

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUCÍLIA ROCHA MAGNA

INFLUÊNCIA DO PH NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA AQUAFABA

LONDRINA

2023

LUCÍLIA ROCHA MAGNA

INFLUÊNCIA DO PH NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA AQUAFABA

Influence of pH on aquafaba's technological properties

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos do Curso Superior em Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR campus Londrina.

Orientadora: Profa. Dra. Marianne Ayumi Shirai

LONDRINA

2023



4.0 Internacional

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.

LUCÍLIA ROCHA MAGNA

INFLUÊNCIA DO PH NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA AQUAFABA

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos do Curso Superior em Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR campus Londrina.

Data de aprovação: 29 de novembro de 2023.

Marianne Ayumi Shirai - Orientadora
Doutorado em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Claudio Takeo Ueno – Membro Avaliador
Doutorado em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Lyssa Setsuko Sakanaka – Membro Avaliador
Doutorado em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LONDRINA

2023

Dedico esse trabalho aos meus pais
Jacinta e Agenor (*in memoriam*), por todo
amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

A minha família, por todo amor, carinho, pelo incentivo ao estudo, apoio e paciência.

A Professora Marianne Ayumi Shirai pela orientação do presente trabalho, por todo apoio, suporte e atenção na elaboração deste trabalho. Minha admiração imensa pelo seu profissionalismo com dedicação e sutileza.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina e ao corpo docente do curso de Tecnologia em Alimentos por todos os ensinamentos transmitidos ao longo da graduação.

Ao Laboratório Multiusuário do Campus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pelas análises realizadas.

Aos colegas Suzete Lobato, Victor Pelincer, Guilherme Oiko e ao técnico Juliano Daniels pelo suporte com as análises.

Aos amigos que se fizeram presentes durante essa trajetória.

”- Alguma mulher forte se habilita a abrir esse vidro de palmito?

Luisa deu meio sorriso, levantou-se e foi. Não tinha erro: faquinha, ar, tampa aberta. A outra menina, surpresa, disse:

- Nossa. Nunca vi isso. Meu pai sempre me deu o vidro aberto.

E ela pensou enquanto voltava para o quarto:

“O meu me deu o vidro fechado. O vidro fechado e asas”.”

(MANUS, Ruth, 2015)

RESUMO

A tendência do consumidor nos últimos anos tem sido a busca por conhecimento na área da alimentação, consumindo com mais consciência e evitando alimentos com elevada emissão de carbono em seu processo produtivo e distribuição. Além disso, têm-se impulsionado pesquisas na busca de alternativas para substituição de alimentos de origem animal, tanto a nível industrial quanto caseiro. Dentro deste contexto, a aquafaba tem se mostrado como um ingrediente promissor devido as suas capacidades emulsificantes e formação de espuma em função da sua composição, principalmente devido ao teor de proteínas solúveis oriundas do cozimento do grão-de-bico. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do pH nas propriedades espumante e emulsificante da aquafaba, visando determinar qual a faixa de pH em que ocorre a solubilidade das proteínas da aquafaba e compreender como esta pode interferir na capacidade de emulsão, estabilidade e espumabilidade. A aquafaba foi obtida a partir do cozimento de grão-de-bico em autoclave e solução de ácido cítrico 10% (g/mL) foi usado como regulador de pH para as faixas 3, 4 e 5, sendo que a aquafaba *in natura* foi aferida em pH 6,05. As análises consistiram na determinação da composição proximal do grão-de-bico, onde se obtiveram valores aproximados em relação à literatura. O teor de proteína solúvel encontrado ficou abaixo do esperado, entretanto foi verificada disparidade dessa análise também entre outros autores. Foram exploradas as propriedades tecnológicas da aquafaba onde foi verificado que a capacidade de formação e estabilidade de espuma na amostra padronizada com pH 4 se mostrou mais estável em relação ao tempo, porém todas as amostras se mantiveram abaixo do percentual atingido com a clara de ovo. Em relação ao índice de atividade emulsificante a amostra padronizada com pH 4 também se mostrou mais estável em relação as outras faixas de pH e a amostra *in natura*. Os resultados demonstraram que a utilização da aquafaba padronizada no pH 4 dentro das faixas estudadas se mostra promissora, pois apresentou resultados favoráveis em suas propriedades espumante e emulsificante.

Palavras-chave: leguminosa; grão-de-bico; emulsão; espuma; proteína.

ABSTRACT

The consumer trend in recent years has been the search for knowledge in the food area, consuming more consciously and avoiding products with high carbon emissions in their production and distribution process. Furthermore, research has been promoted in the search for alternatives to replace animal-based foods, both at an industrial and homemade level. In this context, aquafaba has been indicated as a promising ingredient due to its emulsifying and foaming capabilities depending on its composition, mainly due to the theory of soluble proteins originating from the cooking of chickpeas. The present work aimed to evaluate the effect of pH on the foaming and emulsifying properties of aquafaba, aiming to determine the pH range in which the solubility of aquafaba proteins occurs and understand how this can interfere with the emulsion capacity, stability and foamability. Aquafaba was obtained from cooking chickpeas in an autoclave and 10% citric acid (g/mL) solution was used as a pH regulator for ranges 3, 4 and 5, with fresh aquafaba regulated at pH 6.05. The analyzes consisted of determining the proximal composition of the chickpea, and obtained values were close in relation to the literature. The soluble protein concentration found was below of expectations, however, disparities in this analysis were also observed among other authors. The technological properties of aquafaba were explored, where it was verified that the foam formation capacity and stability in the standardized sample with pH 4 proved to be more stable in relation to time, but all samples remained below the percentage achieved with egg white. In relation to the emulsifying activity index, the standardized sample with pH 4 also proved to be more stable in relation to other pH ranges and the fresh sample. The results demonstrated that the use of aquafaba standardized at pH 4 within the ranges studied is promising as it showed improved results in its foaming and emulsifying properties.

Keywords: legume; chickpea; emulsion; foam; protein.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 OBJETIVO GERAL	6
2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	6
3 INFLUÊNCIA DO PH NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA AQUAFABA	7
3.1 GRÃO-DE-BICO.....	7
3.2 AQUAFABA.....	9
3.3 CAPACIDADE EMULSIFICANTE.....	10
3.3 CAPACIDADE ESPUMANTE.....	11
4 MATERIAIS E MÉTODOS	13
4.1 MATERIAL.....	13
4.2 MÉTODOS.....	13
4.2.1 Preparo da aquafaba.....	13
4.2.2 Composição proximal.....	14
4.2.2.1 Umidade.....	14
4.2.2.2 Cinzas.....	15
4.2.2.3 Lipídeos.....	15
4.2.2.4 Fibra Bruta.....	16
4.2.2.5 Proteínas.....	16
4.2.2.6 Carboidratos por diferença.....	17
4.2.3 Determinação do teor de proteína solúvel.....	17
4.2.4 Capacidade de formação de espuma.....	17
4.2.5 Estabilidade das espumas.....	18
4.2.6 Determinação do índice de atividade emulsificante.....	18
4.2.7 Determinação do pH.....	19
4.3 TRATAMENTO DOS DADOS.....	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 COMPOSIÇÃO PROXIMAL.....	20
5.2 TEOR DE PROTEÍNA SOLÚVEL.....	21
5.3 CAPACIDADE DE FORMAÇÃO DE ESPUMA E ESTABILIDADE.....	21
5.4 ÍNDICE DE ATIVIDADE EMULSIFICANTE.....	25
6 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O público que adere a dietas e estilos de vida sem consumo de produtos e ingredientes de origem animal vem crescendo ao longo dos anos, e dentre os principais motivos para essa mudança de postura se encontram a preocupação com o bem-estar e os direitos dos animais, a busca de hábitos alimentares mais saudáveis e motivos relacionados à proteção ambiental, mudanças climáticas e sustentabilidade (JANSSEN *et al.*, 2016).

Uma dessas alternativas tem sido os alimentos e bebidas à base de plantas, conhecidos como “*plant-based*”, que utilizam de alta tecnologia e processos industriais para elaborar produtos vegetais que se assemelham em sabor e textura aos alimentos de origem animal. Esses produtos têm ganhado espaço expressivo nas gôndolas de supermercado e no paladar popular, e a previsão é de que este nicho de mercado deva movimentar 80,43 bilhões de dólares até 2024 no mundo inteiro, com taxa de crescimento anual de 13,82% (BIS RESEARCH, 2019).

