

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

PAULINE GODOI SILVA

**SUBSTITUIÇÃO DE OVOS EM BOLO SEM GLÚTEN POR  
PREPARADO VEGETAL: DESENVOLVIMENTO,  
CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO TECNOLÓGICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MEDIANEIRA

2020

PAULINE GODOI SILVA

**SUBSTITUIÇÃO DE OVOS EM BOLO SEM GLÚTEN POR  
PREPARADO VEGETAL: DESENVOLVIMENTO,  
CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO TECNOLÓGICA.**

**Replacement of eggs in gluten-free cakes with vegetable preparation:  
development, characterization and technological application.**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dra Angela Claudia Rodrigues.

Co-orientador: Dra. Daneysa Lahis Kalschne.

**MEDIANEIRA**

**2020**



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

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



PAULINE GODOI SILVA

**SUBSTITUIÇÃO DE OVOS EM BOLOS SEM GLÚTEN POR PREPARADO VEGETAL: DESENVOLVIMENTO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO TECNOLÓGICA.**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Tecnologia De Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Área de concentração: Tecnologia De Alimentos.

Data de aprovação: 11 de Novembro de 2020

Prof.a Angela Cláudia Rodrigues, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Antonio Roberto Giriboni Monteiro, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Prof Evandro Bona, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 11/11/2020.

Dedico este trabalho a Deus, à  
minha família e a todos alérgicos e  
intolerantes alimentares que buscam  
por acessibilidade e inclusão  
alimentar.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a minha mãe Beatris, ao meu Pai Valdeci e os meus irmãos Patricia, Priscila, Taielize e Carlos Henrique que se fizeram pacientes, bons ouvintes e me apoiaram para que esse sonho se tornasse realidade. Agradeço também ao João Pedro pelo seu amor e apoio incondicional.

Aos meus queridos amigos Eloisa Colla e Diogo Salvati por fazerem parte deste sonho desde o começo comigo, pelas horas de estudos, inúmeras horas de laboratório, risadas e força. O mestrado me trouxe além de conhecimento, pessoas maravilhosas as quais levarei comigo para a vida inteira.

Agradeço também a todos os colaboradores da UTFPR câmpus Medianeira, a equipe do Laboratório de análises da Lar Medianeira, em especial a Nara, pelo apoio na realização deste projeto.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos deixo aqui a minha sincera gratidão, em especial aos professores (as) Dr. Ilton Baraldi, Dr. Evandro Bona, minha orientadora Dra. Angela Claudia Rodrigues e a minha co-orientador Dra. Daneysa Lahis Kalschne, agradeço cada imensamente por todas as lições e orientações, vocês sempre serão motivo de inspiração para mim pelo domínio da ciência, didática, ética e respeito que têm pelo conhecimento, meu muito obrigada.

