de bico é qualitativamente mais escura comparada com a aquafaba em grão seco e a albumina, isto provavelmente se deve ao grande tempo de contato do substrato (grão de bico) com o sobrenadante.

Qualitativamente, a adição de ingredientes como o sal (NaCl) aumentou a tensão superficial do sistema e promoveu espumas com menor volume, tanto para sistemas contendo aquafaba quanto albumina. Porém, nas análises de separação de fases, sua influência não foi notada, apresentando comportamento semelhante às amostras puras. A adição da sacarose reduziu a tensão superficial e aumentou a estabilidade das espumas, porém com menos intensidade que o emulsificante comercial.

Com base nos resultados obtidos, este estudo apresenta potencial para o mercado atual vegano ou adeptos a uma dieta a base de plantas.

## REFERÊNCIAS

ADITIVOS & INGREDIENTES (**Aditivos e ingredientes – emulsificantes tipos e funções**). Disponível em: <http://aditivosingredientes.com.br/201606/2016060128.pdf>  
Acesso em: 15 fevereiro 2021.

AGÊNCIA BRASIL. **No Brasil, 14% da população se considera vegetariana**. Brasília. Publicado em outubro de 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-10/no-brasil-14-da-populacao-se-considera-vegetariana>. Acesso em: 10 maio de 2022.

ALCÂNTARA, J.B. **Qualidade físico-química de ovos comerciais**: Avaliação e manutenção da qualidade. Universidade federal de goiás. Escola de veterinária e zootecnia. Programa de pós-graduação em ciência animal. 2012.

ALVES, G. P. **Qualidade interna e microbiológica da casca de ovos de poedeiras comerciais revestidos com própolis e armazenados por diferentes períodos**. 2015. Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados. Disponível em: <https://dspace.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/123456789/310/1/TCC%20-%20GISLAINE.pdf>. Acesso em: 07 maio 2019.

ALSALMAN, F. B.; RAMASWAMY, H. S. Changes in carbohydrate quality of high-pressure treated aqueous aquafaba. **Food hydrocolloids**, 113, 106417. 2021.

AGGARWAL, V.; *et al.* Some properties of seeds and starches separated from different Indian pea cultivars. **Food Chemistry**, v. 85. 2004.

AGUNBIADEA, S. O; LONGEB, O. G. The physico-functional characteristics of starches from cowpea (*Vigna unguiculata*), pigeon pea (*Cajanus cajan*) and yambean (*Sphenostylis stenocarpa*). **Food Chemistry**, v.65, 1999.

AMARAL, L. I. V.; *et al.* Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. **Revista Hoehnea**, v. 34, 2007.

ALSALMAN, F. B.; RAMASWAMY H. S. Changes in carbohydrate quality of high-pressure treated aqueous aquafaba. **Food Hydrocolloids**, v. 113, 106417, 2021.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16 ed. 3a. AOAC International, Gaithersburg, MD. 1997.

BENETTI, K.F. **O uso do ovo de galinha como alimento ao longo dos anos, vilão ou funcional?** Monografia apresentada ao curso de graduação em Nutrição da Universidade Católica de Brasília. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/10869/4651/1/Karen%20Ferretti%20Benetti.pdf>. Acesso em: 07 maio 2020.

BISCAYENNE, A. V. **A ciência de fazer maionese** EL PAIS 2016. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2016/06/30/estilo/1467272904\\_066484.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2016/06/30/estilo/1467272904_066484.html). Acesso em: 15 maio 2021.

BORGES, A. R. **Alergia Alimentar Uma abordagem prática**, 2014. Disponível em [https://www.sbp.com.br/fileadmin/user\\_upload/2015/02/Texto\\_Alergia\\_Alimentar\\_Portal\\_SBP\\_2014.pdf](https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/2015/02/Texto_Alergia_Alimentar_Portal_SBP_2014.pdf). Acesso em: 30 abril. 2019.

BUHL, T. F.; *et al.* Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: Protein composition and functional behavior. **Food Hydrocolloids**, 96:354-364, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.041>. Acesso em: 20 junho de 2022.

BRÜGGER, P. Nós e os outros animais: Especismo, veganismo e educação ambiental. **Revista semestral da faculdade de educação – UNB**. Linhas Críticas, Brasília. v. 15, n. 29, 197-214 p., jul/dez. 2009.