Leguminosas como o feijão, grão-de-bico, fava, lentilha, e ervilha seca, contêm cerca de 20-30% de proteína rica em lisina. Desta forma, podem ter grande potencial como substitutas da proteína de origem animal (HE *et al.*, 2021). Alinhado a esses conceitos, pesquisadores, entidades comerciais e pessoas comuns tem difundido a utilização de aquafaba como um promissor substituto do ovo em preparações culinárias, pois além das capacidades nutricionais, amidos de leguminosas são conhecidos pela alta viscosidade de gel, resistência ao inchamento e à ruptura (AGGARWAL *et al.*, 2004; AGUNBIADEA, LONGEB, 1999).

A aquafaba, do latim *aqua* (água) e *faba* (*Fabaceae*, família das leguminosas), é o líquido proveniente do cozimento do grão-de-bico e presente também na lata do grão enlatado (DEVER, 2016). Monteiro (2017) estudou a aplicação da aquafaba em diversas receitas focadas no público que possui algum tipo de alergia alimentar ou até mesmo para aqueles que seguem uma dieta restrita, onde obteve resultados positivos com intenção de compra após aplicação de avaliação sensorial.

Dentro deste escopo, a aquafaba tem se mostrado promissora devido à sua capacidade espumante e emulsificante atribuídas à sua composição, principalmente de proteínas solúveis. Para otimizar suas possibilidades tecnológicas e,

consequentemente, aprimorar as características do alimento onde esta tecnologia será aplicada, será realizado um estudo da influência do pH, pois segundo Damodaran e Parkin (2019), o pH é um fator que afeta intrinsecamente a formação e estabilidade de espumas e emulsões devido à influência na solubilidade das proteínas presentes.

Diversos trabalhos têm comparado as propriedades espumantes e emulsificantes da aquafaba em relação à clara de ovo, e os resultados demonstram que há diferença significativa. A partir do estudo comparativo realizado por Buhl, Christensen, Hammershoj (2019) entre a capacidade de emulsão da clara de ovo liofilizada e de aquafaba obtida através de 114 amostras da mesma marca de grão-de-bico enlatado, obteve-se maiores taxas de emulsão e sua respectiva estabilidade na aquafaba, indicando que possui grande potencial proteico para absorver e ligar as frações de água e óleo de uma mistura, e resistir a mudanças em sua microestrutura quando comparadas a clara de ovo.

Já He *et al.* (2021) realizaram um estudo comparativo entre a aquafaba recuperada de diversas marcas de grão-de-bico enlatado e a clara de ovo, onde observou-se que a capacidade espumante variou entre 182% e 476% para aquafaba, e ultrapassou 500% para a clara. Entretanto, valores diferentes em relação a este indicador podem ser obtidos dependendo das formas de extração, ao cultivar utilizado, entre outros fatores, como a influência do pH nas proteínas e sua solubilidade, pois com o decréscimo do pH há mudanças na rede de distribuição de carga da proteína, diminuindo as interações hidrofóbicas (DILL; SHORTLE, 1991; RAGAB *et al.*, 2004).

Todavia, na região do pH isoelétrico a ausência de interações repulsivas promove um aumento de quantidade de proteína adsorvida na interface e interações favoráveis proteína-proteína, entretanto, há uma diminuição na solubilidade (DAMODARAN, PARKIN, 2019). Portanto, o pH possui grande potencial de elevar as capacidades espumantes e emulsionantes, sem a necessidade de adição de surfactantes ou aditivos.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do pH nas propriedades espumante e emulsificante de aquafaba.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a composição proximal do grão-de-bico;
- Produzir aquafaba de grão-de-bico;
- Determinar o teor de proteína solúvel da aquafaba;
- Avaliar a influência do pH na capacidade de formação de espuma e capacidade emulsificante;
- Comparar a formação e estabilidade de espuma da aquafaba com a de clara de ovo.

3 INFLUÊNCIA DO PH NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA AQUAFABA

Para embasar o caminho que será percorrido, neste capítulo será apresentado o referencial teórico acerca do grão-de-bico e de seu subproduto, a aquafaba, objeto de estudo do presente trabalho; e sobre o efeito do pH nas propriedades da aquafaba, pois segundo He *et al.* (2021), a composição e as atividades reológicas da aquafaba dependem de três fatores principais: 1) condições de extração, tais como: imersão da semente antes de cozinhar, proporção de grão e água, temperatura de cozimento, tempo e pressão durante a extração, ajuste de pH da aquafaba, entre outros; 2) cultivar e genótipo de grão de bico e 3) composição do grão, da parede celular e sua estrutura.

3.1 GRÃO-DE-BICO

Juntamente com o surgimento da agricultura e das primeiras civilizações no período neolítico, na região conhecida como “Crescente Fértil” (região que abrange atualmente os países Iraque, Jordânia, Líbano, Síria, Egito, Israel e Palestina, sudeste da Turquia e ocidente do Irã) surgiu também a domesticação das espécies selvagens de plantas para alimentação, e entre elas, a do grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) (LIMA FILHO, 2019).

É uma leguminosa anual da família das fabáceas, chega a medir entre 20 a 50 cm de altura, desenvolvem flores brancas e vagens com formato oval romboidal. Suas sementes possuem elevado teor de proteínas, com a maior taxa de digestibilidade entre as sementes secas comestíveis de leguminosas, e também é rica em aminoácidos essenciais, lipídios não saturados, fitosteróis, vitaminas e minerais (LIMA FILHO, 2019). Se diferencia das outras leguminosas devido ao menor teor de substâncias antinutricionais e maior disponibilidade de ferro (FERREIRA; BRAZACA; ARTHUR, 2006).

Atualmente existem dois grupos predominantes de cultivares de grão-de-bico: o grupo “des”, que corresponde a mais de 70% da produção mundial, se apresenta com sementes pequenas com pericarpo colorido escuro e formato

anguloso; e o grupo "*kabuli*", nome que referencia a capital do Afeganistão, Kabul, constituído, geralmente, de sementes grandes com coloração creme e com apêndice em forma de esporão, responsável por cerca de 15% da produção mundial. Também há a espécie "*pea*", popular na parte central da Índia, porém possui pouca importância comercial fora do país (GAUR, 2010; VAN DER MAESEN, 1987; WRIGLEY *et al.*, 2016).

Figura 1 - Diferença entre grão-de-bico tipo *Kabuli* e grão-de-bico tipo *Desi*



a-c) Grão de bico tipo *Kabuli* com folhas simples, flor branca e sementes grandes.
d-f) Grão-de-bico tipo *Desi* com folhas compostas, flor roxa e sementes pequenas.

Fonte: KALVE; TADEGE (2017)

Faz parte do grupo das "*Pulses*", termo utilizado para denominar as sementes secas comestíveis de leguminosas, que abrange além do grão-de-bico, o feijão-comum, feijão-caupi, fava, ervilha, lentilha, tremoço, guandu e feijão-bambara (LIMA FILHO, 2019). A Índia é o maior produtor e consumidor do mundo, sendo necessário no ano de 2017 importar 6 milhões de toneladas de pulses para suprir a demanda interna, que gira ao redor das 25 milhões de toneladas (SOCIEDADE NACIONAL DA AGRICULTURA, 2018).

Seu cultivo é recente no Brasil, sendo o tipo *kabuli* o mais popular. Apesar de seu consumo ainda ser baixo no país, em torno de 40 gramas/ano por indivíduo, a área cultivada aumentou cerca de 17 vezes entre o período de 2013 a 2016, de 26

hectares para 460 hectares. Já na safra de 2017/2018, houve um salto para 9 mil hectares, sendo cultivado principalmente nos estados de Goiás, Bahia, Mato Grosso, Minas Gerais e Distrito Federal (ALENCAR, 2021).

É uma leguminosa versátil e muito consumido na culinária principalmente cozido, em forma de salada, pasta, hambúrguer e sopas; seu uso vem sendo amplamente difundido na culinária *plant based* pelo alto teor de proteínas. É o ingrediente base da produção de *hummus*, onde estima-se que seu mercado tenha uma taxa de crescimento de 12,84% para o período até 2027 (MARKET RESEARCH FUTURE, 2021).