## RESUMO

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

Com o aumento das alergias e intolerâncias alimentares e padrões de dietas vegetarianas, a indústria está sendo desafiada a criar novas alternativas de substitutos para ingredientes alergênicos. Com o objetivo de desenvolver um preparado vegetal em pó e utilizá-lo como substituto de ovos em receitas de bolo sem glúten (BSG), o presente estudo utilizou diferentes concentrações de aquafaba em pó (AP), proteína de lentilha (PL) e ácido cítrico (AC), determinadas através de uma matriz de planejamento de misturas com restrições inferiores e superiores de 3 componentes, com as variáveis resposta capacidade de formação de espuma (FE), estabilidade da espuma (EE), capacidade de absorção de água e capacidade de absorção de óleo. Para a modelagens das formulações para aplicação nos BSG, foram utilizados os melhores resultados apenas das variáveis respostas FE e EE isoladas e em conjunto. Os resultados da otimização para: a) maximização das variáveis respostas FE, e para a otimização conjunta de FE e EE, indicaram os valores 66,09%; 20,0% e 13,90% para AQ, PL e AC; b) maximização da variável resposta EE, indicaram os resultados de AQ (77,00%), PL (20,0%) e AC (3,00%). Desta forma, foram escolhidos três ensaios da matriz de planejamento de mistura para aplicação como preparado vegetal em pó substituto de ovos em BSG. Onde, a concentração dos ovos foi substituída pela fração de 1:1 do preparado vegetal em pó solubilizado em água, em diferentes concentrações de AQ (7%; 6% e 6,5%) e AC (0,27%, 1,27% e 0,77%) - formulações denominadas A, B e C, respectivamente – e com concentrações fixas de água (90,91%) e PL (1,82%). Uma formulação de bolo controle com ovos (BC) foi avaliada para efeitos comparativos. Foram determinados: a estabilidade, densidade e perda de umidade da massa do bolo (crua); índice de volume, expansão, padrões microbiológicos, densidade e volume específico, cor e perfil de textura do bolo (assado), composição proximal dos bolos, preparados vegetais e teste de aceitação, avaliando-se os atributos aparência, cor, odor, cremosidade, textura, sabor e impressão global, mediante escala hedônica de 9 pontos e a intenção de compra com escala de 5 pontos, com 61 consumidores. Os dados foram analisados estatisticamente por ANOVA e Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) com auxílio do programa Statistica 8.0. O bolo B obteve a maior média sensorial para o atributo cor (8,15<sup>a</sup>) diferindo somente do BC (7,67<sup>b</sup>). O bolo BC obteve as maiores médias sensoriais para a aparência (8,03<sup>a</sup>), textura (7,66<sup>a</sup>), sabor (7,34<sup>a</sup>) e intenção de compra (3,77<sup>a</sup>); entretanto essas não diferiram das formulações B e C indicando a aceitação sensorial (aparência: 7,93<sup>ab</sup> e 7,72<sup>ab</sup>; textura: 7,51<sup>a</sup> e 7,23<sup>ab</sup>; sabor: 6,98<sup>ab</sup> e 7,08<sup>ab</sup>; intenção de compra: 3,70<sup>a</sup> e 3,62<sup>a</sup> para B e C, respectivamente). Para os atributos aroma (7,46 a 7,74), cremosidade (6,98 a 7,56) e impressão global (6,90 a 7,43) não foram observadas diferenças entre as quatro formulações avaliadas. As formulações B e C foram sensorialmente tão aceitas quanto à

BC, todavia, a formulação B no geral obteve os melhores resultados de aceitabilidade. Conclui-se que o estudo das características físico-químicas da mistura de AP, PL e AC em conjunto em uma matriz de planejamento foi eficiente para otimização de um preparado vegetal em pó para a substituição de ovos em BSG, onde, o bolo com a maior aceitação sensorial evidenciou que o composto vegetal em pó de 66% de AP, 20% de PL e 14% de AC é uma alternativa viável e eficaz para a substituição de ovos em BSG.

**Palavras-chave:** Ácido cítrico. Aquafaba. *Cicer arietinum* L. Planejamento de Mistura. Proteína de lentilha. Substituto vegetal.

## ABSTRACT

SILVA, Pauline Godoi. **Replacement of eggs in gluten-free cakes with vegetable preparation: development, characterization and technological application.** 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2020.

