UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE

CURSO DE GASTRONOMIA

SHARA GABRIELE FREITAS CONCEIÇÃO

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A LENTILHA E SEUS COMPOSTOS NA ESTABILIZAÇÃO DE ESPUMAS E EMULSÕES COM POSSIBILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE OVOS EM RECEITAS DE MERENGUE TRADICIONAL

PORTO ALEGRE

JULHO/2024

SHARA GABRIELE FREITAS CONCEIÇÃO

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A LENTILHA E SEUS COMPOSTOS NA ESTABILIZAÇÃO DE ESPUMAS E EMULSÕES COM POSSIBILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE OVOS EM RECEITAS DE MERENGUE TRADICIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Curso de Gastronomia da Fundação Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, como requisito parcial para a obtenção do grau de Tecnólogo em Gastronomia.

Orientadora: Graziela Brusch Brinques
Co-orientadora: Letícia Bolzan

Catalogação na Publicação

Conceição, Shara Gabriele Freitas
Revisão bibliográfica sobre a lentilha e seus compostos na estabilização de espumas e emulsões com possibilidade de substituição de ovos em receitas de merengue tradicional / Shara Gabriele Freitas Conceição. -- 2024.
45 f. : 30 cm.

Monografia (trabalho de conclusão de curso) -- Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Curso de Gastronomia, 2024.

Orientador(a): Graziela Brusch Brinques.

1. aquafaba de lentilha. 2. merengue. 3. proteínas da lentilha. 4. análogo vegetal. I. Título.

Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFCSPA com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RESUMO

A aquafaba de diferentes leguminosas foi uma importante descoberta para ser utilizada como um substituto vegetal em produtos que são tradicionalmente feitos com ovos, onde suas propriedades emulsificantes, espumantes e gelificantes estão sendo investigadas. A lentilha por ser uma leguminosa nutricionalmente interessante, foi a escolhida para ser estudada no presente trabalho, com objetivo de se realizar uma revisão da literatura sobre os seus compostos na estabilização de emulsões e espumas com possibilidade de serem utilizados em substituição de ovos em receitas de merengue tradicionais, trazendo a aplicação da aquafaba de lentilha na fabricação de merengue, bem como a aplicação de aquafaba de grão-de-bico. Os métodos adotados para atingir o objetivo do trabalho se deram por pesquisa e análise de dados disponíveis nas bases de dados Eletronic Library Online (SciElo), Google Acadêmico e em livros. Os resultados obtidos foram que as aquafabas de lentilha possuem capacidades de formar espumas estáveis, porém ainda não existem muitos estudos que apliquem ela na produção de merengues análogos, porém existem aplicações das proteínas da lentilha em diferentes produtos alimentícios, e ela se mostrou promissora quando se procura um substituto vegetal. Portanto, conclui-se que a aquafaba de lentilha e suas proteínas são promissoras para serem estudadas a fundo como uma alternativa de substituto aos ovos na elaboração de merengues.

Palavras-chave: aquafaba de lentilha. merengue. proteínas da lentilha.

ABSTRACT

The aquafaba from different legumes has been an important discovery for use as a plant-based substitute in products traditionally made with eggs, where its emulsifying, foaming, and gelling properties are being investigated. Lentil, being a nutritionally interesting legume, was chosen for the present study, with the objective of conducting a literature review on its compounds in the stabilization of emulsions and foams with the possibility of being used as a substitute for eggs in traditional meringue recipes, bringing the application of lentil aquafaba in the making of meringue, as well as the application of chickpea aquafaba. The methods adopted to achieve the objective of the work were through research and analysis of data available in the Electronic Library Online (SciELO) and Google Scholar databases, and in books. The results obtained were that lentil aquafabas have the ability to form stable foams, but there are still not many studies that apply it in the production of analogous meringues. However, there are applications of lentil proteins in different food products, and it has shown promise when looking for a plant-based substitute. Therefore, it is concluded that lentil aquafaba and its proteins are promising for in-depth study as an alternative substitute for eggs in the elaboration of meringues.

Keywords: lentil aquafaba. meringue. lentil proteins.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **5**
2. JUSTIFICATIVA **7**
3. OBJETIVOS **8**
4. METODOLOGIA **9**
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **10**
5.1 Espuma 10
5.1.1 Capacidade e estabilidade da espuma 12
5.2 Formação de emulsões 13
5.3.1 Solubilidade das proteínas 16
5.4 Ovos 16
5.5 Aquafaba 18
5.6 Pulses 19
5.7 Lentilha 19
5.8 Proteínas da Lentilha 22
5.8.1 Solubilidade da proteína de lentilha 24
5.9 Merengue 24
6.1 Aplicação da aquafaba em merengues 25
6.2 Aplicação da aquafaba de lentilha em merengues 27
6.3 Outras aplicações de proteínas da lentilha 28
6.4 Ultrassom 29
7. DISCUSSÃO **31**
8. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS **35**
9. REFERÊNCIAS **36**

1. INTRODUÇÃO

Segundo a IBOPE (Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística) em 2018 foi estimado que 14% da população brasileira se declaram veganos e vegetarianos, o que fez com que se aumentasse a procura por alimentos alternativos à base de vegetais. Além das pessoas que possuem dietas estritas há também aqueles que possuem alergias alimentares oriundas de alimentos derivados de origem animal, como por exemplo a alergia ao ovo, o que leva essas pessoas a também buscarem nos alimentos à base vegetal uma opção que possa vir a ser menos alergênica a eles (ALSALMAN *et al.*, 2020; NGUYEN *et al.*, 2020).

Por isso, torna-se importante a busca por substitutos vegetais, porém essa substituição se torna complicada quando se refere a alguns alimentos, como é o caso do ovo, que é amplamente utilizado em várias formulações. A dificuldade reside porque a substituição pode trazer alterações no sabor e textura originais do alimento, trazendo novos aspectos reológicos, físicos, tecnológicos e sensoriais indesejáveis (AGRAHAR-MURUGKAR *et al.*, 2016; RAHMATI & MAZAHERI TEHRANI, 2015). Logo, é esperado que o substituto utilizado mantenha as características desejáveis e atenda as necessidades nutricionais dos consumidores.

Devido à dificuldade em substituí-los, a indústria alimentícia enfrenta desafios na produção de produtos livres de ovos. Isso se deve à versatilidade dos ovos, que podem formar espumas devido à albumina em sua clara, que também possui propriedades funcionais de coagulação e aglutinação. Além disso, a gema dos ovos contribui com sua capacidade emulsificante devido à presença de lecitina em sua composição (PALAV, 2016; YANG, 2014). Assim, na busca por alternativas de origem vegetal, as leguminosas estão sendo investigadas devido às suas capacidades emulsificantes.

Nos estudos sobre as propriedades das leguminosas, foi descoberta a aquafaba, a qual consiste em um líquido viscoso resultante do cozimento das leguminosas à pressão, sendo a de grão-de-bico a mais utilizada (AQUAFABA, 2016). Essa nova possibilidade foi descoberta pelo francês Jöel Roessel enquanto eram feitos testes sobre o uso de leguminosas, e aperfeiçoada pelo americano Goose Wohlt, o qual demonstrou que ao batê-lo o mesmo é capaz de produzir uma espuma semelhante à clara em neve, havendo assim a possibilidade de substituição

pela clara em neve em receitas tradicionais feita à base de ovos (HARTKE, 2015; VALLE, 2015).

Dentro da família Leguminosae, a lentilha (*Lens culinaris*) é de grande notoriedade por sua boa composição nutricional, e pela descoberta da sua capacidade em formar espumas com tendências a serem estáveis (BOYE *et al.*, 2010; JOSHI *et al.*, 2012; JARPA-PARRA *et al.*, 2014 e 2015). Desse modo, a lentilha se torna uma leguminosa promissora a ser estudada pelas suas características que a permitem ser um bom substituto de origem vegetal em várias receitas e produtos alimentícios. Logo, o presente trabalho teve como objetivo revisar a literatura científica sobre os compostos da lentilha que atuam na estabilização de espumas e emulsões, a fim de usá-la como substituto em receitas de merengue habitualmente feitas utilizando ovos.

2. JUSTIFICATIVA

O mercado de produtos direcionado a pessoas com alergias, intolerâncias alimentares ou dietas restritas vem se ampliando consideravelmente (FAO, 2017). Contudo, os consumidores que procuram pelos produtos vegetais, reivindicam por opções que ofereçam qualidades sensoriais como sabor e textura iguais ou até melhores do que os produtos de origem animal, ou seja, eles desejam uma experiência de consumo que seja o mais natural possível, possibilitando uma que traga sensação realista e agradável (DEBYSHIRE, 2017; GFI, 2018).

Diante dessa nova demanda de produção com base vegetal, acredita-se que um extrato de lentilha possa ser uma boa alternativa para substituir as claras de ovos em receitas análogas às de merengues, levando em consideração sua composição nutricional e sua capacidade de espumabilidade e emulsificação, além de ser economicamente acessível e comum no Brasil. Portanto, o presente trabalho é uma revisão bibliográfica sobre a lentilha e os compostos que ela possui que atuam na estabilização de espumas e emulsões com possibilidade de ser substituta de ovos em receitas tradicionais de merengue.

3. OBJETIVOS

O principal objetivo do trabalho é realizar uma revisão da literatura sobre os compostos da lentilha na estabilização de emulsões e espumas com possibilidade de serem usados em substituição de ovos em receitas de merengue tradicionais.

