

-  Luiza Guimarães Magalhães¹
 Gabriel Nathan da Costa Dias²
 Vânia Mayumi Nakajima³
 Elaine Cristina de Souza Lima⁴
 Juliana dos Santos Vilar⁵

¹ Universidade Federal Fluminense
ROR, Faculdade de Nutrição Emília
de Jesus Ferreiro. Niterói, RJ,
Brasil.

² Universidade Federal do Rio de
Janeiro ROR, Instituto de Nutrição
Josué de Castro. Rio de Janeiro,
RJ, Brasil.

³ Universidade Federal de Juiz de
Fora ROR, Instituto de Ciências
Biológicas, Departamento de
Nutrição. Juiz de Fora, MG, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Rio de
Janeiro ROR, Escola de Nutrição,
Departamento de Nutrição
Fundamental. Rio de Janeiro, RJ,
Brasil.

⁵ Universidade Federal do Rio de
Janeiro ROR, Instituto de Nutrição
Josué de Castro, Departamento
de Nutrição Básica e
Experimental. Rio de Janeiro, RJ,
Brasil.

Correspondência

Juliana dos Santos Vilar
julianavilar@nutricao.ufrj.br

Editoras Convidadas

-  Lilia Zago
 Aline Rissatto Teixeira
 Isabelle Santana
 Betzabeth Slater Villar

Aplicabilidade da Técnica Dietética no processo de elaboração da aquafaba de ervilha verde (*Pisum sativum*, L.)

Applicability of the Dietetic Technique in the process of making green pea aquafaba (*Pisum sativum*, L.)

Resumo

Introdução: A alimentação vegetariana é uma alternativa para práticas alimentares saudáveis e sustentáveis. A ervilha é amplamente consumida nessas dietas e, durante seu preparo, a água de cocção gera um subproduto, denominado aquafaba (AQ), que vem sendo utilizado em substituição ao ovo em preparações culinárias. **Objetivo:** Aplicar a técnica dietética na elaboração da AQ de ervilha verde e determinar suas características físico-químicas e composição centesimal. **Métodos:** Em escala laboratorial, realizaram-se a seleção, higienização e remolho dos grãos de ervilha, seguidos de cocção e posterior separação da AQ. Avaliaram-se a capacidade de formação e estabilidade da espuma com auxílio de batedeira. Determinaram-se a densidade relativa e a viscosidade cinemática com o picnômetro e viscosímetro, respectivamente. A cor foi avaliada com colorímetro e as análises centesimais seguiram os métodos do Instituto Adolfo Lutz (2008). **Resultados:** O rendimento obtido na produção de AQ foi de 250mL para cada 100g de ervilha. A estabilidade da espuma formada foi de 90%. A densidade relativa de $1,013 \pm 0,00$ e viscosidade cinemática a $2,06 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ assemelharam-se à água, enquanto a viscosidade dinâmica foi de 20,8 mPa*s. A cor revelou que a espuma da AQ é clara ($L^* = 79,10 \pm 0,03$). A AQ possui alta umidade ($96,82 \pm 0,06\%$); baixo teor de cinzas ($0,41 \pm 0,06\%$) e lipídios ($0,10 \pm 0,18\%$) e conteúdo de proteínas de $2,07 \pm 0,10\%$. **Conclusão:** O estudo permitiu a padronização do processo de obtenção da AQ de ervilha e sua caracterização, de modo a colaborar com práticas alimentares mais sustentáveis.

Palavras-chave: Nutrição. Alimentação. Dieta Vegetariana. Tecnologia de Alimentos. Sistema Alimentar Sustentável.

Abstract

Introduction: Vegetarian food is an alternative for healthy and sustainable eating practices. Peas are widely consumed in these diets and, during their preparation, the cooking water generates a by-product called aquafaba (AQ), which has been used as a substitute for eggs in culinary preparations. **Objective:** To apply the dietetic techniques in preparing green pea AQ and to determine its physicochemical characteristics and centesimal composition. **Methods:** On a laboratory scale, the peas were selected, sanitized and soaked, followed by cooking and subsequent separation of the AQ. The formation capacity and stability of the foam were assessed using a mixer. Relative density and kinematic viscosity were measured using a pycnometer and viscometer, respectively. Color was assessed with a colorimeter and the centesimal analyses followed the methods of the Adolfo Lutz Institute. **Results:** The yield obtained in the

production of AQ was 250mL for every 100g of peas. The stability of the foam formed was 90%. The relative density of 1.013 ± 0.00 and kinematic viscosity of $2.06 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ were similar to water, while the dynamic viscosity was 20.8 mPa*s. The color revealed that the AQ foam is clear ($L^*=79.10\pm 0.03$). AQ has a high moisture content ($96.82\pm 0.06\%$); low ash ($0.41\pm 0.06\%$) and lipid content ($0.10\pm 0.18\%$) and a protein content of $2.07\pm 0.10\%$. **Conclusion:** The study enabled the standardization of the process of obtaining pea DH and its characterization, contributing to the promotion of more sustainable food practices.

Keywords: Nutrition. Food. Vegetarian diet. Food Technology. Sustainable Food System.