With the increase in food allergies and intolerances and vegetarian diet patterns, the industry is being challenged to create new alternatives for substitutes for allergenic ingredients. In order to develop a powdered vegetable preparation and use it as an egg substitute in gluten-free cake (BSG) recipes, the present study used different concentrations of powdered aquafaba (AP), lentil protein (PL) and acid citric (AC), determined through a mix planning matrix with lower and upper restrictions of 3 components, with the variables response foaming capacity (FE), foam stability (EE), water absorption capacity and capacity of oil absorption. For the modeling of formulations for application in BSG, the best results were used only for the variables FE and EE responses isolated and together. The optimization results for: a) maximizing the FE response variables, and for the joint optimization of FE and EE, indicated the values 66.09%; 20.0% and 13.90% for AQ, PL and AC; b) maximization of the EE response variable, indicated the results of AQ (77.00%), PL (20.0%) and AC (3.00%). In this way, three tests of the mixture planning matrix were chosen for application as a vegetable preparation in egg substitute powder in BSG. Where, the concentration of eggs was replaced by the 1: 1 fraction of the powdered vegetable preparation solubilized in water, in different concentrations of AQ (7%; 6% and 6.5%) and AC (0.27%, 1, 27% and 0.77%) - formulations called A, B and C, respectively - and with fixed concentrations of water (90.91%) and PL (1.82%). A control cake formulation with eggs (BC) was evaluated for comparative purposes. Were determined: the stability, density and moisture loss of the cake dough (raw); volume index, expansion, microbiological patterns, specific density and volume, color and texture profile of the cake (baked), proximal composition of the cakes, vegetable preparations and acceptance test, evaluating the appearance, color, odor, creaminess, texture, flavor and global impression, through a hedonic scale of 9 points and the purchase intention with a scale of 5 points, with 61 consumers. The data were analyzed statistically by ANOVA and Tukey's test ( $p < 0.05$ ) with the aid of the Statistica 8.0 program. Cake B obtained the highest sensory average for the color attribute (8.15<sup>a</sup>) differing only from BC (7.67<sup>b</sup>). The BC cake obtained the highest sensory averages for appearance (8.03<sup>a</sup>), texture (7.66<sup>a</sup>), flavor (7.34<sup>a</sup>) and purchase intention (3.77<sup>a</sup>); however, these did not differ from formulations B and C indicating sensory acceptance (appearance: 7.93<sup>ab</sup> and 7.72<sup>ab</sup>; texture: 7.51<sup>a</sup> and 7.23<sup>ab</sup>; flavor: 6.98<sup>ab</sup> and 7.08<sup>ab</sup>; purchase intention: 3, 70<sup>a</sup> and 3.62<sup>a</sup> for B and C, respectively). For the attributes aroma (7.46 to 7.74), creaminess (6.98 to 7.56) and global impression (6.90 to 7.43), no differences were observed between the four formulations evaluated. Formulations B and C were sensorially accepted as well as BC, however, formulation B in general obtained the best acceptability results. It is concluded that the study of the physicochemical characteristics of the mixture of AP, PL and AC together in a



planning matrix was efficient for the optimization of a powdered vegetable preparation to replace eggs in BSG, where, the cake with the greater sensory acceptance showed that the powdered vegetable compound of 66% AP, 20% PL and 14% AC is a viable and effective alternative for replacing eggs in BSG.

**Keywords:** Citric acid. Aquafaba. *Cicer arietinum* L. Mixture design. Lentil protein. Vegetable substitute.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Referências de composição nutricional dos ovos de galinha por 100 g de parte comestível.....	26
<b>Tabela 2</b> - Restrições inferiores e superiores estabelecidas para cada componente da mistura.....	38
<b>Tabela 3</b> - Composições (%) obtidas através do planejamento de misturas com restrições de mínima e máxima.....	39
<b>Tabela 4</b> - Formulações de bolos com ovos e bolos sem ovos com preparado vegetal .....	42
<b>Tabela 5</b> - Composição proximal das amostras de grão-de-bico <i>in natura</i> e cozido, aquafaba líquida e aquafaba em pó.....	55
<b>Tabela 6</b> - Respostas para as variáveis % CAA, %CAO, % FE e % EE para os ensaios da matriz de planejamento de misturas com restrições de mínima e máxima. ....	56
<b>Tabela 7</b> - Tabela de análise do cálculo dos efeitos para a variáveis respostas capacidade de absorção de água, capacidade de absorção de óleo, capacidade de formação de espuma e estabilidade da espuma. ....	59
<b>Tabela 8</b> - Anova dos modelos com teste de falta de ajuste para variáveis resposta CAA, CAO, FE e EE.....	61
<b>Tabela 9</b> - Propriedades físico-químicas dos bolos sem glúten com preparado vegetal em pó substituto parra ovos e bolo controle.....	69
<b>Tabela 10</b> - Composição proximal das amostras de preparados vegetais substituto para ovos, bolos sem glúten com substituto vegetal para ovos e bolo controle. ....	70
<b>Tabela 11</b> - Resultados nas análises microbiológicas dos bolos com e sem OVOS. ....	71
<b>Tabela 12</b> - Valores sensoriais médios da aceitação e intenção de compra dos bolos com preparado vegetal em pó substituto para ovos e bolo controle.....	73