3.2 AQUAFABA

O primeiro registro da utilização do termo “aquafaba” é do ano de 2015, o engenheiro de software Goose Wohlt, que recentemente havia se tornado vegano, testou uma nova forma de criar emulsões a partir de uma receita que havia visto em um vídeo, onde dois franceses utilizaram a água do grão de bico enlatado para fazer mousse de chocolate. No dia 14 de março daquele ano, ele postou sua descoberta em um grupo do *Facebook* chamado “*What Fat Vegans Eat*”, nomeando a descoberta de “aquafaba” combinando duas palavras do latim, *aqua* que significa água, e *faba* que significa feijão (BLACK, 2016).

A aquafaba, portanto, é a água do cozimento ou proveniente do escorrimento de leguminosas enlatadas, como o grão-de-bico, soja, feijão e ervilha. Durante o cozimento dessas leguminosas, diversos componentes do grão são transferidos por lixiviação para a água, tornando-a rica em proteínas de baixa massa molecular, carboidratos solúveis/insolúveis em água (oligossacarídeo, amido, celulose, hemicelulose ou lignina), complexos polissacarídeo-proteína, saponinas, e compostos fenólicos. Todos esses compostos conferem a aquafaba propriedades tecnológicas como capacidade de emulsão, formação de espuma, gelificação e propriedades espessantes (DAMIAN, HUO, SERVENTI, 2018; SERVENTI *et al.*, 2018; STANTIAL *et al.*, 2018; BUHL, CHRISTENSEN, HAMMERSHOJ, 2019; RAIKOS, HAYES, NI, 2020; SERVENTI, 2020; HE, *et al.*, 2021).

Essas propriedades tecnológicas têm permitido que a aquafaba seja utilizada como substituta da clara de ovo em diversas formulações de mousses, bolos, merengues, queijos, pudins, entre outros, se apresentando como uma saída para o público adepto ao vegetarianismo, veganismo e pessoas com alergias e/ou intolerâncias ao ovo.

Responsável pela estabilidade dessas propriedades, as proteínas do grão-de-bico são classificadas em duas partes principais: globulinas e albuminas. As globulinas representam cerca de 56%, sendo o principal constituinte proteico e em seguida as albuminas, representando cerca de 12% (AISA *et al.*, 2019; ELLIS; LAZIDIS, 2018; XU *et al.*, 2016; RACHWA-ROSIK; NEBESNY; BUDRYN, 2015).

As proteínas são um componente importante da formação de espuma e de emulsões, pois tem comportamento anfifílico, consistindo em uma extremidade hidrofílica e uma extremidade hidrofóbica atraída para a fase aérea. Nesse deslocamento para interface, as proteínas desenvolvem caráter viscoelástico, capazes de suportar impactos mecânicos (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

A alta quantidade de albumina presente na clara de ovo permite a formação e estabilização de espuma, desta forma as albuminas presentes na aquafaba podem ter grande importância para a sua produção de espuma, pois essas proteínas são altamente solúveis e permitem uma formação de espuma estável porque migram rapidamente para a interface para acomodar alterações na conformação e reduzem eficazmente a tensão interfacial (BUHL; CHRISTENSEN; HAMMERSHOJ, 2019; SHEVKANI *et al.*, 2019).

3.3 CAPACIDADE EMULSIFICANTE

Uma emulsão é gerada a partir da mistura de dois líquidos imiscíveis, constituída de uma fase fragmentada (dispersa) dentro de uma fase contínua. As emulsões podem ser de água em óleo (*w/o*) ou óleo em água (*o/w*), como sopas e molhos, entretanto, emulsões *w/o* são muito raras. Para uma emulsão atingir uma estabilidade cinética, é necessário óleo, água, uma substância emulsificante (surfactantes, assim como as proteínas), e energia (normalmente mecânica) (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

Através do cozimento, são transferidos do grão-de-bico para aquafaba polissacarídeos hidrofílicos solúveis e substâncias pécticas, que permitem uma alta capacidade de retenção de água, pois com essa característica a água pode ser arrastada por polissacarídeos ou associada a proteínas e polissacarídeos por meio de ligações de hidrogênio. Essa característica colabora com diversas propriedades funcionais como emulsificação, viscosidade, gelificação e espessamento (ASHAOLU, 2020; MUSTAFA; REANEY, 2020)

As propriedades de uma emulsão podem ser afetadas por diversos fatores intrínsecos, tais como: pH, temperatura, força iônica, presença de surfactantes de baixa massa molecular (LMW, do inglês *low-molecular-weight*), tipo de proteína, açúcares, entre outros, bem como fatores extrínsecos, como a taxa de cisalhamento, o tipo de equipamento e a taxa de entrada de energia (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

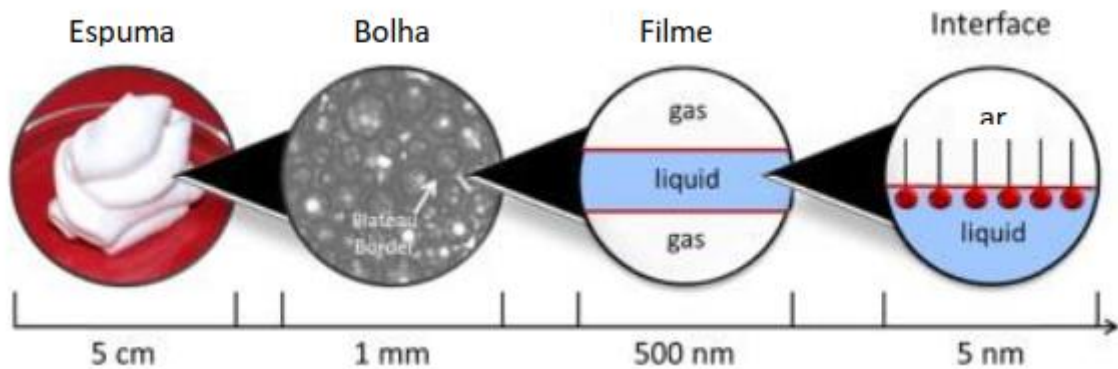
Portanto, o pH é um fator intrínseco que afeta diretamente a formação e a estabilidade das emulsões. Normalmente, as proteínas apresentam baixa solubilidade em pH isoelétrico, pois nessa condição estão pouco hidratadas e desprovidas de forças eletrostáticas repulsivas. A ausência de interações eletrostáticas repulsivas entre as partículas de emulsão, combinadas ao fato de que as gotículas de emulsões são esféricas e deformáveis, podem ocorrer rupturas, floculação e coalescência, diminuindo a estabilidade da emulsão. Quando se distanciam de pH isoelétrico podem ter aumento significativo na capacidade de emulsão devido às interações eletrostáticas (BECHER, 1996; DAMODARAN; PARKIN, 2019; McCLEMENTS, 2016).

3.4 CAPACIDADE ESPUMANTE

As espumas consistem na dispersão de gás (ar) em uma fase aquosa contínua conforme Figura 2, tendo seu uso difundido na indústria alimentícia, pois conferem texturas sensoriais singulares nos alimentos, tais como mousses, merengues, marshmallows, entre outros. Em sua maioria, as proteínas presentes são responsáveis pela formação e estabilização da fase dispersa gasosa, pois formam uma película fina e resistente na interface gás-líquido e seu comportamento viscoelástico. As propriedades moleculares que influenciam na formação e na

estabilidade da espuma são flexibilidade molecular, densidade e distribuição da carga e hidrofobicidade (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

Figura 2 - Estrutura de espuma em diferentes escalas de comprimento



Fonte: FAMEAU; SALONEN (2014).

Uma maior disponibilidade de proteínas solúveis é favorável para a espumabilidade, sendo o pH um dos parâmetros que influenciam diretamente na solubilidade, pois a maioria dos alimentos possui pouca solubilidade das proteínas em pH isoeletrico, e em pH distantes deste ponto a espumabilidade é boa (devido à taxa de adsorção), porém a estabilidade é baixa devido à ausência de interações proteína-proteína. Na faixa de pH isoeletrico a ausência de interações repulsivas resulta em interações favoráveis entre proteínas e aumento da viscosidade na interface, aumentando a proteína adsorvida, entretanto, pode ocorrer insolubilização das proteínas (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

Além do pH, a capacidade espumante pode sofrer influência da concentração de sais, açúcares, de proteína e os métodos mecânicos utilizados para sua formação (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos deste trabalho foram conduzidos nos laboratórios do curso de Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, entre o período de julho a dezembro de 2023.