INTRODUÇÃO

A redução do consumo de produtos de origem animal é uma prática que vem apresentando um número cada vez maior de adeptos no Brasil. São diversos os motivos que levam à mudança do estilo de vida para uma alimentação baseada em vegetais, tais como os éticos, que incluem a consideração do direito à vida e à proteção dos animais, questões religiosas, preocupação com a saúde, meio ambiente e/ou por não gostar do sabor de carnes.^{1,2}

Levantamento realizado em 2018 em 142 municípios brasileiros, pelo IBOPE Inteligência, mostrou que 14% dos brasileiros se autodeclararam vegetarianos. A mesma pesquisa apontou que mais da metade da população brasileira consumiria mais produtos veganos caso estes estivessem mais bem identificados (55%) ou se possuíssem preços semelhantes aos produtos consumidos de costume (60%), bem como boa parte dos brasileiros expressaram seu desejo em diminuir o consumo de carnes.³

Nesse contexto, a alimentação baseada em alimentos de origem vegetal é uma interessante alternativa de práticas alimentares mais adequadas e saudáveis, com propriedades nutricionais benéficas à saúde, tendo em vista que se baseia em um elevado consumo de hortaliças, frutas, grãos integrais, leguminosas e oleaginosas. É consonante com o *Guia Alimentar para a População Brasileira* de 2014, que recomenda que a base da alimentação humana seja pautada no consumo de alimentos *in natura* e/ou minimamente processados, limitando os processados e evitando os ultraprocessados.⁴

É imprescindível considerar os impactos globais da agropecuária ao clima e ecossistemas, bem como à saúde pública, uma vez que requer grandes extensões de terra para a pastagem e produção de ração para alimentar os animais, ocupando cerca de 75% das terras aráveis do planeta e degradando o meio ambiente.⁵⁻⁷

Com isso, é recomendável a alteração no sistema alimentar global rumo a padrões baseados em vegetais, favorecendo a busca por um sistema alimentar mais sustentável, que compreende aquela que promove, além do baixo impacto ambiental, segurança alimentar e nutricional, garantindo saúde às gerações atuais e futuras.^{8,9}

Existem, contudo, desafios no mercado *plant-based* que vão desde os atributos sensoriais, percepções de saúde e comercialização. Um dos obstáculos mais significativos no desenvolvimento de alternativas de origem vegetal é replicar as qualidades sensoriais de produtos de origem animal, como textura, sabor e sensação na boca. Outro fator é o fato de que muitos consumidores associam os produtos *plant-based* como mais saudáveis, mas a realidade é que algumas alternativas podem ser altamente processadas, levantando questões sobre seu valor nutricional em comparação com alimentos integrais ou produtos animais tradicionais.¹⁰⁻¹³

Dentre os alimentos consumidos nas dietas vegetarianas e veganas, pode-se citar as leguminosas, como a ervilha (*Pisum sativum*, L.).¹⁴ Durante o seu preparo, a água de sua cocção gera um subproduto, denominado aquafaba (AQ) ou "liluva", que vem sendo utilizado em preparações culinárias vegetarianas e veganas.¹⁵ A AQ ganhou popularidade como alternativa funcional e versátil na culinária, especialmente como substituto de ovos. Sua aplicação é comum em merengues, mousses, maioneses, entre outros produtos que tradicionalmente utilizam ovos.^{1,2,15-19}

A AQ possui propriedades de formação de espuma, emulsão e gel, sendo uma opção para a redução do consumo de alimentos de origem animal, além de incentivar o desenvolvimento de habilidades culinárias, conforme preconizado pelo *Guia Alimentar para a População Brasileira* como um dos elementos de uma alimentação adequada e saudável.^{4,20-22}

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo elaborar, em escala laboratorial, o processo de obtenção de AQ de ervilha verde (*Pisum sativum*, L.) e determinar suas características físico-químicas e composição centesimal.

MATERIAL E MÉTODO

Processo de obtenção da aquafaba

A matéria-prima utilizada foram as sementes de ervilha verde (*Pisum sativum*, L.) secas, descascadas e partidas do tipo 2, da marca Combrasil®, em pacotes de 500g, lote 10L02ECN0086, adquiridas em um mercado local, na cidade do Rio de Janeiro, Brasil.

Pré-preparo

O pré-preparo foi distribuído em três etapas. A primeira delas foi a seleção dos grãos, em que ocorreram a coleta e a escolha desses, separando as leguminosas para o preparo. Além disso, possíveis matérias sólidas não comestíveis também foram removidas, conforme o protocolo proposto por Aslan, Ertaş.²³

Posteriormente, foi realizada a lavagem dos grãos escolhidos previamente com água potável corrente e, então, realizou-se o remolho da leguminosa (proporção 1:3/grão:água), sob refrigeração a 4°C por 24 horas. Ressalta-se que, nesse período, a água foi substituída duas vezes durante o processo (após 8 e 16 horas do início do remolho) e desprezada depois do tempo estabelecido (24h), conforme preconizado por Domene.²⁴

Produção, preparo da aquafaba e elaboração da ficha técnica

Após testes preliminares, foi definida a melhor técnica de preparo, que foi realizada em calor úmido, sem pressão, utilizando um fogão doméstico, da marca Dako®, em uma proporção 1:4 (grão:água). A cocção foi iniciada na posição máxima da chama nos primeiros 10 minutos, sendo ajustada para a posição média até completar o processo de cocção que durou 40 minutos no total. Sequencialmente, o conteúdo formado de leguminosa e água do cozimento foi retirado da panela e colocado em um refratário totalmente coberto com plástico filme de PVC, o qual foi armazenado na geladeira, a 4°C, por 24 horas. Após esse período, utilizou-se uma peneira de aço inox para separar os grãos cozidos de ervilha da, agora formada, aquafaba (Figura 1) e, então, foi realizada a pesagem em balança digital SF-400 e, elaborada a ficha técnica de preparo (Figura 2).

Figura 1. Fluxograma do processo de obtenção da aquafaba de ervilha verde.