- Revisão sobre a capacidade de espumabilidade da lentilha.
- Revisão sobre as propriedades da lentilha que contribuem na formação e estabilidade da espuma.
- Revisão sobre as proteínas da lentilha.
- Revisão sobre o uso de aquafaba de lentilha na produção de merengues.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização da presente revisão bibliográfica envolve a pesquisa e análise de dados disponíveis nas bases de dados Scientific Eletronic Library Online (SciElo), Google Acadêmico e em livros. Sendo utilizados os seguintes termos de pesquisa: lentilha, aquafaba, aquafaba de lentilha, propriedades da lentilha que influenciam na sua capacidade de espumabilidade e emulsificação, utilização de aquafaba de lentilha na produção de merengues, merengues com origem de vegetais, merengue de aquafaba, utilização de aquafaba na substituição de ovos em receitas tradicionais, lentil protein, lentil. O idioma utilizado na pesquisa foi o português e inglês, excluindo os demais idiomas. A escolha dos artigos se deu através da leitura de resumos e títulos que tenham relação com o tema, sendo analisado posteriormente o artigo completo. O período das publicações priorizado foi delimitado aos últimos 20 anos (2004-2024), havendo exceções para o uso de trabalhos que excedam esse período usando trabalhos mais antigos para fazer a base teórica essencial, citadas na tabela 1.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foram encontrados 247 trabalhos com os temas da pesquisa, e após leitura de resumos e títulos, restaram 112 trabalhos, em seguida foram eliminados os trabalhos duplicados, e os trabalhos aos quais não traziam tantas informações relevantes para o trabalho, onde foram priorizados aqueles que obtinham estudos e aplicações relacionados com o tema. Desse modo a revisão bibliográfica que será apresentada a seguir foi construída com base em 58 trabalhos.

A revisão bibliográfica está organizada de forma a introduzir e conceituar a espuma, e o que é a capacidade e estabilidade da espuma, na qual é uma das características mais desejáveis para se obter o produto final desejado que é o merengue. Após isso, o trabalho trará informações sobre a formação de emulsões, e em seguida será conceituado as proteínas e a solubilidade das proteínas. Em seguida o trabalho trará o conceito do ovo e mostrará a sua importância e o porquê dele possuir propriedades às quais são difíceis de substituir, sendo assim, muito utilizado na indústria alimentícia e na gastronomia.

Perante a dificuldade de substituição do ovo, o trabalho mostrará a aquafaba de leguminosas como uma alternativa a substituição, trazendo conceitos e dando ênfase na aquafaba de lentilha, e nas propriedades dessa leguminosa escolhida para ser o foco do trabalho, mostrando como a proteína presente nela é importante para diversas funções desejáveis. A revisão ainda vai trazer o conceito de merengue, e mostrar aplicações de aquafaba de grão de bico e lentilha na produção de merengues análogos ao tradicional, por fim a revisão será finalizada trazendo outras aplicações das proteínas da lentilha e o conceito do ultrassom como uma alternativa de melhoramento do sensorial do produto final.

5.1 Espuma

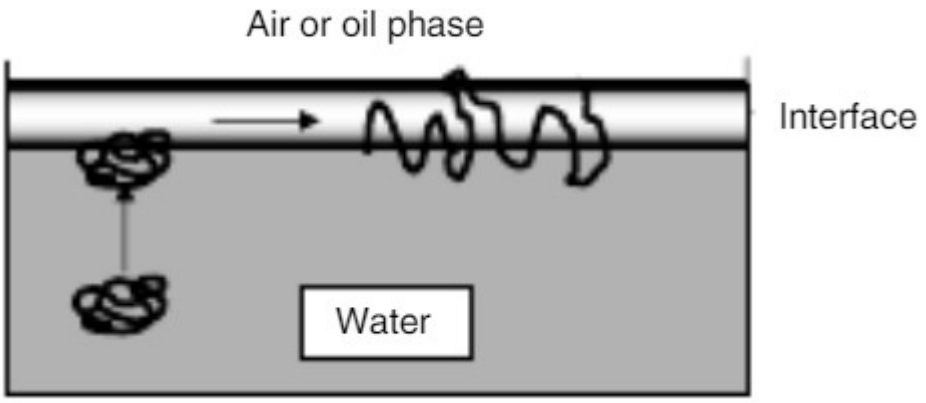
As espumas são sistemas que consistem em uma fase líquida contínua e uma fase dispersa de gás. Elas são utilizadas em diversos produtos alimentícios, como chantilly, sorvete, merengues, mousses e outros. Nas formulações desses produtos, as proteínas geralmente desempenham um papel crucial na formação e na manutenção da estabilidade das espumas na fase dispersa de gás (DAMODARAN, 2010). Em vista disso, como a espuma é uma das fases do

merengue, é muito importante considerar a capacidade de espumabilidade do insumo ao qual está-se pensando em utilizar para produzi-lo.

As espumas podem ser definidas por uma difusão coloidal de um gás em um líquido, no qual consistem em três fases distintas: dispersa, contínua e interface (SOUZA, 2003). Espumas formadas por proteínas consistem em bolhas de ar cobertas por uma camada fina de moléculas proteicas, que durante a formação da espuma, essas moléculas se acumulam na interface do sistema coloidal, aprisionando o ar e formando bolhas. Entre essas bolhas, há uma camada chamada lamela, na qual a drenagem do líquido contido é crucial para manter a aderência das bolhas (ADANSON, 1992).

Para que ocorra a formação de espuma, é essencial aplicar energia mecânica ao líquido em questão, que irá desenvolver o processo. As proteínas solúveis se redirecionam para a interface do líquido, onde ocorre um rearranjo que resulta em interações covalentes. Esse rearranjo acontece porque as partes polares das proteínas se orientam em direção à água, enquanto as partes apolares se dirigem para as bolhas de ar (PHILIPS, 1981). A Figura 1 mostra o deslocamento da proteína à interface.

Figura 1 - Deslocamento da proteína à interface.



Fonte: DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA (2010)

As propriedades espumantes das proteínas podem ser expressas como FC (índice da capacidade de espuma) e FS (índice da estabilidade da espuma). A adsorção de proteínas na interface é influenciada pela quantidade de segmentos hidrofílicos e hidrofóbicos em sua superfície. Proteínas altamente hidrofílicas e com

poucos segmentos hidrofóbicos têm menos probabilidade de adsorver na interface devido à baixa energia livre em sua superfície em comparação com a interface. No entanto, aumentar a quantidade de segmentos hidrofóbicos torna a adsorção mais provável e eficaz (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; HALL, 1996).

5.1.1 Capacidade e estabilidade da espuma

A capacidade de espumabilidade pode ser definida como "*o potencial de uma proteína em gerar área interfacial resistente, de modo a incorporarem grande quantidades de bolhas de gás que possam ser estabilizadas"* (DAMORADAN, 2010). E a estabilidade da espuma pode ser definida como "*o potencial de uma proteína em manter a espuma diante de tensões gravitacionais e mecânicas que possam ser geradas"* (DAMORADAN, 2010). Ainda segundo o autor, tanto a capacidade de espumabilidade quanto a estabilidade da espuma gerada são características que estão ligadas com a capacidade da proteína de absorver água (CAA) e óleo (CAO).

As espumas têm uma instabilidade termodinâmica devido à alta energia na interface que as compõem. Essa instabilidade pode ser dividida em: espumas instáveis, que duram apenas por um curto período de tempo, e espumas metaestáveis, que são mais duradouras e podem persistir por horas ou até dias (HARDY et al., 2015). Espumas consideradas mecanicamente estáveis são aquelas que conseguem manter sua integridade por pelo menos uma hora em temperatura ambiente. Na estabilidade física da espuma, dois aspectos do líquido são importantes: sua consistência e sua capacidade de formar um filme (HART et al., 1963 apud KARIM et al., 1999; VASCONCELOS, 2017).

Existem alguns fatores externos que afetam a espuma que são: pH, sais, açúcares, lipídios, concentração proteica e desnaturação. Além desses, o método utilizado para obtê-la também pode ser um fator de alteração. Para se ter uma boa espumabilidade e estabilidade das espumas, é necessário que se tenha equilíbrio entre a flexibilidade e a rigidez, desdobramento na interface feito com facilidade e envolvimento em alto número de interações coesivas na interface, esse é um equilíbrio que ocorre por exemplo, na clara de ovo (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; HALL, 1996).

Para estimar a capacidade de formação de espuma referente a quantidade de área interfacial criada pelas proteínas, podem ser empregados diversos métodos. No geral, a amostra é agitada por um tempo determinado e o volume da espuma formada é medido em provetas. Dessa forma, também é possível calcular o tempo necessário para que a espuma alcance um volume específico (HALL, 1996). Para determinar a estabilidade da espuma, comumente deixa-se a espuma recém batida parada por tempo definido e mede-se o volume de espuma que reduziu. Outra forma de se estipular a estabilidade da espuma é verificando o tempo que a espuma levou para reduzir à metade do seu volume inicial (HALL, 1996; WENZEL, 2010).

5.2 Formação de emulsões

Uma emulsão pode ser definida como a mistura de líquidos que não se misturam naturalmente. Ela pode ser classificada dependendo do líquido que predomina, como óleo na água ou água no óleo (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Para criar emulsões, comumente é necessário que haja uma agitação mecânica para produzir as gotículas (BAI et al., 2017).