4.1 MATERIAL

A aquafaba foi obtida através do cozimento do grão-de-bico do tipo *kabuli* da marca Kicaldo, lote 962F, e a clara de ovo utilizada foi a clara de ovo *in natura*, ambos adquiridos no comércio na cidade de Londrina, Paraná, Brasil.

4.2 MÉTODOS

No presente capítulo serão apresentados o procedimento experimental, bem como as metodologias das análises que foram realizadas na aquafaba.

4.2.1 Preparo da aquafaba

O grão-de-bico foi imerso em água destilada durante 16 horas conforme descrito por Stantiall *et al.* (2017); após este período a água foi descartada e os grãos lavados.

Para o cozimento foi utilizada metodologia adaptada de Meurer (2019), portanto, o grão-de-bico foi colocado em frasco reagente de vidro com tampa de rosca na proporção mássica de 1:2 (grão-de-bico hidratado:água) e cozidos em autoclave a 120°C por 20 minutos. Após o cozimento, o conteúdo dos frascos foi separado da fração líquida com auxílio de uma peneira. As amostras da fração

líquida e do grão-de-bico cozido foram congeladas e descongeladas com 24 horas de antecedência à análise em temperatura de 5°C.

Na aquafaba obtida diferentes valores de pH foram ajustados (3, 4 e 5) com solução de ácido cítrico 10% (g/mL) utilizando pHmetro e as propriedades tecnológicas foram avaliadas.

4.2.2 Composição proximal

A composição proximal foi realizada na farinha do grão-de-bico cru onde foram determinados: umidade, cinzas, lipídeos, fibra bruta e proteínas. O teor de carboidratos foi calculado por diferença.

Para o preparo da farinha de grão-de-bico cru, o material foi moído em moinho por 30 segundos. Em seguida, a farinha obtida foi peneirada para padronização da granulometria e armazenada em sacos plásticos bem vedados a temperatura ambiente (MEURER, 2019).

4.2.2.1 Umidade

A análise de umidade foi realizada através da perda por dessecação conforme a metodologia 012/IV do Instituto Adolfo Lutz, onde foram pesadas em balança analítica, 5 gramas de amostra em cápsula de porcelana previamente pesada e tarada e foram deixadas em estufa a 105°C por 4 horas. Após este tempo, as amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas, até peso constante. O teor de umidade foi determinado através da Equação 1 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

$$\text{Umidade (\%)} = ((m_u - m_s) / m_u) * 100 \quad (1)$$

onde m_u é a massa da amostra úmida; e m_s é a massa da amostra seca, ambas em g.

4.2.2.2 Cinzas

A determinação de cinzas foi realizada de acordo com o método 018/IV do Instituto Adolfo Lutz e 900.02 da AOAC - *Association of Official Analytical Chemists* onde 10 g das amostras secas foram pesados em cápsula de porcelana, carbonizadas em bico de Bunsen e colocadas em mufla à 550°C por 4 horas. Após este período, as amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas. O teor de cinzas foi calculado através da Equação 2 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008; AOAC, 1997).

$$\text{Teor de cinzas (\%)} = (m_c/m_a) \cdot 100 \quad (2)$$

onde m_c é a massa de cinzas; e m_a é a massa da amostra pesada inicialmente, ambas em g.

4.2.2.3 Lipídeos

A quantificação de lipídeos foi realizada no equipamento Soxtec™ 2055 (FOSS, Hilleroed, Dinamarca), formado por uma unidade de extração e outra de controle. O procedimento de extração no Soxtec™ 2055 foi composto por três etapas: refluxo, recuperação do solvente e retirada das amostras. Para análise, 1 grama da amostra foi pesada em triplicata, envelopadas em papel filtro e colocadas nos cadinhos previamente tarados. Os cadinhos foram levados ao equipamento e a extração de lipídeos correu por 2 h à 110°C em 90 mL de hexano. Em seguida, os cadinhos foram retirados do hexano e inicia-se a fase de recuperação do solvente e término da fase de extração, onde traços de solventes que não foram coletados no condensador são transferidos aos cadinhos. O solvente remanescente foi seco, por aproximadamente 1 hora e 30 minutos. Após esse tempo, os cadinhos foram levados ao dessecador para resfriar e pesados.

4.2.2.4 Fibra bruta

A análise de fibras foi realizada no equipamento Fibertec™ 2010 (FOSS) com base em um sistema semiautomatizado de incubação e filtração para determinação quantitativa de fibra. Os cadinhos para análise foram tarados em mufla a 530 °C por 3 h e resfriados em dessecador. Aos cadinhos, foram adicionados 1 g de celite, banhado com álcool 70% e deixados no dessecador até secagem, e adicionados de 1 g de amostra. O equipamento Fibertec™ foi previamente aquecido com água destilada (100°C) por 5 min, os cadinhos contendo a amostra foram colocados no equipamento e foram adicionados de ácido sulfúrico 150 mL a 0,64 mol/L, e fervidos por 10 min. O ácido foi descartado e lavado 3 vezes com água destilada. Em seguida, foram adicionados de 150 ml de hidróxido de potássio à 0,556 mol/L e fervidos por 10 min. A base foi removida e lavada 3 vezes com água destilada. Os cadinhos foram levados à estufa à 130°C por 3 h e resfriados em dessecador. Após o resfriamento, foram pesados e levados pra mufla à 530°C por 3 h, resfriados e pesados novamente.

4.2.2.5 Proteínas

A determinação de proteínas foi realizada pelo método de Microkjeldhal. Foi pesado em papel de filtro cerca de 0,2 g de amostra, e o conjunto introduzido em tubos de digestão, em seguida foram adicionados 5 mL de ácido sulfúrico e cerca de 1 g de mistura catalítica de sulfato de cobre e sulfato de potássio. O tubo foi aquecido em chapa elétrica a 400°C até coloração translúcida levemente esverdeada. Foram adicionados 10 mL de água destilada, 10 mL de ácido bórico 2% e 5 gotas do indicador azul de bromotimol e hidróxido de sódio 50% até obter coloração marrom escura e o sistema foi aquecido até mudança de coloração. Por fim, foi retirado cerca de 50 mL do destilado e titulado com ácido clorídrico 0,1 M. O teor de proteínas será calculado conforme a Equação 3:

$$\text{Teor de proteínas (\%)} = V * M * 0,014 * f * 100 / m_a \quad (3)$$

onde V é o volume gasto na titulação, em mL; M é a molaridade do ácido; f é o fator de conversão, sendo utilizado o valor empírico de 6,25; e m_a é a massa da amostra pesada inicialmente, em g.

4.2.2.6 Carboidratos por diferença

O teor de carboidratos será calculado como carboidratos totais pela diferença, isto é, a percentagem de umidade, proteína, lipídios, cinzas e fibra bruta subtraídas de 100.

4.2.3 Determinação do teor de proteína solúvel

A proteína solúvel foi determinada pelo método de Bradford. Em tubo de ensaio, adicionou-se a amostra de aquafaba diluída (1:50) e o reagente de Bradford. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis (Biochrom, modelo Libra, Inglaterra) a 595 nm. O teor de proteína solúvel foi calculado através de uma curva padrão de BSA (*Albumin Bovine Serum*).

4.2.4 Capacidade de formação de espuma

A capacidade de formação de espuma, ou espumabilidade, foi realizada através do método adaptado de Shim *et al.* (2018) e Hall (1996). O volume de 30 mL a 5° C de aquafaba foi medido em proveta e transferido para Becker de 250 mL. A amostra foi agitada em batedeira doméstica em velocidade média, durante 4 minutos. Imediatamente após sua formação, o volume da espuma foi medido no

próprio Becker. A capacidade de formação de espuma (*foam expansion*, FE) foi calculada segundo Hall (1996) e Howel e Taylor (1991), de acordo com a Equação 4:

$$FE (\%) = (V_{f0} / V_{li}) * 100 \quad (4)$$

onde V_{f0} é o volume de espuma formado; e V_{li} é o volume inicial de amostra, ambos em mL.

A mesma metodologia foi aplicada na clara de ovo pasteurizada para fins de comparação.