CASTELLO, M.A.; *et al.* Algunas consideraciones sobre las reacciones adversas por alimentos. **Revista Cubana de Medicina General Integral**, Habana, v. 20, n. 5-6, p. 0-0, 2004. Disponível em: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=). Acesso em: 28 de abril 2022.

CRAIG W. J. **Health effects of vegan diets**. 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/24194102\\_Health\\_Effects\\_of\\_Vegan\\_Diets](https://www.researchgate.net/publication/24194102_Health_Effects_of_Vegan_Diets). Acesso em: 18 dezembro 2020.

CHIRALT, A. Food Emulsions. **Food Engineering** (Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)). 2020. Disponível em: <https://www.eolss.net/Sample-Chapters/C10/E5-10-03-05.pdf>. Acesso em: 18 dezembro 2020.

CHIVERO, P.; *et al.* Assessment of soy soluble polysaccharide, gum arabic and OSA-Starch as emulsifiers for mayonnaise-like emulsions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 59–66, 2016.

EFTIMOV T.; *et al.* COVID-19 pandemic changes the food consumption patterns. **Trends Food Sci Technol**. 2020;104:268-272. Disponível em: doi:10.1016/j.tifs.2020.08.017. Acesso em: 15 janeiro 2021.

EXAME (Revista Exame). **Omelete em pó? Conheça o novo produto da startup do grupo Mantiqueira**. Disponível em: <https://exame.com/pme/omelete-em-po-startup-grupo-mantiqueira/>. Acesso em: 15 fevereiro de 2022.

FERREIRA, A. C. P.; BRAZACA, S. G. C.; ARTHUR, V. Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietin* um L.) cru irradiado e submetido à cocção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, 80-88 p., 2006.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos**. Editora Artmed, 4ª ed. 2010.

FOOD52 (Food Community, Recipes, Kitchen and Home). **All the foods e´re making now that aquafaba is on our radar**. Disponível em <https://food52.com/blog/16846-all-the-foods-we-re-making-now-that-aquafaba-is-on-our-radar>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

FRANZOL, A.; REZENDE, M. C. Estabilidade de emulsões: um estudo de caso envolvendo emulsionantes aniônico, catiônico e não-iônico. **Polímeros**, v. 25, n. special, p. 1–9, 2015.

GÜÇLÜÜSTÜNDAĞ, Ö; MAZZA G. Saponins: properties, applications and processing. **Critical Reviews in Food Science**. v. 47, n. 3, p. 231–258, 2007.

HOSKEM B. C. S.; *et al.* Produtividade e qualidade de sementes de grão-de-bico no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 262 – 268 p., V. 12. Pernambuco, 2017.



LANA, M. M.; BANCI, C. A.; BATISTA, V. R. **Hora da colheita**: hora de cuidar do seu produto e de você. Unidade móvel para sombreamento de hortaliças após a colheita. - 2. ed. atual. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019. Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103622/1/COT-90-2ed-.pdf>  
Acesso em: 19 março 2021.

MANARA, W.; RIBEIRO, N. D. Grão de bico – Chickpea – Revisão bibliográfica. **Cienc. Rural**, vol.22 n°3 Santa Maria set/dez. 1992.

MCCLEMENTS, D.J. Crystals and crystallization in oil-in-water emulsion: Implications for emulsion-based delivery systems. **Advances in Colloid and Interface Science**, v.174, p.1-30, 2012.

MEURER, M. C.; *et al.* Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). **Journal of Food Engineering**, v. 265, p. 109688, 2020.

MIQUELIM, J. N. **Avaliação reológica e microscópica de espumas tipo marshmallow**. Tese de doutorado defendida na Universidade de São Paulo (USP). 116 p., 2010.

NIELSE (Nielsen Total Store Read). **Impacto da COVID-19 nas vendas de produtos de giro rápido no Brasil e ao redor do mundo**. 2020. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Nielsen%20-%20Impactos%20da%20COVID-19%20nas%20vendas%20de%20produtos%20de%20consumo%20de%20giro%20r%C3%A1pido%20no%20Brasil%20e%20ao%20redor%20do%20mundo.pdf.pdf>. Acesso em: 27 de maio 2022.

NORRIS, J.; MESSINA, V. **Vegan for Life: Everything You Need to Know to Be Healthy and Fit on a Plant-Based Diet**. Editora Books, 2020.