As emulsões são frequentemente estabilizadas por agentes emulsionantes que se encontram na interface entre as fases líquidas (BAI et al., 2017). Os emulsionantes são essenciais para garantir estabilidade ao revestir as gotículas da fase dispersa e criar interações repulsivas que impedem a aglomeração das gotículas. Entre os ingredientes emulsionantes mais comuns em emulsões alimentares estão as proteínas (como a ovoalbumina e a gelatina), as gomas (como a goma xantana) e os lipídios (como a lecitina) (BAI et al., 2017).

De acordo com Karaca et al. (2013), a capacidade emulsificante de uma proteína refere-se à sua habilidade de ajudar na formação de uma emulsão, onde gotículas de óleo são dispersas em meio aquoso e envoltas por um filme que evita a aglomeração das gotículas, prevenindo a separação das fases. As propriedades emulsificantes dessas proteínas são avaliadas por meio de dois parâmetros: o índice de atividade emulsificante (EAI) e o índice de estabilidade emulsificante (ESI).

As emulsões são divididas em dois tipos com base nas características de suas fases: água em óleo, onde gotículas de água estão dispersas na fase contínua de óleo (como em margarinas e manteigas); e óleo em água, onde gotículas de óleo

estão dispersas na fase contínua de água (como em maioneses e molhos para saladas). Emulsões são amplamente utilizadas na indústria farmacêutica e na produção de alimentos para conferir texturas cremosas, como em maioneses e margarinas (FRANZOL; REZENDE, 2015).

A distinção entre agentes espumantes e emulsificantes reside no fato de que os agentes espumantes interagem com água e ar, enquanto os emulsificantes interagem com gorduras, água ou ambos (HAUMONT, 2016). Ambos são importantes na produção de merengue, sendo o agente emulsificante importante na estabilização de espumas, e os agentes espumantes responsáveis pela formação dessas espumas, que são essenciais na formação de merengue.

5.3 Proteínas

As proteínas podem ser definidas como macromoléculas poliméricas que são compostas basicamente por carbono, oxigênio, hidrogênio e também podem conter outros compostos como ferro e enxofre (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008). As propriedades funcionais das proteínas são determinadas pelas características dos biopolímeros que compõem sua estrutura, influenciando suas propriedades mecânicas e físico-químicas. Esses atributos têm um impacto significativo nas características sensoriais, na textura e nos valores nutricionais do produto final (NUNES, 2003). O quadro 1 mostra as funções das proteínas alimentares em sistemas alimentícios.

Quadro 1: A seguir o quadro que se refere às funções das proteínas alimentares em sistemas alimentícios (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

(continua)

Função	Mecanismo	Alimento	Tipo de Proteína
Solubilidade	Hidrofilicidade	Bebidas	Proteínas do soro
Ligação à água	Pontes de hidrogênio, hidratação iônica	Salsichas de carne, bolo, pães	Proteínas da carne e do ovo

Quadro 1: A seguir o quadro que se refere às funções das proteínas alimentares em sistemas alimentícios (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

(conclusão)

Função	Mecanismo	Alimento	Tipo de Proteína
Gelificação	Retenção e imobilização de água, formação de redes	Carnes, géis, bolos, produtos de panificação, queijos	Proteínas da carne, leite e do ovo
Coesão-adesão	Ligações hidrofóbicas, iônicas e de hidrogênio	Carnes, salsichas, massas, produtos assados	Proteínas da carne, ovo e do soro
Elasticidade	Ligações hidrofóbicas, ligações cruzadas dissulfeto	Carnes, produtos de panificação	Proteínas da carne e de cereais
Emulsificação	Formação de película e adsorção nas interfaces	Salsichas, almôndegas, sopa, bolos, molhos	Proteínas da carne, ovo, e do leite
Formação de espuma	Adsorção interfacial e formação de película	Chantillys, sorvetes, bolos, sobremesas	Proteínas do ovo e do leite
Fixação de lipídeos e aromas	Ligações hidrofóbicas, retenção	Produtos de panificação com baixo teor de gordura, doughnuts	Proteínas do leite, ovo e de cereais

Fonte: Adaptada pela autora; DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA (2010)

Como observado no quadro 1, as proteínas alimentares desempenham um papel crucial no desenvolvimento dos alimentos mencionados, exercendo diversas funções para sua criação. As proteínas provenientes do ovo, leite e carne são as mais comuns, destacando a significativa contribuição das proteínas de origem animal no desenvolvimento desses produtos.

5.3.1 Solubilidade das proteínas

A capacidade das proteínas de se solubilizarem é crucial em alimentos que passam por processos como gelificação e emulsificação, onde é vantajosa a presença de proteínas altamente solúveis. No ponto isoelétrico, onde as cargas se neutralizam, as proteínas tornam-se menos solúveis, o que pode afetar suas propriedades funcionais e as características tecnológicas dos alimentos quando interagem com outras moléculas (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

Um dos fatores que diminuem a solubilidade das proteínas é as interações proteína-proteína, diante das condições de pH, força iônica e temperatura, do contrário as interações proteína-solvente contribuem para uma maior solubilidade da proteína. Essas interações se dão devido às forças eletrostática, pontes de hidrogênio e hidrofóbica, sendo essa a de maior influência em soluções aquosas (ALTSCHUL; WILCKE, 1985).

A temperatura é um dos fatores que influenciam na solubilidade das proteínas, pois em muitos casos, a solubilidade tende a aumentar com o aumento da temperatura, porém em temperaturas superiores a 50ºC pode ocorrer a desnaturação da proteína, o que proporciona uma queda na solubilidade (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; HARRISON, 1994). A solubilidade é uma propriedade considerável pois ela é fundamental na capacidade de gelificação, emulsificação e espumabilidade cujas propriedades são importantes na produção dos merengues.

5.4 Ovos

O ovo é composto por células embrionárias resultantes da fecundação de uma célula reprodutora feminina, estruturado por: clara, gema, albúmen e membranas (LIMA, 2010). É um alimento de origem animal bastante consumido por ser uma boa fonte de proteínas e possuir atributos importantes na elaboração de

diversas receitas. Além das proteínas (~12%) em sua composição, o ovo também possui lipídios (~11%), e é composto por cerca de aproximadamente 74% de água (BELITZ *et al.,* 2009).

As proteínas presentes na clara do ovo o permite agir como um importante emulsificante, gelificante, coagulante e espumante, o que complexifica para as empresas desenvolverem produtos utilizando substitutos vegetais que atendam aos sensoriais desejáveis no produto final (AGRAHAR-MURUGKAR *et al.*, 2016; RAHMATI & MAZAHERI TEHRANI, 2015). Quando aquecida, as proteínas desnaturam e formam coágulos termicamente irreversíveis, o que possibilita a produção de produtos como merengues e bolos que possuem características sensoriais bem específicas (MINE, 1995).

A globulina é a proteína que mais contribui para a formação de espumas a partir da clara de ovo, seguido da ovoalbumina, ovotransferrina, lisozima, ovomucóide e ovomucina (JOHNSON & ZABIK, 1981). Porém, outros estudos dizem que a ovomucina é a que mais auxilia na capacidade de formação de espuma do ovo, por permitir que ela se estabilize a partir da película de material insolúvel que ela cria entre a lamela líquida e as bolhas de ar (BELITZ *et al.,* 2009).

A proteína lisozima colabora nos aspectos de estabilidade da clara, pois essa proteína é carregada positivamente, assim, ela pode interagir com proteínas carregadas negativamente, formando interações eletrostáticas (PHILLIPS *et al.,* 1989). Portanto, devido à complexidade da estrutura do ovo, há um desafio em encontrar substitutos vegetais que possam criar alimentos semelhantes sensorialmente e com resultados finais comparáveis aos produzidos com ovos. No entanto, muitos esforços estão sendo feitos para substituir o ovo, especialmente devido à chegada de novas dietas restritivas e ao seu potencial alergênico elevado (YANG & BALDWIN, 1995).

Como pode-se observar no quadro 1, as proteínas do ovo têm participação na maioria dos sistemas alimentares descritos, o que reforça a importância de suas proteínas na produção dos alimentos, sendo responsável, segundo o quadro 1, por: formação de espuma, fixação de lipídios e aromas, emulsificação, coesão-adesão, gelificação, ligação à água. Posto isto, por ser bastante utilizada e ser responsável

por várias funções, torna-se difícil a substituição dessa proteína animal por uma de origem vegetal que consiga desempenhar as mesmas funções ou semelhante.

5.5 Aquafaba

Na busca por substitutos de origem vegetal se investigou sobre o uso de leguminosas onde foi descoberto a aquafaba, como é chamada, que é o líquido viscoso resultado do cozimento de uma leguminosa, inicialmente descoberta a aquafaba a partir de grão-de-bico (AQUAFABA, 2016). Ela se torna uma alternativa interessante como um substituto vegetal por exibir propriedades capazes de ser utilizada como espumante, emulsificante e geleificante, além de exibir alta estabilidade em diversas condições desejáveis, como é o caso do congelamento e fervura (SHIM *et al*., 2018).

A descoberta desse líquido se deu por meio das tentativas do francês Joel Roessel de encontrar substitutos para os ovos, e diante da nova oportunidade aumentou-se o interesse em se produzir espessantes e espumas de origem vegetal (MONTEIRO, 2017). Foi descoberto que a aquafaba de grão-de-bico possui diversos compostos, dentre eles estão as proteínas e carboidratos, aos quais auxiliam na formação de espumas (SHIM *et al.,* 2018).