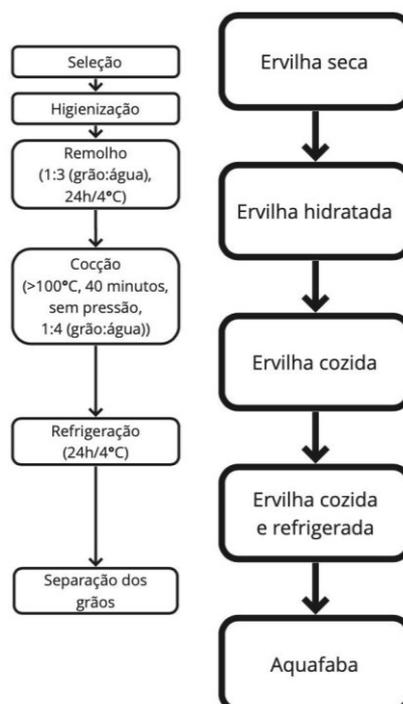


Figura 2. Ficha técnica de preparação da aquafaba de ervilha verde.

FICHA TÉCNICA DE PREPARAÇÃO							
Preparação	Aquafaba de ervilha verde						
Ingredientes	Per capita	Fator de correção	Peso bruto	Quantidade Total		Unidade	
				Peso/Volume			
Ervilha verde	500	1,00	500	500		g	
Água para remolho	1500	1,00	1500	1500		mL	
Água para cocção	2000	1,00	2000	2000		mL	
Técnica de Preparo							
<ol style="list-style-type: none">1- Selecionar os grãos e higienizá-los em água corrente;2- Pesar os grãos de ervilha;3- Fazer o remolho da ervilha, deixando os grãos em água por 24 horas sob refrigeração;4- Descartar a água do remolho e pesar a ervilha;5- Realizar a cocção da ervilha mantendo a tampa da panela semiaberta, inicialmente em fogo alto, diminuindo a chama para média quando começar a ferver;6- Após o cozimento, que deve ser interrompido quando notado o rompimento dos grãos, armazenar a ervilha e a aquafaba em um refratário dentro da geladeira por 24 horas;7- Separar os grãos de ervilha da aquafaba. Utilizar a aquafaba ou armazená-la no congelador.							
Peso inicial	500 g	Peso final	1250 g	Rendimento	250 %	Índice de cocção	2,5

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Formação e estabilidade da espuma

A determinação da capacidade de formação de espuma (FE) e da estabilidade da espuma (EE) foi realizada no Laboratório de Alimentos e Dietética, da Universidade Federal Fluminense. A FE e EE seguiram o método de Shim et al.²⁵ e Martinez et al.²⁶, respectivamente. Para a FE, a amostra (40mL) foi misturada em um recipiente de aço inox, pela batedeira da marca Giromax Mallory®, com potência de 200W, a 125 rpm, por 8 minutos. O conteúdo foi transferido para um recipiente de material plástico transparente com capacidade de 350mL.

Para a EE, utilizou-se 50mL da amostra de aquafaba para ser transformada em espuma, com auxílio da mesma batedeira e configuração citada anteriormente. O conteúdo foi transferido para um copo graduado de 600mL e o volume analisado imediatamente após a formação da espuma e depois de 30 minutos.

A determinação da FE e EE se deu a partir das Equações 1 e 2, respectivamente:

$$FE (\%) = \frac{V_{f0}}{V_{amostra}} \times 100 \quad (1)$$

$$EE (\%) = \frac{V_{f30}}{V_{f0}} \times 100 \quad (2)$$

Onde,

V_{f0} = volume (em mL) de espuma formado imediatamente no tempo 0;

$V_{amostra}$ = volume (em mL) inicial de amostra líquida;

V_{f30} = volume (em mL) de espuma formado depois de 30 minutos.

Índice de emulsão

A metodologia segundo Mustafa et al.²² e Martinez et al.²⁶ foi utilizada e adaptada para estabelecer o índice de emulsão (IE). Para análise da emulsão, em um becker de 150mL, foram adicionados 20mL da amostra de aquafaba e 20mL de óleo de soja da marca Liza®, em uma proporção de 1:1 (óleo:aquafaba). Os componentes foram homogeneizados utilizando a batedeira Giromax Mallory®, na velocidade 3, durante 2 minutos. Posteriormente, a mistura foi transferida para uma proveta de 50mL a fim de observação. O volume de emulsão foi registrado em três vias nos tempos de 30 minutos, 1 hora, 1:30 horas, 24 horas e 4 dias para estabelecer o resultado médio.

Densidade relativa

A densidade relativa das amostras foi determinada pela razão entre as densidades absolutas da amostra de aquafaba e da água, a partir do uso do picnômetro. Seguiu-se a metodologia 215/IV do Instituto Adolfo Lutz,²⁷ sendo realizada em triplicata.

Viscosidade cinemática e dinâmica

A viscosidade cinemática da aquafaba foi determinada por meio do viscosímetro copo Ford com orifício nº 4, associada à norma ABNT NBR 5849:2015,²⁸ sendo os valores expressos em m²/s e o ensaio realizado em triplicata.

A viscosidade dinâmica foi calculada a partir dos valores médios da densidade da aquafaba de ervilha e da viscosidade cinemática, conforme a norma ABNT NBR 5849:2015.²⁸ O resultado foi dado em miliPascal segundo (mPa*s).