4.2.5 Estabilidade das espumas

A estabilidade das espumas formadas foi analisada utilizando-se o método adaptado de Wenzel (2010) e Hall (1996), onde 30 mL de aquafaba a 5°C foram agitados em copo de Becker de 250 mL conforme o item 4.2.4 do presente trabalho. Logo após, toda a espuma foi transferida para um funil de vidro, sobre o qual foi colocado gaze, a fim de reter a espuma. O funil foi posicionado sobre uma proveta de 50 mL. Após decorridos 5, 10, 15 e 20 minutos, foram anotados os volumes gotejados e a estabilidade da espuma (*Foam Liquid Stability*, FLS) para cada um dos tempos foi calculada de acordo com a Equação 5 (HALL, 1996; HOWEL; TAYLOR, 1991):

$$FLS (\%) = ((V_{li} - V_{lt}) / (V_{li} - V_{l0})) * 100 \quad (5)$$

onde V_{l0} é o volume de líquido logo após a formação da espuma ($t = 0$); V_{lt} é o volume de líquido formado após 10, 15 ou 20 minutos; e V_{li} é o volume inicial de amostra, todos os volumes em mL.

A mesma metodologia foi aplicada na clara de ovo pasteurizada para fins de comparação.

4.2.6 Determinação do índice de atividade emulsificante

O índice de atividade emulsificante (IE) foi determinado com base nas metodologias adaptadas de Cooper e Goldenberg (1987) e de Mustafa *et al.* (2018). Em um Becker de 50 mL, foram adicionados 30 mL de óleo de soja e 20 mL de aquafaba (proporção 60% de óleo e 40% de aquafaba). A mistura foi agitada em ultra-turrax (IKA, Alemanha) por um minuto, a 10000 rpm. Após a agitação, a mistura foi transferida para uma proveta de 50 mL. O volume de emulsão inicial foi medido, e a amostra permaneceu em repouso à temperatura ambiente. Foi medido o volume de emulsão após os tempos de 1 hora, 12 horas e 24 horas, sendo o resultado, uma média de três amostras. O índice de atividade emulsificante (IE), para o tempo t, foi calculado segundo a Equação 8:

$$IE (\%) = (V_t / V_i) * 100 \quad (6)$$

onde V_i é o volume de emulsão logo após sua formação; e V_t é o volume de emulsão após transcorrido tempo t, ambos em mL.

4.2.7 Determinação do pH

O pH da aquafaba foi aferido em triplicata utilizando pHmetro de bancada Hanna Instruments modelo HI2221, conforme método direto do Instituto Adolf Lutz (2008).

4.3 TRATAMENTO DOS DADOS

As amostras foram analisadas em triplicata e os resultados expressos em valores médios \pm desvios padrão. A análise de variância (ANOVA) foi realizada utilizando-se o programa Statistica 14.0 (TIBCO Software Inc.) e a diferença entre as médias comparada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente capítulo serão abordados os resultados obtidos para a composição proximal e para as análises realizadas na aquafaba *in natura* e padronizada nas diferentes faixas de pH, sendo elas o teor de proteínas solúveis, capacidade de formação e estabilidade das espumas, e índice de atividade emulsificante.

5.1 COMPOSIÇÃO PROXIMAL

Ao se avaliar os resultados da análise de composição proximal da farinha de grão-de-bico cru, o teor de proteínas encontrado foi de 20,53%, próximo ao valor de referência pela USDA - *United States Department of Agriculture* (2018), sendo de 22,39%. Summo *et al.* (2019) obteve 20,5% e Martínez-Preciado *et al.* (2019) obteve 19,7% analisando as proteínas do grão-de-bico cru. O teor de lipídeos encontrado foi de 3,67%, próximo ao resultado obtido por Xu *et al.* (2016), de 4,7%, entretanto, Martínez-Preciado *et al.* (2019) obteve um resultado de 10,3%, sendo o valor de referência pela USDA (2018) de 6,69%.

A umidade verificada foi de 4,34%, abaixo também do referenciado pela USDA (2018) que é 10,28%. Em relação ao teor de cinzas obteve-se resultado de 3,1%, semelhante a Martínez-Preciado *et al.* (2019) e Dandachy *et al.* (2019), que verificaram 3,2% e 2,9% respectivamente. O teor de fibras obtido foi 6,55%, próximo aos 5,9 % verificado por Bulbula e Urga (2018). Os carboidratos obtidos por diferença resultaram em 61,81%, também próximos aos resultados obtidos por Bulbula e Urga (2018) e Summo *et al.* (2019), sendo de 61% em ambos os ensaios. Essas diferenças entre os resultados obtidos nas análises quando comparados a literatura pode, estar relacionados às diferentes condições de cultivo, estado de maturação do grão na colheita e armazenamento, fatores que afetam intrinsecamente a composição dos alimentos.

5.2 TEOR DE PROTEÍNA SOLÚVEL

O resultado do teor de proteína solúvel das amostras de aquafaba *in natura* obtido pelo método de Bradford foi de 0,2779 g/100 mL. Stantial *et al.* (2018) em seu estudo obteve 0,95 g/100 g, enquanto Raikos *et al.* (2020), Buhl *et al.* (2019), Mustafa *et al.* (2018) e Shim *et al.* (2018) obtiveram valores maiores, sendo eles 1,27 g/100 g, 1,3 g/100 g 1,5 g/100 g e 2,42 g/100 g respectivamente.

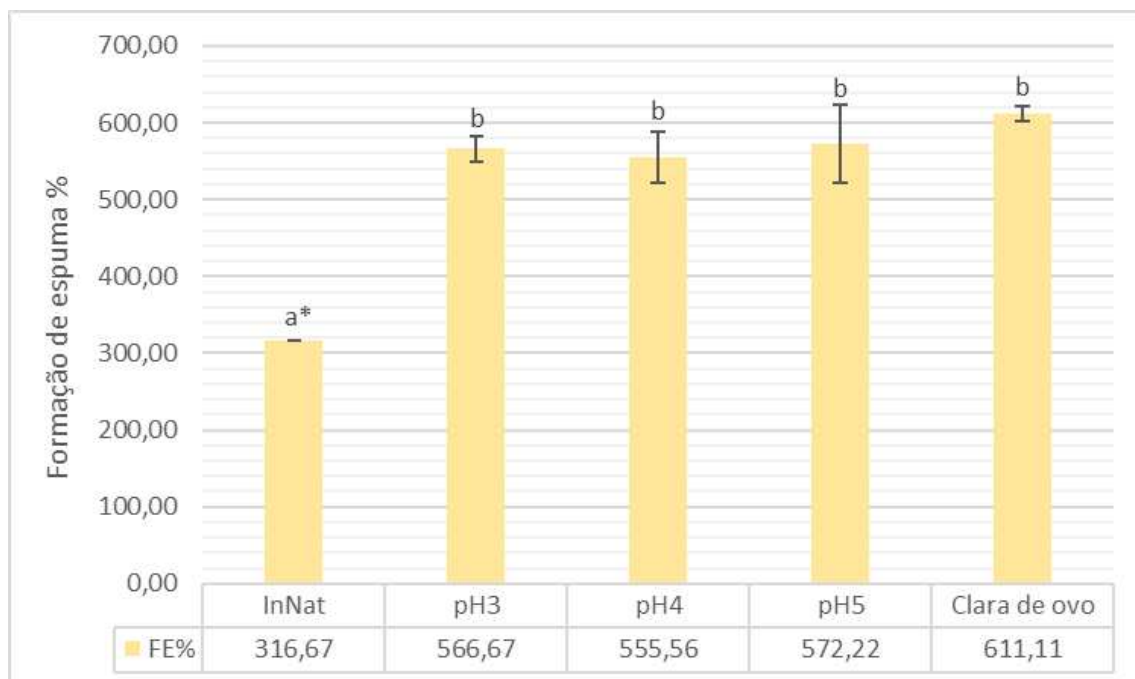
Embora o resultado do presente estudo demonstre uma disparidade significativa em relação aos dados apresentados na literatura, pode-se observar que os teores obtidos entre os autores também diferem consideravelmente. Alguns fatores afetam diretamente na transferência dos compostos do processo de obtenção de aquafaba, tais como aplicação de pressão no cozimento, proporção entre grão e água, temperatura, pH, o cultivar do grão e sua própria estrutura celular (HE *et al.*, 2021).

Quando comparamos o teor de proteínas do grão-de-bico obtida no presente estudo, corresponde a 20,53%, e o teor de proteínas solúvel pode-se notar o decréscimo dos resultados, que ocorre devido à lixiviação dos nutrientes do grão-de-bico para a água do cozimento devido a elevação considerável da temperatura e aplicação de pressão, responsável pela degradação dos revestimentos estruturais do grão (MUSTAFA; REANEY, 2020; STANTIAL *et al.*, 2018).