PONTES, V. **Casa e cozinha - Foods e truques. Aquafaba! O que é, para que serve, como fazer e tudo o que você precisa saber para sua "clara em neve vegana" dar certo!**. 22 out. 2016. Disponível em: <http://www.casaecozinha.com/2016/04/receita-facil-aquafaba-o-que-e-para-que.html>. Acesso em: 30 abril 2020.

POZO, P. A., ARIZÁBLA, B. A. **Aplicación de ingredientes veganos en la elaboración de cremas frías básicas de la repostería**. Universidade de Cuenca. 2018.

RAIKOS, V.; *et al.* 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**, 55(5), 1–8. 2019.

RATNAYAKE, W.S.; GEERA, B.; RYBAK, D.A. Effects of egg and egg replacers on yellow cake product quality. **Journal of Food Processing and Preservation**. Volume 36, Issue 1, pages 21–29, February 2012.

RECEITAS VEGANAS. **Uso da Aquafaba**. 2018. Disponível em: <https://www.receitasvegnas.net/aquafaba/>. Acesso em: 10 abril 2021.

RICCI, A. P. **Caracterização físico-química e reológica de sistemas coloidais formados por água de imersão de grão-de-bico**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

ROCHA, V. **Emulsificantes tipos e funções**. p. 14. 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/256506570/REVISTA-EMULSIFICANTES>. Acesso em: Acesso em 30 abril 2020.

SHIM, Y. Y.; *et al.* **Composition and Properties of Aquafaba: Water Recovered from Commercially Canned Chickpeas**. Departamento de Ciências Vegetais, Universidade de Saskatchewan, Prairie Tide Chemicals Inc., Laboratório de Sementes de Oleaginosas de Guangdong Saskatchewan. Departamento de Ciência e Engenharia de Alimentos. Universidade de Jinan. 2018.

SILVA, P. G. **Substituição de ovos em bolos sem glúten por preparado vegetal: desenvolvimento, caracterização e aplicação tecnológica**. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2020.

SIMONI, R.C. **Hidratação de grão-de-bico (Cicer Arietinum L.): estudo cinético e influência na qualidade tecnológica do grão.** 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SLATTERY, C.J.; KAVAKLI, I.H.; OKITA, T.W. **Engineering starch for increased quantity and quality.** Trends in Plant Science, v.5, p.291-298, 2000.

STANTIAL, S. E.; *et al.* Application of pulses cooking water as functional ingredients: the foaming and gelling abilities. **European Food Research and Technology**, p. 1–8, 2017.

TARGET H.D. **Depois da carne de mentira, vem aí o ovo sem galinha.** Disponível em: <https://www.targethd.net/depois-da-carne-de-mentira-vem-ai-o-ovo-sem-galinha/>. Acesso em: 30 abril. 2022.

WANG, X.; *et al.* Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: Systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **British Medical Journal**. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25073782>. Acesso em: 30 abril. 2019.

Official Aquafaba Website. **What is aquafaba?** 2016. Disponível em: <http://www.aquafaba.com/>. Acesso em: 13 janeiro 2021.

**APÊNDICE – Descrição do preparo de suspiro e maionese**

## **Descrição do preparo de suspiro e maionese**

### **Preparo do suspiro:**

#### **Ingredientes:**

1 xícara de aquafaba

1 xícara de açúcar cristal

½ colher de chá de goma xantana

1 colher (das de sopa) de essência de baunilha

#### **Modo de preparo:**

Agitou-se mecanicamente a água de imersão do grão de bico por 5 minutos, após a estrutura da espuma formada, iniciou-se a adição da sacarose, essência de baunilha e goma xantana, separadamente a cada um minuto de batimento.

O batimento prosseguiu até completar quinze minutos, realizando em seguida os moldes e tratamento térmico por cinco minutos à temperatura de 100 °C.

Após, realizou-se fotografia e observação das amostras até seu shelf life.

### **Preparo da maionese:**

#### **Ingredientes:**

100ml de aquafaba

200ml de óleo ou azeite

#### **Modo de preparo:**

A água de imersão do grão de bico foi processada em agitador mecânico por cinco minutos, até formação da espuma. Adicionou-se óleo de soja lentamente por cinco minutos até formação da emulsão.

A amostra foi fotografada e armazenada à 10 °C, para posterior observação e análise reológica.