Um estudo matemático investigou as propriedades reológicas e térmicas da aquafaba de grão-de-bico, concluindo que um cozimento por tempo prolongado afeta os percentuais de compostos como fibras, proteínas e carboidratos no líquido viscoso final. De acordo com o estudo, o tempo de cocção mais eficiente para a extração de proteínas foi de 60 minutos, e a proporção ideal de água/grão encontrada foi de 3/2 (ALSALMANI *et al*., 2020). Além disso, foram observados que as proteínas desnaturadas em maior tempo de cocção possuem maiores qualidades emulsificantes, pois essas proteínas tiveram suas áreas hidrofóbicas expostas.

Já existem estudos da aplicações da aquafaba de grão-de-bico em diferentes produtos para substituir os ovos. Em bolos, por exemplo, ela atua como agente espumante e texturizante, proporcionando características semelhantes em termos de textura, cor e aparência ao produto tradicional. No entanto, o produto final tende a ter menos elasticidade e coesividade. Por isso, estudos indicam que é viável substituir até metade dos ovos por aquafaba de grão-de-bico para manter um

produto aceitável, mantendo parâmetros desejáveis como firmeza e uniformidade da massa (MUSTAFA *et al.*, 2018; ASLAN & ERTAS, 2020).

As principais proteínas encontradas na aquafaba de grão-de-bico são as globulinas e as albuminas, além de também serem encontradas as saponinas, que são compostos com propriedades que reduzem as tensões superficiais da água e agem como detergentes (JIANG et al., 2008). Na clara de ovo as globulinas deslocam a interface incorporando ar, devido a sua atividade superficial, assim, provavelmente os principais responsáveis pela formação de espuma da aquafaba de grão-de-bico são as globulinas e as saponinas (RAYMUNDO, 2014).

5.6 Pulses

Observando a capacidade de espumabilidade e emulsão das aquafabas de grão-de-bico se observa a capacidade de substituição em receitas tradicionalmente com ovos. Porém quando se trata de encontrar substitutos vegetais para alimentos de origem animal é importante considerar a composição protéica desse alimento, para que além de desenvolver produtos, ele também gere benefícios nutricionais para os consumidores. Diante dessa importância algumas leguminosas vêm se destacando, conhecidas como *Pulses*, elas apresentam composições atraentes, contendo sistemas complexos de fibras, amidos, proteínas e outros componentes (ROSA-MILLAN *et al.*, 2017).

Pulses é o nome que se dá às leguminosas designadas como "sementes secas", e as leguminosas que fazem parte desse grupo são no geral: feijões, grão-de-bico, ervilha e a própria lentilha. Além da sua rica composição elas apresentam baixo teor lipídico, o que a torna um meio relevante em proporcionar benefícios nutricionais (FAO, 2016). Como a lentilha faz parte do grupo dentre as leguminosas que são consideradas *Pulses*, isso faz dela um alimento promissor quando se procura um substituto que gerem vantagens nutricionais.

5.7 Lentilha

Originária da região mediterrânea, a lentilha (*Lens culinares*) é uma importante leguminosa fonte de carboidratos complexos, proteína, fibra alimentar e de algumas vitaminas e minerais. A composição nutricional nacional dessa

leguminosa apresenta 64% de carboidratos, 23% de proteínas, 17% de fibras alimentares e 0,8% de lipídios (PADOVANI *et al.*, 2007).

As lentilhas são plantas anuais que se adaptam bem a diversos tipos de solo, desde arenosos até argilosos, especialmente em regiões semiáridas. Elas têm a capacidade de fixar nitrogênio e requerem menos água, sendo mais tolerantes ao estresse de seca em comparação com outras culturas (ROMANO et al., 2021; ROY et al., 2010). Em regiões mediterrâneas e subtropicais, as lentilhas são cultivadas como parte de uma rotação de culturas de inverno com cereais, enquanto em áreas de clima temperado e alta altitude, são cultivadas como culturas de verão (ERSKINE, SARKER e KUMAR, 2011).

Diante de seus atributos nutricionais destaca-se a sua composição de aminoácidos, alta digestibilidade e boa capacidade na formação de espuma e emulsificação (BOYE *et al.*, 2010; JOSHI *et al.*, 2012; JARPA-PARRA *et al.*, 2014 e 2015). Desse modo, ela se torna uma leguminosa notável para estudos, como um substituto vegetal. No quadro 2 é apresentado o valor nutricional da lentilha.

Quadro 2: Valor nutricional da lentilha de acordo com a tabela TACO, referente a 100g de lentilha.

(continua)

NUTRIENTES	QUANTIDADE	% VD*
Valor energético	339,1 kcal=1424	17%
Carboidratos	62,0 g	21%
Proteínas	23,2 g	31%
Gorduras saturadas	0,1 g	0%
Gorduras monoinsaturadas	0,2 g	-
Gorduras poliinsaturadas	0,4 g	-
Fibra alimentar	16,9 g	68%
Fibras solúveis	0,4 g	-
Cálcio	53,5 mg	5%

Quadro 2: Valor nutricional da lentilha de acordo com a tabela TACO, referente a 100g de lentilha.

(conclusão)

NUTRIENTES	QUANTIDADE	% VD*
Piridoxina B6	0,4 mg	0,4mg
Manganês	1,1 mg	48%
Magnésio	93,5 mg	36%
Lipídios	0,8 g	-
Fósforo	367,7 mg	53%
Ferro	7,1 mg	51%
Potássio	886,9 mg	-
Cobre	0,8 ug	0%
Zinco	3,5 mg	50%
Niacina	5,1 mg	28%
Tiamina B1	0,1 mg	7%

Fonte: Adaptada pela autora; TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 2011.

Em seu genótipo é encontrada em grande maioria (46,3%) as globulinas, as quais são proteínas solúveis em soluções salinas, enquanto em menor proporção (29,3%), são encontradas as albuminas, que são as proteínas solúveis em água. Posteriormente as gluteínas (20,3%), proteínas solúveis em soluções ácidas, e em menor teor são encontradas as prolaminas (1,6%), proteínas solúveis em etanol (DANIELSSON, 1950; SULIEMAN *et al.*, 2008; BOYE *et al.*, 2010).

Apesar das vantagens nutricionais proporcionadas por essa leguminosa, ela pode também apresentar compostos antinutricionais, que incluem lectinas, inibidores de protease e inibidores de enzima. Além disso, alguns alérgenos presentes como len c 1 e len c 2, podem diminuir os benefícios à saúde associados ao seu consumo (DERBYSHIRE, 2011 ; NOSWORTHY *et al.*, 2017). Entretanto,

segundo Derbyshire (2011) os compostos antinutricionais dela em alguns casos, podem ser reduzidos após passarem por diferentes processos alimentares.

5.8 Proteínas da Lentilha

Quando se investiga sobre as propriedades da lentilha que auxiliam em sua capacidade de espumabilidade e emulsificação, as proteínas aparecem como um grande influenciador desses aspectos. As proteínas da lentilha possuem solubilidade em diversos solventes e também possuem alto teor de lisina, o que possibilita a sua utilização em produtos de panificação a base de cereais, que podem ser desenvolvidos com um melhor valor nutricional (GÓMEZ et al. 2008).

As proteínas da lentilha, suas fibras e amidos podem ser extraídos e utilizados separadamente (BOYE *et al* ., 2010). Essas extrações são feitas em processos úmidos devido à solubilidade das proteínas em condições alcalinas e ácidas. A extração usualmente é feita por solubilização alcalina, primeiro derramando a farinha em água a pH 0-10,0, seguido de agitação e dispersão. Por fim, o material insolúvel é removido através de centrifugação, e a recuperação das proteínas é feita ajustando o pH 4,5, onde elas são precipitadas isoeletricamente. O produto final é isolado e seco através de pulverização, tambor ou liofilização (LEE *et al* ., 2007).

Outros autores fizeram diferentes formas de extração proteica da lentilha. Por exemplo, Joshi *et al*. (2012) fizeram a extração utilizando um pH alcalino de 8,0, submetidos a uma temperatura ambiente e relação sólido-solvente de 1:10, e utilizaram três métodos de secagem a fim de compará-los (liofilização, secagem por atomização e a vácuo). Já Boye *et al*. (2010) extraíram as proteínas utilizando precipitação isoelétrica ou ultrafiltração após extração em pH 9,0 em temperatura de 25 ºC, também utilizaram a proporção sólido-solvente de 1:10 de lentilhas vermelhas e verdes à fim de aferir o rendimento e seus teores de proteínas.

Por sua vez, Alsohaimy *et al*. (2007) fizeram a extração utilizando sete valores diferentes de pH (6,0-12,0) e utilizaram três métodos diferentes para a recuperação das proteínas, a fim de compararem as melhores condições de pH e métodos de extração. Além disso, utilizaram temperatura ambiente e, ao contrário dos outros autores, utilizaram uma relação de sólido-solvente de 5:100. Como

resultado obtiveram que o melhor pH utilizado foi o pH 12,0 e os melhores métodos de recuperação das proteínas empregados foram o de precipitação com sulfato de amônio e precipitação com álcool, recuperando 93% e 100%, respectivamente.

Em estudos, Lee *et al*. (2007) realizaram uma investigação para determinar as melhores condições de extração das proteínas da lentilha, onde foram considerados cinco valores de pH (água destilada e pH 8,0, 8,5, 9,0 e 9,5), quatro temperaturas (22, 30, 35 e 40 °C), e a relação sólido-solvente de 1:10. Após a avaliação em todas as condições foi determinado que a condição considerada ótima para extração das proteínas da lentilha verde seria utilizando pH 9,0 e temperatura de 30 °C, por outro lado, as condições para a lentilha vermelha seria a de pH 8,5 e temperatura de 35 °C.