Cor da espuma

A cor da espuma da AQ foi determinada conforme o sistema CIELab, indicando as coordenadas L* (luminosidade), a* (positivo é vermelho, enquanto negativo é verde) e b* (positivo é amarelo e negativo é azul).²⁹ As medições das amostras, em triplicata, foram realizadas em um colorímetro da marca BYK Gardner Laboratory® Colorview 9000 (Columbia, SC, USA), com o *software* OnColor.

Composição centesimal

A determinação do teor de umidade, cinzas, lipídios e proteínas foi realizada, respectivamente, de acordo com a metodologia 012/IV, 018/IV, 032/IV e 037/IV do Instituto Adolfo Lutz.²⁷ O teor de carboidratos foi determinado por diferença.

Análise estatística

As análises dos dados obtidos foram realizadas por meio de estatística descritiva, utilizando-se média, variância, desvio-padrão, através da tabulação dos dados no *software* Microsoft® Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Processo de obtenção da aquafaba

A partir dos processos desenvolvidos para a obtenção da AQ, foi possível elaborar a ficha técnica de preparação, que permitiu verificar o índice de cocção de 2,5 e o rendimento da preparação igual a 250% (Figura 2), o que mostra uma quantidade importante de produto que geralmente é descartado e/ou subutilizado.

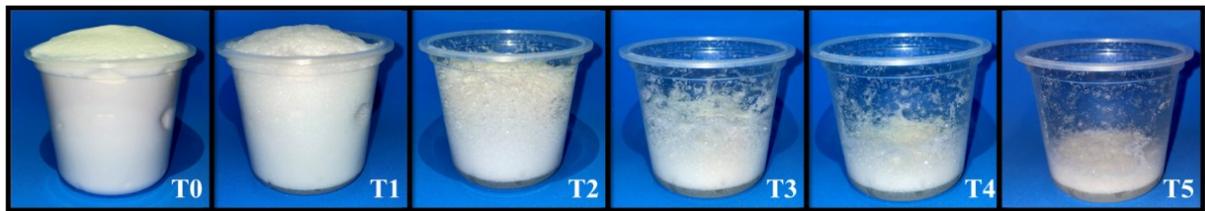
A alteração na massa da amostra ocorreu devido à hidratação da ervilha, ou seja, houve absorção de água pelos grãos, que resultou no aumento de sua massa inicial (seca), além de um ganho térmico devido à cocção. O desenvolvimento da técnica adequada para o preparo da aquafaba foi realizado a partir de testes prévios. A cocção foi adaptada para ser realizada sem pressão, de modo a preservar o grão de ervilha ao cozinhar e possibilitar a obtenção da AQ. Além disso, a proporção para o cozimento foi estabelecida a 1:4 (grão:água), uma vez que sob as condições de cocção, ocorre perda pela maior evaporação da água.

Características físico-químicas

Formação e estabilidade da espuma

Foi observada a capacidade da aquafaba em formar espuma (Figura 3), apresentando média de $910,71\% \pm 77,84$.

Figura 3. Capacidade de formação de espuma da aquafaba de ervilha verde.



T0: imediatamente após a formação; T1: após 15 minutos; T2: após 30 minutos; T3: após 45 minutos; T4: após 1h; T5: após 1h30min.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Em comparação ao estudo de Kiliçli et al.,¹⁷ que encontrou uma capacidade de formação de espuma média de $575\% \pm 12$ para a aquafaba de ervilha verde, o resultado encontrado pelo presente estudo foi bem superior, o que se dá, muito provavelmente, pelas particularidades individuais dos grãos, tempo de remolho, tempo e temperatura de cozimento e uso de distinto tipo de panela para o processo de obtenção da aquafaba.³⁰

A Figura 4 apresenta a alteração do volume da espuma. A estabilidade foi verificada comparando-se o período imediatamente após sua formação e após 30 minutos, apresentando resultado, em média, de 90%.

Figura 4. Estabilidade da espuma da aquafaba de ervilha verde.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Em relação à estabilidade da espuma (EE), Kiliçli et al.¹⁷ encontraram um percentual médio de 95,67%±2,20 para a aquafaba de ervilha verde, resultado superior, porém próximo ao encontrado pelo presente estudo. Outrossim, em análises de diferentes marcas de grão de bico enlatado, Mustafa et al.²² encontraram de 77 a 92% para estabilidade de espuma, enquanto Aslan e Ertaş²³ determinaram a EE para o ovo inteiro como 93,33%±2,00 e para a aquafaba de grão-de-bico como 94,74%±1,03. Logo, o resultado produzido pelo presente estudo encontra-se próximo aos dados descritos na literatura.

Nesse contexto, é possível inferir que a AQ possui uma boa capacidade de formação e estabilidade de espuma, o que corresponde a um resultado positivo, uma vez que tal propriedade tecnológica é bastante requerida na culinária. A AQ batida possui potencial aplicação em diversas preparações em substituição à clara de ovo batida, como em merengues, bolos e *soufflés*, almejando-se maior esponjosidade e leveza.³¹ Um exemplo foi o estudo desenvolvido por Nguyen et al.³² que concluíram que aquafaba de feijão-fava pode ser utilizada para substituir a clara de ovo na elaboração de *cupcakes*.

De modo a compreender melhor as possibilidades de melhoria das propriedades das proteínas vegetais, alguns estudos vêm sendo realizados com os isolados proteicos de leguminosas, porém dados com a aquafaba de ervilha ainda são escassos. Lafarga et al.,³³ ao avaliarem as propriedades funcionais de proteínas de leguminosas obtidas por solubilização observaram que pré-tratamentos, como hidrólise enzimática, aquecimento ou processamento de alta pressão, também podem resultar em propriedades funcionais melhoradas, como a capacidade de formação e estabilidade da espuma.