5.3 CAPACIDADE DE FORMAÇÃO DE ESPUMA E ESTABILIDADE

Os resultados da capacidade de formação de espuma (*foam expansion*, FE), tanto para as amostras de aquafaba *in natura* aferida com pH de 6,05 e ajustadas nas faixas de pH de 3, 4 e 5, quanto para a clara de ovo *in natura*, se encontram na Gráfico 1.

Gráfico 1 - Capacidade de formação de espuma, em percentual, das amostras de aquafaba *in natura* e ajustadas nas faixas de pH de 3, 4, 5, e da clara de ovo.



*Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as médias ao nível de 5 % de significância. Resultados são médias de três vias \pm desvio padrão.

Fonte: Autoria própria (2023)

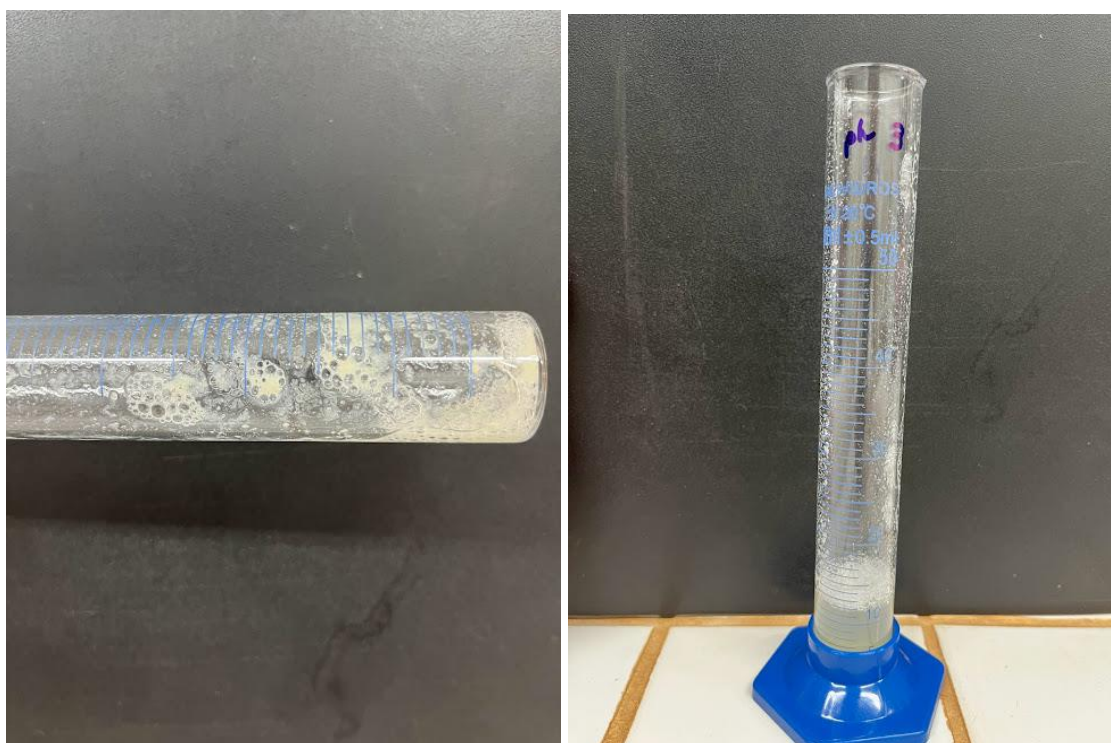
Pode-se observar que referente ao pH houve diferença significativa ($p < 0,05$) na FE quando comparamos a amostra de aquafaba *in natura*. Aslan e Ertas (2020), Buhl *et al* (2019) e Stantiall *et al* (2019), obtiveram melhores resultados de formação de espuma realizando o mesmo critério comparativo, todavia, no presente estudo a aquafaba padronizada em todas as faixas de pH estudadas, o resultado foi estatisticamente igual ($p > 0,05$) à clara de ovo, demonstrando que a padronização do pH apresentou efeito favorável. A maior taxa de formação de espuma foi verificada na amostra padronizada com pH 5, que apresentou resultado 255,55% melhor na capacidade de formação de espuma em relação a amostra *in natura* e 38,89% menor em relação a clara de ovo.

Lafarga *et al.* (2019) observou FE de 264% em pH 5 com grão-de-bico cozido na proporção 1:3,25 (água/grão-de-bico), Mustafa *et al.* (2018) obtiveram resultados de FE de 400 a 500% em aquafaba obtida de grão-de-bico enlatado, porém sem ajuste de pH. A melhora na capacidade de formação de espuma com o decréscimo do pH em relação da amostra *in natura* esta correlacionada com as mudanças na rede de distribuição de carga da proteína, pois afeta a ionização dos grupos ácidos

(como o grupo carboxila) nos aminoácidos, diminuindo as interações hidrofóbicas, aumentando sua flexibilidade e reduzindo a tensão superficial (DILL; SHORTLE, 1991; RAGAB *et al*, 2004).

No aspecto visual quando o pH foi ajustado para o valor de 3, foi possível verificar formação de grumos na proveta conforme Figura 3, indicando que houve possível precipitação de proteínas e alcance de pH isoelétrico, enquanto nas outras amostras não foi observado tal comportamento (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

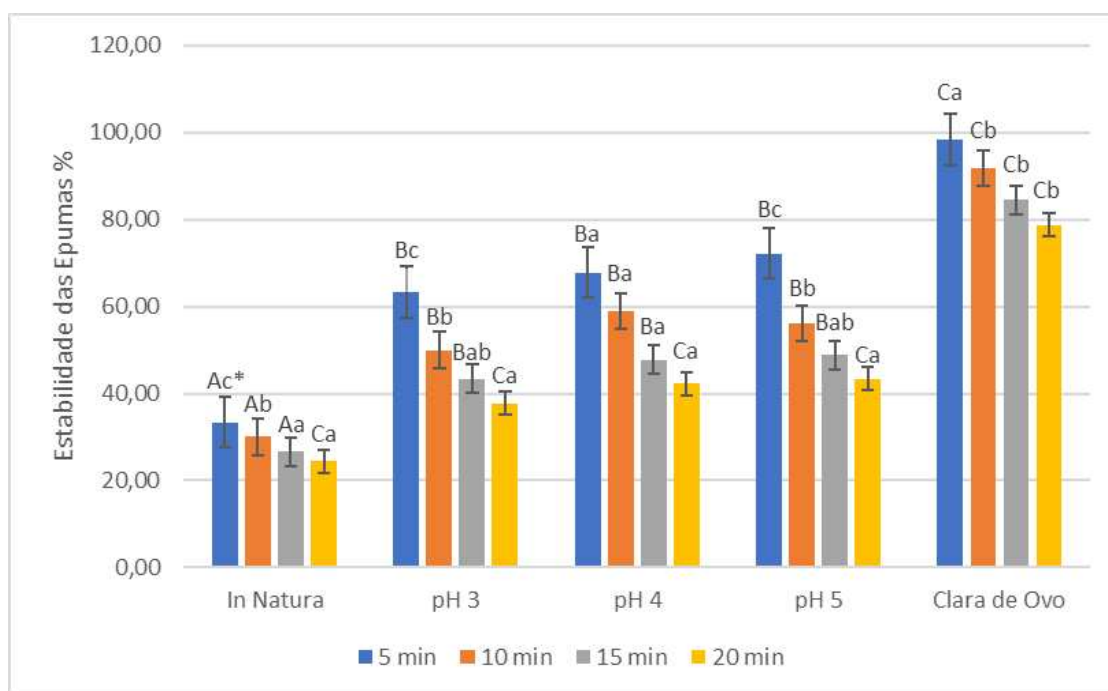
Figura 3 – Proveta de medição com residual de grumos após utilização para aferição dos volumes referentes ao pH 3.



Fonte: Autoria própria (2023)

Em relação a estabilidade das espumas (*Foam Liquid Stability, FLS*), pode ser observada no Gráfico 2 os resultados percentuais obtidos das amostras de aquafaba *in natura* aferida com pH de 6,05 e ajustadas nas faixas de pH de 3, 4 e 5, quanto para a clara de ovo *in natura*. A estabilidade foi verificada nos tempos de 5, 10, 15 e 20 minutos.