## LISTA DE FÍGURAS

<b>Figura 1</b> - Estrutura molecular espacial do ácido cítrico. ....	23
<b>Figura 2</b> - Diagrama de fluxo de secagem por uso de <i>Spray dryer</i> .....	33
<b>Figura 3</b> - Ilustração do esquema de produção de aquafaba líquida. ....	37
<b>Figura 4</b> - Região experimental para otimização da composição de diferentes misturas de preparado vegetal em pó após a aplicação de restrições superiores e inferiores dos níveis de aquafaba em pó, proteína de lentilha e ácido cítrico. ....	40
<b>Figura 5</b> - Grão-de-bico em diferentes estágios do processamento: farinha, aquafaba líquida e grão in natura.....	52
<b>Figura 6</b> - Grão-de-bico após o processo de cocção. ....	52
<b>Figura 7</b> - Aquafaba antes e após o processo de secagem pó liofilização.....	53
<b>Figura 8</b> - Processo de secagem da aquafaba líquida por atomização.....	54
<b>Figura 9</b> - Aquafaba em pó resultante de processo de secagem por atomização.....	54
<b>Figura 10</b> - Preparado vegetal em pó substituto para ovos do ensaio 5 da matriz de planejamento após processo de hidratação e homogeneização.....	58
<b>Figura 11</b> - Representação dos valores preditos versus os valores observados dos coeficientes de regressão da variável capacidade absorção de água. ....	62
<b>Figura 12</b> - Representação dos valores preditos versus os valores observados dos coeficientes de regressão da variável capacidade de absorção de óleo...	63
<b>Figura 13</b> - Representação dos valores preditos versus os valores observados dos coeficientes de regressão da variável capacidade de formação de espuma. ....	63
<b>Figura 14</b> - Representação dos valores preditos versus os valores observados dos coeficientes de regressão da variável estabilidade da espuma. ....	64
<b>Figura 15</b> - Otimização para maximização da variável resposta %FE. ....	65
<b>Figura 16</b> - Otimização para maximização da variável resposta %EE. ....	65
<b>Figura 17</b> - Otimização para maximização da otimização conjunta das variáveis respostas FE e EE. ....	66
<b>Figura 18</b> - Comparativos das fatias e da vista aérea dos bolos sem glúten com preparados vegetais em pó substituto para ovos e bolo controle. ....	73

## LISTA DE ABREVIATURAS

%	Por cento
±	Mais ou menos
®	Marca registrada
° C	Graus celsius
CHO	Carboidratos totais
Cm	Centímetros
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
G	Gramas
g 100 g <sup>-1</sup>	Grama em 100 gramas
g cm <sup>3</sup>	Grama por centímetro cúbico
g s <sup>-1</sup>	Grama por segundo
H	Hora
IgE	Imonuglobulina E
Kg	Quilograma
Kmol	Quilomol
L	Litro
MBar	Milibar
Min	Minuto
ml	Mililitro
ml h <sup>-1</sup>	Mililitro por hora
Mm	Milímetro
mm min <sup>-1</sup>	Milímetro por minuto
N°	Número
NaCl	Cloreto de sódio
pH	Potencial hidrogeniônico
Ppm	Partícula por milhão
q.s	Quantum satis
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação
Rpm	Rotação por minuto
S	Segundo
TM	Marca comercial
UFC/g	Unidade de formação de colônias por grama