A homogeneização a alta pressão e o uso de ultrassom melhoraram a capacidade de formação de espuma de proteína de ervilha isolada, pois esses tratamentos promovem o desdobramento de proteínas e expõem mais grupos hidrofóbicos à sua superfície, aumentando as interações proteína-água e a adsorção de proteínas na interface ar-água.³⁴

Índice de emulsão (IE)

Os valores encontrados para o IE, a partir das amostras de aquafaba, estão dispostos na Tabela 1.

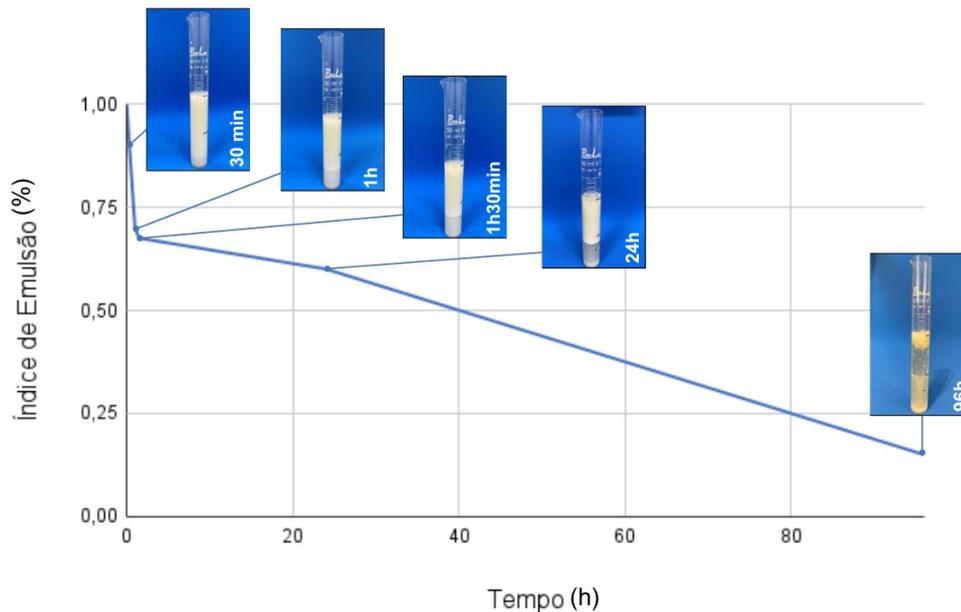
Tabela 1. Índice de emulsão das amostras de aquafaba nos tempos de 30 minutos, 1h, 1:30h, 24h e 96h.

Amostra	IE (%) após 30 minutos	IE (%) após 1 h	IE (%) após 1:30 h	IE (%) após 24 h	IE (%) após 96 h
AQ	85,00	70,00	67,50	60,00	15,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Perante os resultados do índice de emulsão (Tabela 1), observou-se a ocorrência da separação de fases das amostras após 30 minutos. Assim, notou-se que o período de observação foi um importante aliado para descrever os resultados. Como representado pelo gráfico (Figura 5), em 1 hora e 30 minutos de experimento, o volume cai rapidamente, quando comparado com o tempo 0. Em contrapartida, no mesmo período para 24 horas, há maior estabilidade do índice de emulsão. Já o intervalo de 24 para 96 horas apresentou maior queda, 75%, dos resultados do IE, em contraste com o primeiro momento da análise. Desde o primeiro registro, foi possível observar a separação das fases. Todavia, essa separação é evidenciada pela diminuição da homogeneidade após 24 horas, como mostrada na Figura 5.

Figura 5. Gráfico de Índice de Emulsão (%) x Tempo (h).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O resultado encontrado pelo presente estudo para o índice de emulsão difere do demonstrado por Kiliçi et al.¹⁷ para a aquafaba de ervilha verde, visto que os autores não observaram nenhuma separação de fases (IE= 100%) após o tempo de 1 hora, enquanto no presente estudo, a mesma já pode ser observada a partir de 30 minutos (IE= 85%), demonstrando menor propriedade emulsificante, que pode ser em virtude dos diferentes métodos de obtenção da aquafaba empregados.

Os trabalhos de He et al.³⁵ e Mustafa et al.²² avaliaram a estabilidade de emulsão da aquafaba proveniente de grão-de-bico, apresentando os valores de 71,9% a 77,1% e 60% a 80%, respectivamente, no período de 30 minutos, sendo menores ao presente estudo (IE= 85%) com a AQ de ervilha verde.

Meurer et al.³⁶ também avaliaram o IE da aquafaba de grão-de-bico *in natura*, porém nos tempos de 1 hora, 12 horas, 24 horas e 4 dias, observando nenhuma separação de fase no primeiro momento observado (IE= 0%) e IE de 88% após 96 horas. Por outro lado, a AQ do presente estudo teve uma queda, resultando no IE de 15%. Observou-se que a AQ de ervilha verde perdeu um volume considerável em curto período, sendo o comportamento do estudo análogo à primeira meia hora dos estudos do He et al.³⁵ e Mustafa et al.²²

Outrossim, vale ressaltar que a variação entre as propriedades de espuma e emulsão estudadas é causada pela diferença na composição, aditivos, processos de enlatamento e cozimento das leguminosas.²⁵ Além dos determinantes mencionados, o contraste nos resultados de comparação também é produto dos múltiplos períodos de uso da batedeira para formação da espuma e pela quantidade de lipídios transferidos do grão para a aquafaba durante seu cozimento.³⁷

Densidade relativa

A densidade relativa da AQ foi determinada como sendo uma média de $1,013 \pm 0,00$, com coeficiente de variação de 0,05%. Observa-se que a AQ possui uma densidade muito próxima à da água ($1,00 \text{ g/cm}^3 =$

1,00 g/mL), sendo tal comportamento similar relacionado ao alto teor de umidade presente em sua composição.