Em sua pesquisa, Boye et al. (2010) investigaram as propriedades espumantes das proteínas da lentilha comparando com as proteínas do grão-de-bico e da ervilha, utilizando os métodos de precipitação isoelétrica e ultrafiltração para recuperaração das proteínas. Eles descobriram que o método de extração não afetou significativamente o FC das proteínas da lentilha, mas influenciou no seu FS. Além disso, notaram um melhor desempenho das proteínas da lentilha em comparação com as proteínas do grão-de-bico e da ervilha.

Em estudos, Aydemir & Yemenicioğlu (2013) observaram que as proteínas da lentilha apresentaram melhor capacidade de absorção de óleo (CAO) em comparação com o extrato das proteínas de soja e clara de ovo (6,90-10,44 g/g, 8,23 g/g, 6,37 g/g, respectivamente), sendo superadas apenas pela proteína de grão-de-bico (10,9-14,59 g/g). Todavia, o valor da capacidade de absorção de água (CAA) das proteínas da lentilha foi abaixo ao da gelatina bovina (8,84 g/g), grão-de-bico (4,90-7,94 g/g) e isolado de proteína de soja (7,94 g/g), ainda que tenha sido superior ao das proteínas da clara de ovo (0,14 g/g).

Em estudos sobre CAO e CAA, Lagarfa *et al.*, (2019) utilizou diferentes proteínas vegetais para analisar, e obtiveram os melhores resultados a partir das proteínas da lentilha analisadas, com os melhores valores em ambas as análises, apresentando 6,78 e 6,37 (g g-1 proteína), em comparação com as demais leguminosas analisadas. Esses resultados são importantes quando se trata de formação de espuma, pela capacidade de espumabilidade e a estabilidade dessa

espuma serem atributos que estão ligados com o CAO e CAA das proteínas (DAMORADAN 2010).

Aydemir & Yemenicioğlu (2013) obtiveram que FC da gelatina bovina e da gelatina de peixe era moderadamente superior ao FC das proteínas da lentilha. O estudo também revelou que as proteínas da lentilha conseguem formar espumas estáveis. Em outros estudos Primozic *et al* ., (2017) demonstraram que as proteínas da lentilha podem ser utilizada como emulsificante em nanoemulsões, sendo assim, podem ser utilizadas em géis de emulsão em concentrações elevadas, encontrando aplicações em produtos alimentícios gelificados, alimentos e bebidas derramáveis e produtos controlados.

5.8.1 Solubilidade da proteína de lentilha

Segundo Boye et al. (2010) e Jarpa-Parra et al. (2014), independentemente do método de extração, as proteínas da lentilha apresentam baixa solubilidade na faixa de pH entre 4,0 e 6,0, com picos de solubilidade máxima tanto em pH mais baixos quanto mais altos que essa faixa. Pela solubilidade ser uma propriedade funcional importante ela deve ser estudada em diferentes níveis de pH, visto que a maioria dos estudos analisam a solubilidade utilizando do pH neutro.

5.9 Merengue

Um tipo de alimento considerado uma espuma em uma das fases de produção é o merengue, feito ao bater claras de ovo com açúcar, resultando em uma espuma estável. O merengue é amplamente utilizado na gastronomia tradicional e é conhecido em três variedades principais: francês, suíço e italiano (DICKINSON, 2003). Ele geralmente utiliza claras de ovo devido à alta concentração de proteínas em sua composição, especialmente a ovalbumina, que possui uma grande capacidade de formar espumas (DU; PROKOP; TANNER 2002).

O merengue francês, usado principalmente para suspiros, envolve bater claras até ficarem aeradas, adicionando gradualmente açúcar até alcançar a consistência desejada. É conhecido por sua menor estabilidade. Por outro lado, o merengue italiano é mais estável e é feito adicionando uma calda de açúcar aquecida a 115°C às claras batidas em picos leves. O merengue suíço, com

estabilidade intermediária, é preparado aquecendo as claras e o açúcar em banho-maria até atingir 60 ºC (WRIGHT, 2000; SEBESS, 2008).

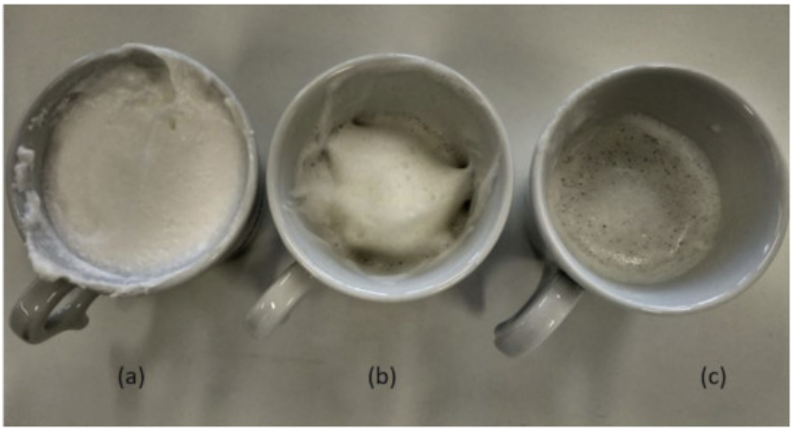
Na produção do merengue, as proteínas se desdobram e são absorvidas na interface entre ar e água. Elas orientam seus grupos hidrofílicos para a camada aquosa e os grupos hidrofóbicos em direção ao ar, resultando na formação de pequenas bolhas. Essas proteínas estabelecem fortes interações através de seus grupos de aminoácidos na camada que envolve as bolhas de ar. A ovalbumina, em particular, é responsável por estabilizar o filme através de ligações dissulfeto (CAMPBELL e MOUGEOT, 1999).

Durante o processo de produção, o insumo utilizado é batido de forma contínua, e o açúcar é adicionado, permitindo que a água retida no filme proteico dissolva o açúcar, formando um complexo proteína-água-açúcar. Esse complexo torna o filme mais estável devido ao açúcar hidratado, que ajuda a evitar a perda de estrutura e a agregação das bolhas formadas (VALDIVIA, 2014).

6.1 Aplicação da aquafaba em merengues

A aquafaba de grão-de-bico possui atributos que a torna capaz de produzir merengues, em um estudo realizado por Meurer et al. (2020) sobre merengues feitos com aquafaba de grão-de-bico, foi desenvolvido um merengue francês, onde foi observado que esses merengues são mais macios do que os tradicionais de clara de ovo. A imagem 1 a seguir mostra a comparação entre suspiro tradicional feito com ovos (a), suspiro de aquafaba de grão-de-bico tratada por ultrassom (b) e suspiro de aquafaba de grão-de-bico não tratada (c) (Meurer et al. 2020) .

Imagem 1: A seguir a imagem mostra a vista superior dos suspiros (a) tradicional, (b) suspiro de aquafaba de grão-de-bico tratado e (c) suspiro de aquafaba de grão-de-bico não tratado.



Fonte: MEURER *et al.*, (2020)

Em outro estudo, realizado por Stantiall *et al.*, (2018), foram desenvolvidos suspiros a partir de merengues de ovos e merengues com diferentes leguminosas, como feijão fradinho, grão-de-bico, ervilhas amarelas e lentilhas verdes, onde os merengues desenvolvido a partir de aquafaba de grão-de-bico, apresentaram o teor de umidade menor do que o do merengue tradicional de ovos, e os suspiros feitos a partir do merengue de grão-de-bico apresentaram uma alta aceitação, similarmente ao suspiro tradicional (STANTIALL *et al.*, 2018). A imagem 2 a seguir mostra o resultado do suspiro produzido a partir do merengue feito com aquafaba de grão-de-bico (STANTIALL *et al.*, 2018).

Imagem 2: A seguir a imagem mostra a vista frontal e superior dos suspiros produzidos com merengue da aquafaba de grão-de-bico.

Fonte: STANTIALL *et al.*, (2018)

No estudo de Lagarfa *et al.*, (2019), foi desenvolvido um merengue francês para produzir suspiros, utilizando 160 g de aquafaba de grão-de-bico e 230 g de açúcar refinado, onde no produto final não foram observadas diferenças entre os padrões de cor, textura, sabor e aceitação sensorial no geral, quando comparado com os suspiros feitos com ovos. Similarmente ao estudo feito por Meurer et al. (2020), o estudo de Lagarta *et al.*, (2019) também utilizou aquafaba de grão-de-bico tratada por ultrassom para produção do merengue francês.

6.2 Aplicação da aquafaba de lentilha em merengues

Em estudo, Stantiall *et al.*, (2018), analisou a substituição de ovos em merengues utilizando aquafabas de diferentes leguminosas, incluindo lentilhas verdes inteiras. Nesse estudo a lentilha foi submetida à cocção por 60 min, onde foi demonstrado altas perdas de sólidos. Todas as aquafabas mostraram capacidade de formação de espuma variando de 39% a 97%, diretamente relacionada ao teor de proteínas, mas inferior à capacidade do ovo (400%), onde não houve mudança significativa no volume de espuma durante o armazenamento.

Ainda nesse estudo, os merengues elaborados foram assados para serem submetidos à análise sensorial, onde foram observados uma coloração amarela nos suspiros de lentilha, e quanto a sua aparência, textura e sabor, foram consideradas inferiores quando comparadas com os demais suspiros, além de ter sido descrito sabor terroso e textura pegajosa. A lentilha demonstrou a maior quantidade de saponinas, o que pode ter influenciado no sabor, já que elas possuem sabor amargo (STANTIALL *et al.*, 2018). A imagem 3 a seguir mostra o resultado do suspiro produzido a partir do merengue feito com aquafaba de lentilha (STANTIALL *et al.*, 2018).