US \$	Dólares americanos
V	Volume

## LISTA DE SIGLAS

a*	Componente vermelho
AA	Alergia alimentar
AC	Ácido cítrico
AI	Intolerância alimentar
AP	Aquafaba em pó
AP-L	Aquafaba em pó seca por liofilização
APLV	Alergia a proteína do leite de vaca
AP-S	Aquafaba em pó seca por spray dryer
b*	Componente amarelo-azul
BC	Bolo controle
BSG	Bolo sem glúten
CAA	Capacidade de absorção de água
CAO	Capacidade de absorção de óleo
DC	Doença celíaca
EE	Estabilidade da espuma
FE	Formação de espuma
GB-C	Grão-de-bico cozido
GB-IN	Grão-de-bico in natura
GL	Graus de liberdade
INS	Sistema internacional de numeração de aditivos
L*	Luminosidade
MQ	Média quadrática
Nd	Não determinado
PL	Proteína de lentilha
SQ	Soma quadrática
TBCA	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TPA	Texture Profile Analysis

## LISTA DE ACRÔNIMOS

FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FDA	Food and Drug Administration
IBOPE	Instituto brasileiro de opinião pública e estatística
RDC	Resolução diretoria colegiada
TACO	Tabela brasileira de composição de alimentos
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
USA	Estados Unidos da América
USDA	United States Department of Agriculture

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1 Objetivo Geral .....	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>19</b>
3.1 Grão-de-bico .....	19
3.1.1 Aquafaba.....	20
3.2 Proteína de Lentilha.....	21
3.3 Ácido Cítrico .....	22
3.4 Glúten .....	24
3.4.1 Doença Celíaca, Intolerância ao Glúten Não Celíaca e Alergia ao Trigo .....	24
3.5 Ovos .....	25
3.6 Alergias e Intolerâncias Alimentares.....	26
3.7 Vegetarianismo e Dieta Isenta de Ovos .....	27
3.8 Perspectivas mercadológicas de substitutos de ovos .....	28
3.9 Aproveitamento de Resíduos Industriais e Secagem .....	30
3.10 Espumas .....	33
3.10.1 Capacidade de Absorção de Água e Óleo.....	34
3.11 Perfil de Textura .....	35
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>36</b>
4.1 Matérias-Primas e Reagentes .....	36
4.1.1 Elaboração da Aquafaba em Pó.....	36
4.1.2 Planejamento Experimental.....	38
4.1.2.1 Capacidade de formação de espuma (FE) e estabilidade da espuma (EE).....	40
4.1.2.2 Capacidade de absorção de água (CAA) .....	41
4.1.2.3 Capacidade de absorção de óleo (CAO).....	41
4.1.3 Formulação e Elaboração das Amostras de Bolos Sem Glúten.....	42
4.1.4 Estabilidade, Densidade e Perda de Umidade da Massa .....	43
4.1.5 Densidade e Volume Específico.....	44
4.1.6 Índice de Volume e Expansão .....	45
4.1.7 Análise de Cor.....	45
4.1.8 Perfil de Textura Instrumental .....	46
4.1.9 Análise da Composição Proximal .....	46
4.1.10 Análises Microbiológicas .....	49
4.1.11 Análise Sensorial.....	50
4.1.12 Análise Estatística .....	50
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>52</b>
5.1 Elaboração da Aquafaba em Pó e Caracterização do Grão-De-Bico .....	52
5.2 Desenvolvimento dos Preparados Vegetais em Pó .....	56
5.3 Propriedades Físico-Químicas dos Bolos e Aceitabilidade.....	67
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>76</b>
<b>ANEXO A</b> - Termo de consentimento livre e esclarecido na forma de convite para julgadores dos bolos - teste de aceitação. ....	90
<b>ANEXO B</b> – Termo de consentimento livre e esclarecido para a instituição participante da pesquisa. ....	94
<b>ANEXO C</b> - Ficha de levantamento de dados do perfil do provador.....	98



**ANEXO D - Ficha sensorial para o teste de aceitação e teste de intenção de compra..... 102**

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente houve um aumento no número de diagnósticos de alergias e intolerâncias alimentares, assim como, um aumento no número de indivíduos que se declaram vegetarianos. Este aumento gerou uma procura por alimentos que atendam esta demanda mercadológica crescente de produtos mais inclusivos (RONA *et al.*, 2007; BOYCE *et al.*, 2010; IBOPE, 2018;).