A média da densidade relativa do estudo sobre aquafaba de grão-de-bico de Shim et al.²⁵ é a que mais se aproxima da encontrada para a de ervilha verde, sendo de 1,095. Já dados sobre amostras feitas a partir da ervilha amarela partida ($1,021 \pm 0,005$) e da clara de ovo ($1,040 \pm 0,004$) são superiores ao resultado encontrado, tendo a clara de ovo maior densidade relativa.³⁷

Viscosidade cinemática e dinâmica

Os resultados obtidos para viscosidade cinemática, conduzida a 25°C, podem ser observados na Tabela 2, a partir da qual foi possível calcular o coeficiente de variação, que apresentou o valor de 0,18%.

Tabela 2. Viscosidade cinemática da água e da aquafaba de ervilha, em m²/s, a 25°C.

Fluido	Tempo médio	Viscosidade (m ² /s) à 25°C
Água	9,70	$2,00 \times 10^{-5}$
Aquafaba de ervilha verde	9,85	$2,06 \times 10^{-5}$

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os resultados revelaram que, em comparação com a água, a AQ apresentou uma semelhança de viscosidade. Desta forma, a amostra estudada apresenta uma baixa viscosidade, bem como um padrão líquido e fluido. Meurer et al.³⁶ observaram viscosidade cinemática de $4,878 \times 10^{-5}$ m²/s da aquafaba de grão-de-bico *in natura*. Em comparação com o resultado de $2,06 \times 10^{-5}$ m²/s da AQ, entende-se que a mesma é menos viscosa.

Em relação à viscosidade dinâmica da AQ do presente estudo, obteve-se um valor de 20,8 mPa*s. Stantiall et al.³⁷ analisaram a viscosidade dinâmica da AQ das leguminosas de grão-de-bico (47 mPa*s), lentilha verde (25 mPa*s), feijão branco (4.5 mPa*s), ervilha amarela partida (8.7 mPa*s) e clara de ovo branco (15 mPa*s). Apesar de a viscosidade da aquafaba de ervilha verde ter valores menores que a de grão-de-bico e lentilha verde, apresenta resultados maiores que a clara de ovo branco, bem como aos demais grãos avaliados.

A viscosidade influencia na capacidade de formação de espuma, devendo estar em níveis que permitam que a estrutura do produto absorva o máximo de ar e que os glóbulos sofram níveis elevados de coalescência parcial. O aumento na viscosidade pode impedir essa entrada de ar; entretanto um valor baixo se reflete em bolhas que se fundem com maior facilidade, produzindo bolhas maiores que são menos resistentes à pressão interna.³⁸ Os valores de FE e EE indicam que, possivelmente, a viscosidade da aquafaba produzida seja adequada para a capacidade de formação de espuma.

Cor da espuma

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises de cor da espuma, indicando as coordenadas em L*, a* e b*.

Tabela 3. Parâmetros da cor da aquafaba e da espuma. Resultados são médias de três vias \pm desvio padrão.

Amostra	L*	a*	b*
AQE	79,10 \pm 0,03	-0,92 \pm 0,72	7,25 \pm 0,58

AQE: espuma da aquafaba de ervilha.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Diante dos resultados, a amostra apresentou um valor médio positivo de L*, relacionado à luminosidade, de 79,10 \pm 0,03, o que indica que a espuma é clara. Já para a*, que expressa as coordenadas vermelho/verde, o resultado negativo apresentado na Tabela 3 revela que a amostra analisada é de cor verde. Ademais, com média de 7,25, b*, o qual representa as coordenadas amarelo/ azul, aponta que a coloração amarelada está presente.

Ao comparar as cores de espuma aquafaba de ervilha do presente estudo com as do de grão-de-bico *in natura* avaliada por Meurer et al.,³⁶ observa-se que houve uma variação positiva de +2,76 na luminosidade das amostras de aquafaba de grão-de-bico. As coordenadas a*b* foram maiores para AQ, indicando que sua espuma é menos escura, mais verde e amarela que a espuma de grão-de-bico. Na mesma pesquisa, foi possível observar que a espuma formada a partir da clara de ovo branco é mais escura (L= 87,99), vermelha (a*= 0,01) e menos amarela (b*= 4,67) do que a da aquafaba de ervilha.

Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal da aquafaba de ervilha verde estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4. Composição centesimal da aquafaba de ervilha verde.

Características	Aquafaba de ervilha verde (%) ^a
Umidade	96,82 \pm 0,06
Proteínas	2,07 \pm 0,10
Carboidratos	0,6 ^b
Cinzas	0,41 \pm 0,06
Lipídios	ND

^a Média \pm Desvio Padrão; ND= não detectado.^b O valor percentual de carboidratos foi obtido por diferença.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

De acordo com os resultados obtidos, infere-se que a AQ de ervilha verde possui alto teor de umidade, sendo superior quando comparado com os dados publicados para o grão-de-bico por Shim et al.,²⁵ de 67,00% \pm 1,87, no estudo que comparou a composição da aquafaba de diferentes marcas de grão-de-bico enlatado, sendo semelhante à ervilha amarela partida (95,59% \pm 0,18), segundo dados de Stantiall et al.³⁷

O conteúdo de proteínas (2,07 \pm 0,10) encontrado é maior em comparação ao dos dados sobre grão-de-bico (0,95 \pm 0,01) e ervilha amarela partida (1,27 \pm 0,02) encontrados por Stantiall et al.,³⁷ o que sugere que

a AQ do presente estudo pode conferir maior valor nutritivo em relação a este componente, caso seja utilizada em preparações culinárias.