Imagem 3: A seguir a imagem mostra a vista frontal e superior dos suspiros produzidos com merengue da aquafaba de lentilha.

Fonte: STANTIALL *et al.*, (2018)

As saponinas possuem a capacidade de fornecerem a habilidade de formação de espumas e gelificação. Portanto, nesse estudo é mostrado o potencial da aquafaba de lentilha de ser usada como um agente espumante, apesar de possuir capacidade de formação de espuma inferior a do ovo. O seu ponto negativo seria a sua rejeição sensorial quanto a cor e textura do produto final quando comparado ao produto merengue tradicional com ovos, porém o tratamento com ultrassom é capaz de melhorar esses aspectos sensoriais indesejáveis do merengue da aquafaba de lentilha (MEURER et al., 2020; STANTIALL et al., 2018).

Não foram encontrados outros estudos que utilizem especificamente a aquafaba de lentilha na preparação de merengues. Porém, existem estudos que utilizam farinha de lentilha e isolados proteicos dela de forma individual ou combinando com outras proteínas de leguminosas, na produção de produtos como tofu, leites alternativos, almôndegas e pães, entre outros.

6.3 Outras aplicações de proteínas da lentilha

Jarpa-Parra *et* al. (2017) substituíram ovos e leite por proteínas da lentilha em bolos *angel food* e *muffins*, observando mudanças na densidade e na consistência da massa. Embora tenha havido redução na área média das células de ar, houve um aumento no número de células de ar por unidade de área, mantendo o

volume final dos produtos. As proteínas da lentilha podem substituir parcial ou totalmente a proteína do ovo em bolos, preservando a aparência, o sabor e a umidade adequados. Ainda assim, ajustes adicionais nas formulações podem ser necessários, especialmente aumentando a quantidade de água para *muffins*.

Ainda nesse estudo, foi observado que as propriedades mecânicas variaram entre os produtos de panificação; em bolos *angel food*, a coesão e a elasticidade não foram afetadas, indicando que as proteínas da lentilha não comprometem as funcionalidades do ovo ou do glúten. Em contraste, em *muffins*, a coesão foi influenciada, sugerindo interações que precisam de mais estudo. Mesmo que as proteínas da lentilha não tenham se mostrado tão eficazes quanto a clara de ovo como agente espumante em bolos *angel food*, em *muffins* seu desempenho foi comparável ao das proteínas de ovo/leite (JARPA-PARRA *et* al. 2017)

Com exceção dos estudos de Ma *et* al. (2011), Turfani et al. (2017) e Jarpa-Parra *et* al. (2017), não existem outros estudos extensos envolvendo produtos alimentícios à base de lentilha. No que diz respeito à estrutura, textura, aparência, cor e análise sensorial, não foram encontrados estudos focados em produtos alimentícios onde a proteína de lentilha tenha sido a principal fonte protéica utilizada.

6.4 Ultrassom

O ultrasom pode ser definido como uma forma de energia mecânica do som, onde sua onda sonora apresenta frequências maiores que 20kHz, ela pode ser transmitida através de diferentes meios e para diferentes finalidades, e uma delas é a aplicação na indústria alimentícia, na promoção de preservação, segurança e qualidade de produtos (PICÓ, 2015). Quando se trata de uso do ultrassom no melhoramento das características das aquafabas, seu uso se torna interessante, visto que o tratamento por ultrassom pode aumentar propriedades espumantes, e em alta intensidade também pode se ter um aumento nas propriedades emulsificantes (HE et al., 2021).

Foram realizados estudos para investigar os efeitos do ultrassom de alta intensidade nas propriedades tecnológicas da aquafaba de grão-de-bico. Foram aplicadas intensidades de 34 e 67 W/cm² durante 10, 20 ou 30 minutos. Como

resultado se teve um aumento significativo na capacidade de formação de espuma, de 259% para 548%, quando submetida a altas intensidades de ultrassom por períodos mais longos. Além disso, houve melhoria na estabilidade da espuma e nas propriedades emulsificantes da aquafaba de grão-de-bico tratada (MEURER et al., 2020).

Ainda nesse estudo de Meurer et al., (2020), utilizando a aquafaba de grão-de-bico tratada, foi possível produzir um merengue francês que apresentou melhores resultados sensoriais em termos de cor e textura em comparação com o merengue produzido sem tratamento. O que mostra a relevância de se investir em estudos do uso do ultrassom como um aliado no melhoramento das propriedades desejáveis das aquafabas, bem como o melhoramento do sensorial do produto final merengue.

7. DISCUSSÃO

Tabela 1: A tabela a seguir indica as bases teóricas utilizadas que excedem o período de 20 anos.

Bases para conceituar espumas	SOUZA (2003), ADANSON (1992), PHILIPS (1981) e HALL (1996).
Bases para conceituar capacidade e estabilidade das espumas	HART et al., (1963) apud KARIM et al., (1999) e HALL (1996).
Base para conceituar propriedades funcionais das proteínas	NUNES, 2003.
Bases para conceituar fatores de diminuição da solubilidade das proteínas	ALTSCHUL; WILCKE (1985) e HARRISON (1994).
Bases para conceituar genótipo da lentilha	DANIELSSON (1950), DU; PROKOP; TANNER (2002).
Bases para conceituar Merengues	DICKINSON (2003), WRIGHT (2000), CAMPBELL e MOUGEOT (1999)

Fonte: Autoral.

Diante o exposto, é mostrado que a aquafaba de grão-de-bico desde a sua descoberta e aprimoramento demonstra a sua capacidade de espumabilidade quando batida, onde a espuma formada é semelhante a clara em neve, o que a torna promissora em ser estudada como substituto vegetal em receitas tradicionalmente a base de ovos. Além de espumabilidade a aquafaba de grão-de-bico também age como emulsificante e geleificante, e exibe alta estabilidade em diferentes condições como congelamento e fervura, o que é desejável.

Nas aquafabas de grão-de-bico são encontradas as globulinas e saponinas, aos quais são associadas à capacidade de formação de espuma das aquafabas de grão-de-bico. Assim, ela possui atributos que a fazem competente em agir como subtítulo na elaboração de produtos alternativos. Onde na investigação de produção de merengues de grão-de-bico os resultados usualmente demonstram um produto final agradável com um sensorial aceitável, não se diferenciando tanto ao merengue com ovos.

Quando se pesquisa a fundo sobre as propriedades da lentilha, se encontram estudos sobre as proteínas da lentilha, onde são investigadas suas características de espumabilidade e emulsificação, onde também foi visto que elas podem ser extraídas a fim de serem utilizadas separadamente. Como no estudo de Boye et al. (2010), onde analisaram as propriedades espumantes das proteínas da lentilha, e obtiveram que os métodos de extração das proteínas utilizado não afetou significativamente o índice da capacidade de espuma (FC), porém influenciou o índice de estabilidade da espuma (FS).

Além disso, como visto, a capacidade de espumabilidade e a estabilidade da espuma são atributos que estão ligados com a capacidade das proteínas de absorver água e óleo. Onde se houve estudos em cima dessas características, e as proteínas da lentilha apresentaram absorção de óleo mais altas do que as proteínas de soja e clara de ovo (6,90-10,44 g/g, 8,23 g/g, 6,37 g/g, respectivamente), sendo superada apenas pelas proteínas de grão de bico (10,9-14,59 g/g). Também apresentou absorção de água superior ao das proteínas da clara de ovo (0,14 g/g), porém inferior quando comparado ao da gelatina bovina (8,84 g/g), grão-de-bico (4,90-7,94 g/g) e isolado de proteína de soja (7,94 g/g) (AYDEMIR & YEMENCIOGLU 2013).

Todavia, ainda considerando estudos de capacidade de absorção de água e óleo das proteínas da lentilha, Lagarfa *et* al., (2019) fez a comparação com diferentes proteínas vegetais, onde as proteínas da lentilha obtiveram os melhores resultados em ambas análises, apresentando 6,78 e 6,37 (g g-1 proteína). Assim, sugere-se que poderia fazer uma ligação da capacidade de absorção de água e óleo das proteínas da lentilha com a sua capacidade em formar espumas estáveis, já que são atributos que estão conectados. Poderiam ser feitos estudos que

comprovem isso, onde a sugestão seria uma análise da capacidade de espumabilidade das proteínas de lentilha com diferentes concentrações de água e óleo.

As investigação do potencial de espumabilidade das proteínas da lentilha podem ser respondidas, em parte, através do estudo de Aydemir & Yemenicioğlu (2013), onde em pesquisas sobre os índices da capacidade de espuma e índices da estabilidade da espuma, os índice das proteínas da lentilha para ambos são moderadamente inferiores aos da da gelatina bovina e da gelatina de peixe, porém esse mesmo estudo revelou a capacidade das proteínas da lentilha em formar espumas estáveis.

Foi demonstrado que as aquafabas de lentilha possuem uma grande quantidade de saponinas, as quais fornecem a habilidade de formação de espumas e gelificação. No estudo de Stantiall *et al.*, (2018), aquafaba de lentilha mostrou ter capacidade de espumabilidade, mesmo que inferior à capacidade do ovo. Portanto, nesse estudo a aquafaba de lentilha demonstrou poder ser utilizada como agente espumante, o que a torna promissora na produção de merengues já que uma das suas fases de produção é a espuma.