Gráfico 2 – Estabilidade das espumas, em percentual, das amostras de aquafaba *in natura* e ajustadas nas faixas de pH de 3, 4, 5, e da clara de ovo *in natura*.



*Letras maiúsculas diferentes para um mesmo tempo (mesma cor) indicam diferenças significativas entre as médias ao nível de 5 % de significância. Letras minúsculas diferentes para uma mesma amostra indicam diferenças significativas entre as médias ao nível de 5 % de significância.

Resultados são médias de três vias \pm desvio padrão.

Fonte: Autoria própria (2023)

A partir dos resultados obtidos, observou-se que assim como o comportamento da capacidade de formação de espuma da aquafaba, a estabilidade das espumas também foi beneficiada pelos ajustes de pH. Em todos os tempos analisados (5, 10, 15 e 20 minutos), se obteve melhora significativa da FLS ao se comparar a amostra *in natura* e as amostras com ajuste de pH.

Ao se comparar a estabilidade da espuma da aquafaba *in natura* e a estabilidade da espuma da aquafaba tratada com menor ajuste (pH 5), o aumento deste parâmetro observado após o menor período de tempo (5 minutos), foi de 38,9%. Visualmente, foi possível observar melhora do aspecto da espuma ajustada ao pH 5 quando comparada a amostra *in natura*, onde é possível perceber espuma mais densa e uniforme conforme Figura 4.

Figura 4 – Comparação do aspecto visual da espuma referente a amostra *in natura* e com pH 5 respectivamente.



Fonte: Autoria própria (2023)

Na medida em que o pH foram ajustados em valores mais ácidos, houve uma perda da FLS, sendo os valores entre 3 e 5 não diferiram significativamente entre os tempos ($p > 0,05$). Entre os tempos de 5, 10 e 15 minutos, a aquafaba *in natura* e a clara de ovo apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) para todas as outras amostras, conforme esperado.

Ao se observar a variação da estabilidade da espuma de uma mesma amostra no decorrer do tempo, observou-se que, na maioria dos casos, há diferença significativa entre o percentual referente a estabilidade, principalmente comparando este índice após 10 e 15 minutos, portanto, há uma tendência à redução na taxa de gotejamento de líquido da espuma ao longo do tempo. Entretanto, a amostra ajustada para o pH 4 não houve diferença significativa ($p > 0,05$) em razão do tempo, indicando que a houve uma taxa de gotejamento e conseqüentemente perda de estabilidade constante e uniforme.

5.4 ÍNDICE DE ATIVIDADE EMULSIFICANTE

Os valores do índice de atividade emulsificante (IE) obtidos para as amostras de aquafaba *in natura* aferida com pH de 6,05 e ajustadas nas faixas de pH de 3, 4 e 5, quanto para a clara de ovo *in natura* constam na Tabela 1. O IE foi analisado após os tempos de 1 hora, 12 horas e 24 horas.

Tabela 1 – Índice de atividade emulsificante, em percentual, das amostras de aquafaba *in natura* e ajustadas nas faixas de pH de 3, 4, 5.

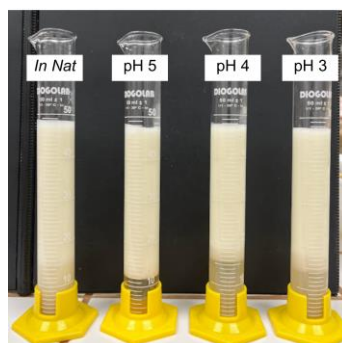
Tempo	IE (%) <i>In Natura</i>	IE (%) pH 5	IE (%) pH 4	IE (%) pH 3
1 hora	85,8 ± 1,23 ^{Bb*}	81,6 ± 1,23 ^{ABc}	72,3 ± 7,67 ^{Aa}	73,8 ± 7,67 ^{Aa}
12 horas	58,9 ± 1,23 ^{Aa}	73,0 ± 1,23 ^{Cb}	68,1 ± 2,13 ^{Ba}	66,0 ± 2,13 ^{Ba}
24 horas	56,0 ± 2,46 ^{Aa}	61,7 ± 0,00 ^{Ba}	66,7 ± 2,46 ^{Ca}	65,2 ± 2,46 ^{BCb}

*Letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferenças significativas entre as médias ao nível de 5 % de significância. Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferenças significativas entre as médias ao nível de 5 % de significância. Resultados são médias de três vias ± desvio padrão.

Fonte: Autoria própria (2023)

Assim como a formação de espuma e sua estabilidade, a atividade emulsificante também foi beneficiada com o ajuste de pH. Após decorrido 1 hora, a amostra *in natura* teve menor separação da fase aquosa na parte inferior das provetas conforme Figura 5, correspondendo a uma separação 4,2%, 13,5% e 12% menor do que as amostras de pH 5, 4 e 3 respectivamente. Entretanto, após 12 e 24 horas houve um salto na separação de fases da amostra *in natura*, demonstrando perda de líquido maior do que todas as outras amostras nas faixas de tempo, denotando menor estabilidade da emulsão e a eficácia da padronização de pH em teores mais ácidos em relação da amostra *in natura* para manter a estabilidade da emulsão.

Figura 5 – Emulsões das amostras de aquafaba após 1 hora em temperatura ambiente, da amostra *in natura*, pH 5, 4 e 3 respectivamente.



Fonte: Aatoria própria (2023)

Pode ser observado que as amostras de pH 3 e 4 no intervalo de 1 hora, as amostras *in natura*, pH 3 e 4 após 12 horas, e as amostras *in natura*, pH 4 e 5 após 24 horas não diferiram significativamente ($p > 0,05$). Nas demais amostras em relação ao tempo houve diferença significativa ($p < 0,05$). Ainda conforme Figura 5 é possível perceber que a separação de fases no fundo da proveta entre as amostras formou uma coloração turva, porém na amostra referente ao pH 5 a fase inferior apresentou separação total e translúcida levemente amarelada. De modo geral, cada uma das faixas se comportou visualmente de forma única em relação ao tempo.

Quando se observa a relação do tempo na mesma amostra, assim como na estabilidade das espumas a amostra padronizada em pH 4 não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$), indicando melhor estabilidade e decaimento uniforme da emulsão, enquanto todas as outras amostras apresentaram diferença significativa. Lafarga *et al.* (2019) obteve a melhor IE dentro de seu estudo na aquafaba cozida na proporção 1:1,5 (água/grão-de-bico) e pH 3,5, tendo um resultado de 76,3%, com diferença na metodologia de aferição da atividade emulsificante pois não foi comparada a relação da estabilidade em relação ao tempo, e sim em relação a exposição ao calor e posterior centrifugação conforme metodologia de Garcia-Vaquero *et al.* (2017).

Os resultados avaliados no presente trabalho para aquafaba *in natura* foram superiores aos encontrados por Mustafa *et al.* (2018), os quais avaliaram a capacidade emulsificante de aquafaba provenientes de diferentes marcas de grão-de-bico enlatado onde após 30 minutos, obtiveram IE variando entre 60% e 80%. A aplicação de pH mais ácido, assim como na espumabilidade sofre ação da rede de distribuição de cargas na proteína, afetando sua relação com a interface e nesse ponto principalmente na hidrofobicidade, mantendo ligações mais estáveis entre os glóbulos de gordura (DILL; SHORTLE, 1991; RAGAB *et al.*, 2004).

6 CONCLUSÃO

Os resultados da formação e estabilidade das espumas mostraram que houve diferença significativa da amostra *in natura* para amostras padronizadas com pH mais ácido, sendo o pH 5 obteve melhor formação de espuma em relação aos demais e o pH 4 apresentou melhores resultados quando se trata de estabilidade. A formação de espuma das amostras ajustadas com pH ácido foi estatisticamente igual à da clara de ovo, porém, a estabilidade das espumas foi menor. Em relação ao índice de atividade emulsificante, a amostra de pH 4 também se mostrou mais estável em relação a amostra *in natura* e as outras faixas de pH aplicadas.

Baseado nos resultados obtidos e na literatura, a utilização da aquafaba padronizada em pH mais ácido se mostra promissora para utilizações culinárias e industriais pois a padronização e controle de pH é um meio de fácil acesso e demonstrou melhora significativa em relação à utilização da aquafaba *in natura*, tornando possível não só a utilização de um produto que normalmente é descartado, bem como melhores resultados em sua aplicação, se tornando uma alternativa viável para substituição de ingredientes de origem animal e utilização de aditivos artificiais para melhora nas características sensoriais em aplicação para formação de espumas e emulsões.