O teor de cinzas obtido está próximo ao das amostras de ervilha amarela ($0,40 \pm 0,00$) e menor em comparação ao grão-de-bico ($0,57 \pm 0,01$), segundo Stantiall et al.³⁷

No que diz respeito aos lipídios, pode-se dizer que a AQ de ervilha verde é similar a outras leguminosas, visto que para a ervilha amarela e grão-de-bico, não foi possível a determinação, uma vez que o teor também encontrou-se abaixo do limite de detecção do método.^{25,37}

Em síntese, as diferenças na composição centesimal ocorrem por serem leguminosas distintas, além dos diferentes modos de preparo, pois durante as etapas de remolho e cozimento, observa-se a dispersão de nutrientes do grão para a água envolvida no processo, modificando nutricionalmente a AQ. Além disso, o cozimento prolongado poder levar a uma maior quebra da parede celular e, conseqüentemente, a uma maior transferência de nutrientes para a água que dará origem à AQ.³⁷ Dessa maneira, demonstra-se a importância de se considerar a possível variação genotípica da leguminosa em questão, além do desenvolvimento da ficha técnica de preparo para a obtenção da AQ, que é um produto que pode oferecer uma alternativa promissora para consumidores vegetarianos, veganos, alérgicos a ovos e celíacos, devido a suas características de ingrediente multifuncional, base vegetal, livre de crueldade animal e sem aditivos.¹⁹

CONCLUSÃO

Conclui-se que o processo de obtenção da AQ de ervilha verde pode ser melhorado para atingir características tecnológicas adequadas para seu uso em preparações culinárias. São necessários, portanto, mais estudos quanto a sua aplicabilidade, a fim de propiciar alternativas para a adoção de uma alimentação mais sustentável e um estímulo ao desenvolvimento de habilidades culinárias, contribuindo para que o público vegetariano, vegano e os adeptos a uma dieta sem carne no geral não fiquem à mercê de alimentos industrializados.

REFERÊNCIAS

1. Hargreaves SM, Rosenfeld DL, Moreira AV, Zandonadi RP. Plant-based and vegetarian diets: an overview and definition of these dietary patterns. *Eur J Nutr.* 2023;62:1109-21. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03086-z>.
2. Slywitch E. Alimentação sem carne: um guia prático para montar a sua dieta vegetariana com saúde. 2nd ed ampliada e revisada. São Paulo: Editora Alaúde, 2023.
3. Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB). Pesquisa do IBOPE aponta crescimento histórico no número de vegetarianos no Brasil. 2022 [acesso nov 2023]. Disponível em: <https://svb.org.br/2469-pesquisa-do-ibope-aponta-crescimento-historico-no-numero-de-vegetarianos-no-brasil>.
4. Brasil. Guia alimentar para a população brasileira. 2.ed. Brasília: Ministério da Saúde; 2014.
5. Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockström J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D, Zaks DP. Solutions for a cultivated planet. *Nature.* 2011;478(7369):337-42. <https://doi.org/10.1038/nature10452>.
6. Schuck-Paim C. Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB). Factsheet: Impactos da pecuária no Brasil e no mundo. 2017 [acesso Nov 2023]. Disponível em: https://svb.org.br/wp-content/uploads/2023/07/livros_impactos-da-pecuaria-no-brasil-e-no-mundo.pdf.



7. Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*. 2019 [cited 2023 Nov];393:447-92. Available from: https://eatforum.org/content/uploads/2019/04/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report_Portugese.pdf.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations; Bioversity International; Burlingame B, Dernini S. 2012 [cited 2023 Nov]. Sustainable diets and biodiversity. Available from: https://reterus.it/public/files/Eventi/unisustainathon/Med_Diet_-_sustainablec_-_FAO__Bioversity_1_.pdf
9. Johnston JL, Fanzo JC, Cogill B. Understanding sustainable diets: a descriptive analysis of the determinants and processes that influence diets and their impact on health, food security, and environmental sustainability. *Adv Nutr*. 2014;5(4):418-29. <https://doi.org/10.3945/an.113.005553>
10. Alcorta A, Porta A, Tárrega A, Alvarez MD, Vaquero MP. Foods for plant-based diets: challenges and innovations. *Foods*. 2021;10(2):293. <https://doi.org/10.3390/foods10020293>.
11. Andreani G, Sogari G, Marti A, Foldi F, Dagevos H, Martini D. Plant-Based meat alternatives: technological, nutritional, environmental, market, and social challenges and opportunities. *Nutrients*. 2023;15(2):452. <https://doi.org/10.3390/nu15020452>.
12. Euromonitor International. Plant-based foods face key challenges. 2023 [cited 2023 Nov]. Available from: <https://www.euromonitor.com/article/plant-based-foods-face-key-challenges>.
13. Glufke Reis G, Villar EG, Rynänen T, Picanço Rodrigues V. David vs Goliath: the challenges for plant-based meat companies competing with animal-based meat producers. *J Clean Prod*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138705>.
14. Foyer CH, Lam HM, Nguyen HT, Siddique KH, Varshney RK, Colmer TD, Cowling W, Bramley H, Mori TA, Hodgson JM, Cooper JW, Miller AJ, Kunert K, Vorster J, Cullis C, Ozga JA, Wahlqvist ML, Liang Y, Shou H, Shi K, Yu J, Fodor N, Kaiser BN, Wong FL, Valliyodan B, Considine MJ. Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nat Plants*. 2016;2(8). <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.112>.
15. Serventi L, McNeill J. Upcycling aquafaba and liluva (food processing wastewater of legumes) into new value-added products. *Curr Opin Food Sci*. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101197>.
16. Echeverria-Jaramillo E, Shin WS. Current processing methods of aquafaba. *Trends Food Sci Amp Technol*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.06.022>.
17. Kiliçli M, Özmen D, Bayram M, Toker OS. Usage of green pea aquafaba modified with ultrasonication in production of whipped cream. *Int J Gastron Food Sci*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100724>.
18. Slywitch E. Guia alimentar de dietas vegetarianas para adultos. 1ª ed. Sociedade Vegetariana Brasileira: São Paulo, 2012.
19. Yazici GN, Taspınar T, Ozer MS. Aquafaba: a multifunctional ingredient in food production. *Biol Life Sci Forum*. 2022;18(24):1-6. <https://doi.org/10.3390/Foods2022-13004>.
20. Melina V, Craig W, Levin S. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: vegetarian diets. *J Acad Nutr Diet*. 2016;116(12):1970-80. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2016.09.025>.
21. Schösler H, de Boer J. Towards more sustainable diets: insights from the food philosophies of “gourmets” and their relevance for policy strategies. *Appetite*. 2018;127:59-68. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.04.022>.
22. Mustafa R, He Y, Shim YY, Reaney MJ. Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. *Int J Food Sci Amp Technol*. 2018;53(10):2247-55. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13813>.
23. Aslan M, Ertaş N. Possibility of using 'chickpea aquafaba' as egg replacer in traditional cake formulation. *Harran Tarım Ve Gıda Bilim Derg*. 2020;24(1):1-8. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.569397>.
24. Domene SMA. Técnica Dietética - Teoria e Aplicações. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
25. Shim YY, Mustafa R, Shen J, Ratanapariyanuch K, Reaney MJ. Composition and properties of aquafaba: water recovered from commercially canned chickpeas. *J Vis Exp*. 2018;(132). <https://doi.org/10.3791/56305>.
26. Martinez M, Stone AK, Yovchev AG, Peter R, Vandenberg A, Nickerson MT. Effect of genotype and environment on the surface characteristics and functionality of air-classified faba bean protein concentrates. *Eur Food Res Technol*. 2016;242(11):1903-11. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2690-4>.

27. Instituto Adolfo Lutz (IAL). Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, 2008.
28. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 5849: Tintas – Determinação de viscosidade pelo copo Ford. 2015 [acesso nov 2023]. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/2570/abnt-nbr5849-tintas-determinacao-de-viscosidade-pelo-copo-ford>.
29. Hunter RS. Photoelectric color difference meter. *J Opt Soc Am*. 1958;48(12):985. <https://doi.org/10.1364/josa.48.000985>.
30. Erem E, Icyer NC, Tatlısu NB, Kiliçli M, Kaderoglu GH, Toker ÖS. A new trend among plant-based food ingredients in food processing technology: aquafaba. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2021;1-18. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2002259>.
31. Ornellas LH, Kajishima S, Verruma-Bernardi MR. Técnicas dietética: seleção e preparo de alimentos. 8ª ed. rev. ampl. São Paulo: Atheneu, 2007.
32. Nguyen TM, Nguyen TP, Tran GB, Le PT. Effect of processing methods on foam properties and application of lima bean (*Phaseolus lunatus*, L.) aquafaba in eggless cupcakes. *J Food Process Preserv*. 2020;44(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14886>.
33. Lafarga T, Álvarez C, Villaró S, Bobo G, Aguiló-Aguayo I. Potential of pulse-derived proteins for developing novel vegan edible foams and emulsions. *Int J Food Sci Amp Technol*. 2019;55(2):475-81. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14286>.
34. Yan J, Zhao S, Xu X, Liu F. Enhancing pea protein isolate functionality: a comparative study of high-pressure homogenization, ultrasonic treatment, and combined processing techniques. *Curr Res Food Sci*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100653>.
35. He Y, Shim YY, Mustafa R, Meda V, Reaney MJ. Chickpea cultivar selection to produce aquafaba with superior emulsion properties. *Foods*. 2019;8(12):685. <https://doi.org/10.3390/foods8120685>.
36. Meurer MC, de Souza D, Ferreira Marczak LD. Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *J Food Eng*. 2020;265:109688. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109688>.
37. Stantiall SE, Dale KJ, Calizo FS, Serventi L. Application of pulses cooking water as functional ingredients: the foaming and gelling abilities. *Eur Food Res Technol*. 2017;244(1):97-104. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2943-x>.
38. Rezvani F, Abbasi H, Nourani M. Effects of protein-polysaccharide interactions on the physical and textural characteristics of low-fat whipped cream. *J Food Process Preserv*. 2020;44(10). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14743>

Colaboradoras

Lima ECS e Vilar JS participaram na concepção e desenho do estudo; Dias GNC e Magalhães LG participaram da revisão de literatura; Dias GNC, Vilar JS e Magalhães LG participaram da coleta de dados; Lima ECS, Vilar JS e Nakajima VM participaram da análise e interpretação de dados; Dias GNC e Magalhães LG participaram da elaboração do manuscrito; Lima ECS, Vilar JS e Nakajima VM participaram da revisão intelectual do manuscrito; Vilar JS participou da aprovação final da versão submetida à revista.

Conflito de Interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Recebido: 27 de fevereiro de 2024

Aceito: 24 de setembro de 2024