A aquafaba de lentilha se torna um promissor substituto considerando suas propriedades nutricionais, porém ela também pode conter propriedades antinutricionais e alguns alérgenos, o que reduz seus benefícios quanto à saúde dos consumidores. Porém como demonstrado, em certos casos esses compostos podem ser reduzidos ao passarem por diferentes processos alimentares (DERBYSHIRE 2011). O que se faz necessário investigar se realmente ela poderá atender as necessidades de pessoas alérgicas devido a possível presença de alérgenos.

Na produção de merengues com aquafabas de grão-de-bico, são encontrados estudos que obtiveram bons resultados, porém quanto a merengues de aquafaba de lentilha foram encontrados apenas um estudo, o que limitou os resultados esperados. No estudo exposto, foi realizada a produção de um merengue francês, onde ele foi assado para se produzir suspiros para passarem por análise sensorial, onde a aceitação sensorial do mesmo foi baixa. Os suspiros obtiveram uma coloração amarelada, e o seu sabor foi descrito como terroso e sua textura

como pegajosa, onde se atribui o sabor adstringente à presença das saponinas nas aquafabas de lentilha, por possuírem sabor amargo.

Um ponto interessante que pode ser observado no trabalho, é que os merengues apresentados tanto desenvolvidos com aquafaba de grão-de-bico, quanto o desenvolvido com aquafaba de lentilha, todos desenvolveram merengues franceses (STANTIALL *et* al., (2018), MEURER *et* al. (2020) e LAGARFA *et* al., (2019), onde foram desenvolvidos suspiros, o que intriga visto que o merengue francês dentre os três tipos de merengue, é o descrito como sendo menos estável. O que implica na relevância de se estudar a fundo sobre o uso da aquafaba de lentilha e também da aquafaba de outras leguminosas na produção de merengues, visto que é possível se produzir merengues utilizando esses insumos vegetais.

Apesar da rejeição sensorial quanto ao merengue produzido a partir de aquafaba de lentilha, acredita-se que seja possível melhorar os aspectos indesejáveis com o uso do ultrassom, visto que ele tem potencial de melhoramento do produto final, e também é um interessante instrumento a ser investigado quanto ao uso para melhoramento da estabilidade da espuma e melhoramento das propriedades emulsificantes das aquafabas. Já que, como demonstrado no trabalho, um merengue produzido a partir de aquafaba de grão-de-bico tratada por ultrassom demonstrou melhores resultados no produto final.

Foram demonstradas outras aplicações da proteína de lentilha na produção de alimentos, como o seu uso como substituto ao ovo e leite na fabricação de bolos *angel food* e *muffins*, onde as proteínas da lentilha se mostraram com eficácia comparável à da clara de ovo como agente espumante nessas receitas. Perante o que foi apresentado, a aquafaba de lentilha é um promissor substituto vegetal que merece ser investigado a fundo tanto na produção de merengues análogos, quanto para utilização no desenvolvimento de diversas outras receitas de confeitaria e panificação.

8. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

É possível concluir que a aquafaba de lentilha é um objeto promissor a ser estudado, devido às capacidades das proteínas da lentilha de formarem espumas com tendências a serem estáveis. O uso da aquafaba de lentilha ainda é muito limitado, o que limita o conhecimento do potencial dessa leguminosa em ser aplicado tanto em merengues análogos quanto em diferentes produtos alimentícios.

Contudo, é exposto o uso das suas proteínas isoladas na produção de alguns produtos de panificação e confeitaria. Quanto ao uso da aquafaba de lentilha, foi demonstrado que é possível se produzir merengue francês a partir dela, porém o maior empecilho do merengue de lentilha foi sua baixa aceitação sensorial, e os pontos negativos descritos quanto ao seu sabor e textura observados no estudo de STANTIALL et al., (2018). Todavia, é possível utilizar o ultrassom para melhorar esses aspectos, mas esse uso ainda precisa ser investigado quanto à aplicação em aquafabas de lentilha.

Existem estudos com tratamentos de ultrassom em aquafaba de grão-de-bico, o que melhorou o sensorial do produto final e aumentou suas propriedades espumantes e emulsificantes, o que leva-se a esperar que o mesmo ocorra quando aplicado tratamento nas aquafabas de lentilha, à fim de aperfeiçoar o produto final merengue.

Por tanto, as perspectivas futuras são que seja realizados mais estudos em relação às propriedades da aquafaba da lentilha, sejam estudadas suas características, sua capacidade de espumabilidade e emulsificação para ser aplicada no lugar de ovos em receitas tradicionais, crendo assim que essas pesquisas possam elaborar uma gama maior de material a fim de colaborarem com trabalhos futuros, esperando-se que surjam mais trabalhos que tragam o uso da aquafaba de lentilha na produção de merengues, e também o uso do ultrassom no melhoramento desses merengues produzidos para fins de comparação.

9. REFERÊNCIAS

AGRAHAR-MURUGKAR, D., ZAIDIZ, A., KOTWALIWALE, N., & GUPTA, C. (2016). Effect of egg- replacer and composite flour on physical properties, color, texture and rheology, nutritional and sensory profile of cakes. Journal of Food Quality, 39(5), 425–435.

ALSALMAN, F. B., TULBEK, M., NICKERSON, M., & RAMASWAMY, H. S. (2020). Evaluation and optimization of functional and antinutritional properties of aquafaba. Legume Science, 2(2), 1–15.

ALSOHAIMY, SA; SITOHY, MZ; EL-MASRY, RA Isolamento e caracterização parcial de proteínas de sementes de grão-de-bico, tremoço e lentilha. 2007.

ALTSCHUL, A. M.; WILCKE, H. L. New protein foods: seed storage proteins. Londres: Academic Press, 1985. p. 107-179.

AQUAFABA. The Official Aquafaba Website, 2016. Acesso em 20 de agosto de 2023: http://aquafaba.com.

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

AYDEMIR LY & YEMENICIOGLU, A. (2013). Potencial de cultivares de grão-de-bico turco tipo Kabuli e lentilha verde e vermelha como fonte de soja e alternativas de proteína funcional de origem animal . *LWT – Ciência e Tecnologia de Alimentos* , 50 , 686 – 694 .

BAI, L. et al. Comparison of emulsifying properties of food-grade polysaccharides in oil-inwater emulsions: gum arabic, beet pectin, and corn fiber gum. Food Hydrocolloids. v. 66, p. 144-153, 2017.

BELITZ, H. D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P. 2009. Food Chemistry 4th revised and extended edition. Springer. pp 546–562.

BOYE, J. I.; AKSAY, S.; ROUFIK, S.; RIBÉREAU, S.; MONDOR, M.; FARNWORTH, E.; RAJAMOHAMED, S. H. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. Food Research International, v. 43, n. 2, p. 537–546, 2010.

BOYE, J.;ZARE,F.;PLETCH, A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. Canadá: Elsevier, 2009.

CAMPBELL, G.M.; MOUGEOT, E. (1999). Creation and Characterization of Aerated food products, Trends in Food Science & Technology, 10, 283-296.

DAMODARAN, S. Aminoácidos, peptídeos e proteínas. In: DAMODARAN, S; PARKIN, K. L; FENNEMA, O. R. Química de alimentos de Fennema. Porto Alegre: Artmed, 2010. 4 ed. p.225-227.

DANIELSSON, C. E. An electrophoretic investigation of vicilin and legumin from seeds of peas. Acta Chemica Scandinavica, v. 4, n. 5, p. 762-771, 1950.

DERBYSHIRE, E. (2011). *O valor nutricional de leguminosas inteiras e frações de leguminosas. Pulse Foods* , 1ª ed . Amsterdã : Elsevier Ltd.

DERBYSHIRE, E. J. Flexitarian diets and health: a review of the evidence-based literature. Frontiers in nutrition, v.3, p.55, 2017.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Food hydrocolloids, 17(1), 25-39, 2003.

DU, L. PROKOP, A. Y TANNER, R. (2002). Effect of Denaturation by Preheating on the Foam. Fractionation Behavior of Ovalbumin. Journal off Colloid and Interface Science. 248. 487-492.

ERSKINE, WILLIAM; SARKER, ASHUTOSH; KUMAR, SHIV. Crops that feed the world 3. Investing in lentil improvement toward a food secure world. **Food Security**, v. 3, p. 127-139, 2011.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2016 What are pulses? Disponível em< http://ww.fao.org/pulses-2016/news/news-detail/en/c/337107/.

FRANZOL, A., & REZENDE, M. C. (2015). Estabilidade de emulsões: um estudo de caso envolvendo emulsionantes aniônico, catiônico e não-iônico. Polímeros Ciência e Tecnologia, 25(Suppl), 1-9.

GAVA, A. J; SILVA, C. A. B; FRIAS, J. R. G. Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2008.

GÓMEZ, M. , OLIETE, B. , ROSELL, CM , PANDO, V. & FERNÁNDEZ, E. (2008). Estudos sobre a qualidade de bolos elaborados com misturas de farinha de trigo e grão-de-bico . *LWT – Ciência e Tecnologia de Alimentos* , 41 , 1701 – 1709 .

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

HARDY, A; JIDEANI, V. A. Foam-mat Drying Technology: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, London, UK, v. 57, n. 12, p. 2560-2572, 2015.

HARTKE, K. Trust us. You can use the liquid from a can of beans to make dessert. Washington Post, Washington, D.C., 5 oct. 2015. Acesso em 5 novembro 2023: https://www.washingtonpost.com/lifestyle/food/trust-us-you-can-use-the-liquid-from-a-can-of-beans-to-make-dessert/2015/10/05/508ccb42-6852-11e5-9223-70cb36460919_story.html?utm_term=.dcd65dc4e9f8.