REFERÊNCIAS

AGGARWAL, V. *et al.* Some properties of seeds and starches separated from different Indian pea cultivars. **Food Chemistry**, v. 85, p. 585-590, mai, 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, p. 469-474, jun, 1999.

AISA, H. A.; GAO, Y.; YILI, A.; MA, Q.; CHENG, Z. Beneficial role of chickpea (*Cicer arietinum* L.) functional factors in the intervention of metabolic syndrome and diabetes mellitus. In: **Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes**. **Academic Press**, p. 615-627, 2019.

ALENCAR, G. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária. **Grão-de-bico é inserido no zoneamento agrícola de risco climático**, 2021. Disponível em: < [AOAC. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16th ed. Maryland: Assoc. Off. Analyt. Chemists, 2 v. 1997.](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66946649/grao-de-bico-e-inserido-no-zoneamento-agricola-de-risco-climatico#:~:text=e%20Distrito%20Federal,-,A%20produtividade%20m%C3%A9dia%20da%20cultura%20nos%20solos%20brasileiros%20%C3%A9%20de,40%20gramas%2Fano%20por%20indiv%C3%ADduo.> https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66946649/grao-de-bico-e-inserido-no-zoneamento-agricola-de-risco-climatico#:~:text=e%20Distrito%20Federal,-,A%20produtividade%20m%C3%A9dia%20da%20cultura%20nos%20solos%20brasileiros%20%C3%A9%20de,40%20gramas%2Fano%20por%20indiv%C3%ADduo.> Acesso em: 15 mai. 2022.</p>
</div>
<div data-bbox=)

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. ed. 18, Gaithersburg: AOAC International, 2006.

ASHAOLU, T. J. Applications of soy protein hydrolysates in the emerging functional foods: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 55, n. 2, p. 421-428, 2020.

ASLAN, M., ERTAS, N. Possibility of using “chickpea aquafaba” as egg replacer in traditional cake formulation. **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, 24(1), 1–8, 2020.

BECHER, P. **Encyclopedia of Emulsion Technology**. Vol. 4. New York: Marcel Dekker, 1996, p. 1-62.

BIS RESEARCH®. **Global Plant-Based Food & Beverages Alternatives Market – Analysis and Forecast, 2019-2024**, 2019. Disponível em: <<https://bisresearch.com/industry-report/plant-based-food-beverages-alternatives-market.html>>. Acesso em: 22 mai. 2022.

BLACK, J. NEW YORK TIMES. **Vegans Whip Up a Secret Weapon: Aquafaba**, 2016. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2016/05/11/dining/aquafaba-vegan-egg-substitute.html>> . Acesso em: 23 abr. 2022.

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

COOPER, D. G.; GOLDENBERG, B. G. Surface-active agents from two *Bacillus* species. **Applied and Environmental Microbiology**. v. 53, n. 2, p. 224-229, 1987.

DAMIAN, J. J.; HUO, S.; SERVENTI, L. Phytochemical content and emulsifying ability of pulses cooking water. **European Food Research and Technology**, v. 244, n. 9, p. 1647-1655, 2018.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Grupo A, 2019. 9788582715468. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582715468/>>. Acesso em: 18 mai. 2022.

DEVER, Z. **Aquafaba: sweet and savory vegan recipes made egg-free using the magig of bean water**. Woodstock, Virginia: Vegan Heritage Press, 2016.

DILL, K. A.; SHORTLE, D.; **Annu. Rev. Biochem.** 1991, 60, 795.

ELLIS, A. L.; LAZIDIS, A. Foams for food applications. In: **Polymers for Food Applications**. Springer, Cham, p. 271-327. 2018

FERREIRA, A. C. P.; BRAZACA, S. G. C.; ARTHUR, V. Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, ed. 26, vol. 1, p. 80-88, 2006.

GAUR, P. M. *et al.* Chickpea Seed Production Manual. **International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics**. Andhra Pradesh, India, 2010. 28p.

HALL, G. M. **Methods of Testing Protein Functionality**. Londres: Blackie Academic & Professional. 1st ed, 1996. p. 166-180.

HE, Y., *et al.* Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 27-42, 2021.

HOWEL, N. K.; TAYLOR, C. Effect of amidation on the foaming and physicochemical properties of bovine serum albumin. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 26, p. 385-395, 1991.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4a. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JANSSEN, M., *et al.* Motives of consumers following a vegan diet and their attitudes towards animal agriculture. **Appetite**, v. 105, p. 643–651, 2016.

LIMA FILHO, O. F. de. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária. **Pulses e o grão-de-bico: importante mercado mundial para o Brasil**, 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: 23 abr. 2022.

MARKET RESEARCH FUTURE®. **Hummus market research report – forecast to 2027**, 2021. Disponível em: <<https://www.marketresearchfuture.com/reports/hummus-market-1585>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

MCCLEMENTS, D. J. **Food emulsions: principles, practices, and techniques**. 3rd ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2016. p. 1-24.

MEURER, M. C. **Efeitos do ultrassom nas propriedades tecnológicas da água de cozimento do grão-de-bico (aquafaba)**. 2019. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2019.

MONTEIRO, Renata Pereira Bender. **Desenvolvimento de técnicas de pastelaria para a produção de produtos isentos de leite, ovos e glúten**. 2017. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Gastronômicas) – Universidade de Lisboa, Lisboa. 2017.

MUSTAFA, R. *et al.* Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. **International Journal of Food Science and Technology**. p. 1- 9, 2018.

MUSTAFA, R.; REANEY, M.J.T. Aquafaba, from food waste to a value-added product. In: **Food Wastes and by-Products: Nutraceutical & Health Potential**; Campos-Vega, R., Oomah, B.D., Vergara-Castañeda, H.A., Eds.; John Wiley & Sons Ltd.: New York, NY, USA. pp. 93–126, 2020.

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**, v. 55, n. 8, p. 1137-1145, 2015.

RAGAB, D. M., BABIKER, E. E., ELTINAY, A. H. Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) proteins as affected by pH and/or salt concentration. **Food Chemistry**, v. 84, n. 2, p. 207-212, 2004.

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 & Technology**, v. 55, n. 5, p. 1935-1942, 2020.

SERVENTI, Luca, *et al.* Cooking water of yellow soybeans as emulsifier in gluten-free crackers. **European Food Research and Technology**, v. 244, n. 12, p. 2141-2148, 2018.

SERVENTI, Luca. Soaking water composition. In: **Upcycling Legume Water: from wastewater to food ingredients**. Springer, Cham, 2020. p. 27-39.

SHEVKANI, K., SINGH, N., CHEN, Y., KAUR, A., & YU, L. Pulse proteins: Secondary structure, functionality and applications. **Journal of food science and technology**, v. 56, n. 6, p. 2787-2798, 2019.

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.

SMITH, P. K. *et al.* Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Chemistry**. v. 57, n. 1, p. 76-85, 1985.

SOCIEDADE NACIONAL DA AGRICULTURA. **Cultivo de grão-de-bico avança no País e cresce 1400% em um ano.** 2018. Disponível em: <
<https://www.sna.agr.br/cultivo-de-grao-de-bico-avanca-no-pais-e-cresce-13-00-em-um-ano/#:~:text=A%20%C3%8Dndia%20%C3%A9%20o%20maior%20produtor%2C%20consumidor%20e%20exportador%20do%20mundo.>> Acesso em: 15 mai. 2022.

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, 2018.

VAN DER MAESEN, Laurentius Josephus Gerardus. Origin, history and taxonomy of chickpea In: SAXENA, M.C., SINGH, K.B. **The chickpea**. Oxon: CAB International, Reino Unido., 1987, cap. 2, p. 11-34.

XU, Y.; CARTIER, A.; OBILODAN, M.; JORDAN, K.; HAIRSTON, T.; SHANNON, A.; SISMOUR, E. Nutritional and anti-nutritional composition, and in vitro protein digestibility of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by differential processing methods. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 10, n.3, p. 625-633, 2016

WENZEL, G. E. **Bioquímica experimental dos alimentos**. São Leopoldo: Editora Unisinos. 2^a ed, 2010, p. 146-151.

WRIGLEY, C. *et al.* **Encyclopedia of food grains – the world of food grains**. Elsevier, v. 2, ed. 2, p. 316-323, 2016.