HARRISON, R. G. Purification process engineering. Ney York: Marcel Deker, 1994, p.147.

HAUMONT, RAFAEL. Um químico na cozinha: a ciência da gastronomia molecular . Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2016.

HE, Y., SHIM, Y. Y., MUSTAFA, R., MEDA, V., REANEY, M. J. T. (2019). Chickpea cultivar selection to produce aquafaba with superior emulsion properties. Foods, 8(12), 1–16.

HE, Y., et al. Standardization of Aquafaba Production and Application in Vegan Mayonnaise Analogs. Food, v.10, 2021. https:// doi.org/10.3390/ foods10091978

JARPA-PARRA, M.; BAMDAD, F.; TIAN, Z.; ZENG, H.; TEMELLI, F.; CHEN, L. Impact of pH on molecular structure and surface properties of lentil legumin-like protein and its application as foam stabilizer. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v. 132, p. 45–53, 2015.

JARPA-PARRA, M.; BAMDAD, F.; WANG, Y.; TIAN, Z.; TEMELLI, F.; HAN, J.; CHEN, L. Optimization of lentil protein extraction and the influence of process pH on protein structure and functionality. LWT - Food Science and Technology, v. 57, n. 2, p. 461–469, 2014.

JARPA-PARRA, M.; WONG, L.; WISMER, W.; TEMELLI, F.; HAN, J.; HUANG, W.; CHEN, L. Quality characteristics of angel food cake and muffin using lentil protein as egg/milk replacer. International Journal of Food Science and Technology, v. 52, n. 7, p. 1604–1613, 2017.

JOHNSON, T. M. and ZABIK, M. E. 1981. Egg albumin proteins interactions in an angel food cake system. J. Food Sci. 46: 1231–1236.

JOSHI, M; ADHIKARI, B; ALDRED, P; PANOZZO, J. F; KASAPIS, S; BARROW, C. J. Interfacial and emulsifying properties of lentil protein isolate. Food Chemistry, v. 134, n. 3, p. 1343–1353, 2012.

KARAKA, AC , NICKERSON, M. & Low, NH (2013). Produção de microcápsulas empregando isolados de proteína de grão-de-bico ou lentilha e maltodextrina: propriedades físico-químicas e proteção oxidativa de óleo de linhaça encapsulado . *Food Chemistry* , 139 , 448 – 457.

KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (Averrhoa carambola L.) purée. Stability and air drying characteristics. Food Chemistry, Malasia, p. 337-343, 1998.

LAGARFA, T., VILLAR´O, S.,BOBO, G., AGUIL´o-AGUAYO, I. (2019). Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea aquafaba using a response surface methodology. International Journal of Gastronomy and Food Science, 18.

LEE, HC , HTOON, AK e PATERSON, JL (2007a). Extração alcalina de amido de cultivares de lentilha australiana Matilda e Digger otimizada para rendimento de amido e qualidade de amido e proteína . *Food Chemistry* , 102 , 551 – 559.

LEE, HC , HTOON, AK e PATERSON, JL(2007b). Qualidade química e funcional de proteína isolada da extração alcalina de cultivares de lentilha australiana: Matilda e Digger . *Food Chemistry* , 102 , 1199 – 1207 .

LIMA, U. D. A. Matérias-primas dos alimentos. São Paulo -SP: Editora Blucher. 1ed, 2010.

MA, Z. , BOYE, JI , SIMPSON, BK , PRASHER, SO , MONPETIT, D. & MALCOMSON, L. (2011). Efeitos do processamento térmico nas propriedades funcionais e microestrutura de farinhas de lentilha, grão-de-bico e ervilha . *Food Research International* , 44 , 2534 – 2544 .

MEURER, M. C., de SOUZA, D., Ferreira Marczak, L. D. (2020). Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). Journal of Food Engineering, 265, 109688.

MEURER, M. C., de Souza, D., Marczak, L. D. F. (2020). Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). Journal of Food Engineering, 265, 109688.

MINE, Y. 1995. Recent advances in the understanding of egg white protein functionality. Trends Food Sci. Technol. 6: 225–232.

MONTEIRO, R. P. B. Desenvolvimento de técnicas de pastelaria para a produção de produtos isentos de leite, ovos e glúten. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. 148f. 2017.

NGUYEN, V.; DUONG, C. T. M.; VU, V. Effect of thermal treatment on physical properties and stability of whipping and whipped cream. Journal of Food Engineering. v. 163, p. 32– 36, 2015.

NOSWRTHY, MG , FRANCZYK, A. , MEDINA, G. *et al* . (2017). Efeito do processamento na qualidade proteica in vitro e in vivo de lentilhas vermelhas e verdes (*Lens culinaris*) . *Química de alimentos* , 240 , 588 – 593 .

NUNES, M., et al. (2012). Alergia Alimentar. Direção Geral da Educação e Miniesterio da Saúde, pp. 22.

PADOVANI, R. M. et al. Comparison of proximate, mineral and vitamin composition of common Brazilian and US foods. J. Food Comp. Anal., v. 20, n. 8, p.733-738, 2007.

PALAV, T. S. Chemistry of Cake Manufacturing. In: WRIGLEY, C. (ed.); CORKE, H. (ed.); SEETHARAMAN, K. (ed.); FAUBION, J. (ed.). ENCYCLOPEDIA OF FOOD GRAINS. 2. ed. Oxford: Academic Press, 2016. v. 3, p. 367-374.

PICÓ, Y. Análise Química de Alimentos. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

PHILLIPS, L. G., DAVIS, M. J., and KINSELLA, J. E. 1989. The effects of various milk proteins on the foaming properties of egg white. Food Hydrocoll. 3: 163–174.

PRIMOZIC, M. , DUCHEK, A. , NICKERSON, M. & GHOSH, S. (2017). Efeito da concentração de isolado de proteínas de lentilha na formação, estabilidade e comportamento reológico de nanoemulsões de óleo em água . *Food Chemistry* , 237 , 65 – 74 .

RAHMATI, N. F., & MAZAHERI TEHRANI, M. (2015). Replacement of egg in cake: Effect of soy milk on quality and sensory characteristics. Journal of Food Processing and Preservation, 39(6), 574–582.

RAYMUNDO, A., EMPIS, J., & SOUSA, I. (1998). White lupin protein isolate as a foaming agent. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A, 207(2), 91-96.

ROMANO, Annalisa et al. Lentil flour: Nutritional and technological properties, in vitro digestibility and perspectives for use in the food industry. Current Opinion in Food Science, v. 40, p. 157-167, 2021.

ROSA-MILLÁN, J. et al. Physicochemical, functional and ATR-FTIR molecular analysis of protein extracts derived from starchy pulses. Santiago de Queretaro, México: Internacional Journal of Food Science and Technology, 2018.

SEBESS, MARIANA. Técnicas de cozinha profissional. São Paulo: SENAC, 2008.

SHIM, Y. Y.; MUSTAFA, R.; SHEN, J.; RATANAPARIYANUCH, K.; REANEY, M. J. Composition and Properties of Aquafaba: Water Recovered from Commercially Canned Chickpeas. Journal of Visualized Experiments, n. 132, p. 1–14, 2018.

STANTIALL, S. E., DALE , K. J., CALIZO, F. S., SERVENTI, L. (2018). Application of pulses cooking water as functional ingredients: The foaming and gelling abilities. European Food Research and Technology, 244(1), 97–104.

SULIEMAN, M. A.; HASSAN, A. B.; OSMAN, G. A.; EL TYEB, M. M; EL KHALIL, E. A.; EL TINAY, A. H.; BABIKER, E. E. Changes in total protein digestibility, fractions content and structure during cooking of lentil cultivars. Pakistan Journal of Nutrition, v. 7, n. 6, p. 801–805, 2008.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TACO). (2011). Valor nutricional da lentilha.

TURFANI, V. , NARDUCCI, V. , DURAZZO, A. , GALLI, V. & CARCEA, M. (2017). Propriedades tecnológicas, nutricionais e funcionais do pão de trigo enriquecido com

farinhas de lentilha ou alfarroba . *LWT – Ciência e Tecnologia de Alimentos* , 78 , 361 – 366 .

VALDIVIA, M. (2014). Espuma en alimentos. Revista digital universitaria. Recuperado de: http://www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art34/art34.pdf.

VALLE, M. (2015). 'Aquafaba': chickpea brine is a surprisingly egg-cellent baking substitute. The Guardian, 29 September 2015, Kosior / Proceedings in System Dynamics and Innovation in Food Networks 2019, 205-219 219 https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2015/sep/29/aquafaba-chickpea-liquidbaking-egg-white-substitute.

VASCONCELOS, L. F. S. Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam-mat drying) do juazeiro (ziziphus joazeiro). Trabalho de Conclusão de Curso, 38p. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2017.

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

WRIGHT, JENIK.TREUILLE, ERIC. Le Cordon Bleu: Todas as técnicas culinárias. São Paulo: Marco Zero, 2000.

YANG, S. C., & Baldwin, R. E. . Functional properties of eggs in foods. Egg science and technology, 4, Texas, 1995.

YANG, X. Optimizing textural properties of soft solid foods: replacing eggs. In: DAR, Y. L. (ed.); LIGHT, J. M. (ed.). Food Texture Design and Optimization, New Jersey, EUA: John Wiley & Sons, 2014. cap. 3, p. 45-73.

ZHANG, T.; JIANG, B.; WANG, Z. Gelation properties of chickpea protein isolates. Food Hydrocolloids. v. 21, p. 280-286, 2007.