Com esta busca elevada a indústria se viu desafiada a desenvolver alimentos com características tecnológicas e nutricionais mais fidedignas aos tradicionais. Um desses alimentos que apresenta grande dificuldade em sua substituição são os ovos, visto que, além de possuírem um alto valor nutricional, boa acessibilidade, também tem características funcionais que deram origem a maioria dos conceitos e receitas na gastronomia mundial (ASHWINI; JYOTSNA; INDRANI, 2009; LIMA, 2010).

Atualmente, a produção de leguminosas está aumentando à medida que a população mundial aumenta, elas são fontes importantes de proteínas, amido e fibras alimentares. Podem ser consideradas ótimos substitutos a ovos em receitas. Todavia, seu uso isolado por muitas vezes não consegue atender a todas as características que os produtos precisam para gerar boas condições sensoriais (AGUILERA *et al.*, 2011; LIN *et al.*, 2017a).

O grão-de-bico é uma leguminosa que está ganhando cada vez mais o protagonismo na mesa dos brasileiros, e o seu processamento cozido gera por sua vez resíduos industriais, que na maioria das vezes é descartado. Este resíduo é conhecido como aquafaba, que nada mais é que a água resultante do cozimento do grão. Ela possui alta capacidade de formação de espuma, que quando isolada ou combinada com outros ingredientes pode gerar uma boa alternativa na substituição de ovos em preparações culinárias (KARACA; NICKERSON; LOW, 2013; AGUILAR *et al.*, 2015; SHIM *et al.*, 2018).

A proteína de lentilha também é um ingrediente considerado promissor como substituto de ovos, pois, além da capacidade proteica e nutricional, possui alta capacidade de formar espumas estáveis (BOYE *et al.*, 2010; JOSHI *et al.*, 2012; JARPA-PARRA *et al.*, 2014; JARPA-PARRA *et al.*, 2015).

Desta forma, este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um preparado vegetal de aquafaba em pó, proteína de lentilha e ácido cítrico, e

aplicação tecnologicamente como substituto para ovos em receitas de bolos sem glúten. Buscando desenvolver um produto com características estruturais e nutricionais, que atenda a demanda mercadológica do consumidor final e da indústria de alimentos, bem como, o aproveitamento de um resíduo que seria descartado no processamento do grão cozido.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um preparado vegetal em pó a partir da água residual do cozimento do grão-de-bico (aquafaba), proteína vegetal de lentilha e utilizá-lo como substituto de ovos em receitas de bolo sem glúten.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Obter um produto em pó (aquafaba em pó), a partir da água do cozimento do grão-de-bico, através da técnica de secagem utilizando spray dryer;
- Caracterizar o grão-de-bico *in natura* e cozido, da aquafaba líquida e em pó pelas análises da composição proximal;
- Estudar o efeito de diferentes proporções de aquafaba em pó, proteína vegetal de lentilha, e ácido cítrico na produção de um preparado vegetal em pó para substituição de ovos em bolos sem glúten, através do uso de um planejamento de mistura com restrições de mínimo e máximo;
- Avaliar o efeito das misturas propostas no planejamento sobre a capacidade de absorção de água (CAA), capacidade de absorção de óleo (CAO) de formação de espuma (FE) e a estabilidade da espuma (EE);
- Otimizar as proporções de aquafaba em pó, proteína de lentilha, e ácido cítrico de modo a obter a maior FE e EE usando a resposta da otimização;
- Desenvolver uma mistura de preparado vegetal em pó na condição otimizada com base no planejamento de mistura e aplicar em um bolo sem glúten de modo a substituir os ovos; comparar com um bolo controle com ovos;
- Avaliar a estabilidade, densidade e perda de umidade da massa do bolo (crua); índice de volume, expansão, padrões microbiológicos, densidade e volume específico, cor e perfil de textura do bolo (assado), composição proximal dos bolos e preparados vegetais;

- Avaliar a aceitabilidade e intenção de compra dos bolos sem glúten com preparado vegetal em pó substituto para ovos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Grão-de-bico

O grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) é uma leguminosa de ciclo anual pertencente à família das *Fabáceas*, subfamília *Papilionoideae*, podendo atingir de 20 a 50 centímetros de altura. Em toda a sua extensão é coberta com pêlos granulados claviformes, tendo sua raiz principal bem desenvolvida e um grande número de raízes laterais com grandes nódulos. Suas folhas têm em média 5 cm de comprimento com coloração que varia de verde amarelado a verde escuro, possui flores brancas que desenvolvem uma vagem (bainha) com 2 a 3 grãos em seu interior. Os grãos são separados em dois principais grupos, o tipo *Desi* e o *Kabuli* (SHARMA, 1984; GAUR *et al.*, 2010).

Os grão-de-bico do tipo *Desi* possuem sementes coloridas e grossas, que variam de tons de verde, preto, amarelo e marrom. As sementes deste grupo são pequenas e angulares, com uma superfície rugosa. O tipo *Desi* representa cerca de 80 a 85% da produção mundial. Todavia, o grão-de-bico do tipo *Kabuli* é caracterizado por uma semente de tamanho maior de formato arredondada, com superfície lisa e coloração que varia de tons de bege ou creme. O tipo *Kabuli* em comparação com o tipo *Desi* possuem níveis mais altos de sacarose e níveis menores de fibras (GAUR *et al.*, 2010).

Segundo Singh (1997) o grão-de-bico uma das primeiras leguminosas com aptidão de produção de grãos a serem domesticadas. Todavia, para a produção necessitasse de um clima seco e frio, com solo leve e arejado. A dificuldade de expansão do cultivo em climas mais tropicais e úmidos se deve a dificuldade de floração e a não tolerância a chuvas pesadas (SHARM, 1984).

O grão-de-bico desempenha um papel fundamental na alimentação de milhões de pessoas no mundo, considerada a terceira leguminosa mais cultivada no mundo, principalmente na Índia, onde é consumida e produzida em larga escala, sendo o maior produtor mundial, responsável por cerca de 70% da produção mundial o que equivale a 9 milhões de toneladas (NASCIMENTO, 2016; FAO, 2018).

No Brasil o tipo mais consumido do grão-de-bico é do tipo *Kabuli*, porém, a produção desta leguminosa ainda não é muito difundida em território nacional, devido ao clima e os hábitos alimentares da população. A produção Brasileira é insuficiente para atender o mercado consumidor interno, dependendo de importações principalmente da Argentina e do México. As importações de grão-de-bico atuais giram em torno de 8.000 toneladas ao ano, movimentando cerca de US \$ 9 milhões (NASCIMENTO, 2016).

Em 2017, segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) o grão-de-bico foi cultivado em mais de 80 países, com destaque para produção de mais de 2 milhões de toneladas na Austrália. Destacam-se também as produções de países como: Myanmar, Etiópia, Turquia, Rússia, Paquistão, USA, Iran, México, Tanzânia, Canada, Argentina, Espanha e Síria com respectivamente, cerca de 526, 500, 470, 418, 330, 313, 271, 188, 108, 95, 74, 56 e 52 mil toneladas.

O grão-de-bico é uma leguminosa conhecida pelo seu alto teor proteico, porcentagem de fibra alimentar, lecitina, folato, minerais e carboidratos complexos (AVANCINI, *et al.* 1992; TACO, 2011). A proteína presente neste grão se mostrou, em vários estudos, um bom agente emulsificante, apresentando formação de espuma e capacidade de ligação com a gordura, surtindo efeito positivo em panificados sem glúten (KARACA; LOW; NICKERSON, 2011; AGUILAR *et al.*, 2015; SHIM *et al.*, 2018). Segundo as análises realizadas por Karaca, Low e Nickerson (2011) os isolados de grão-de-bico e proteína de lentilha são alternativas como estabilizantes em emulsões óleo em água.

### 3.1.1 Aquafaba

O cozimento do grão-de-bico resulta em um resíduo viscoso conhecido popularmente como aquafaba, este líquido geralmente é descartado pela indústria (SHIM *et al.*, 2018). Em 2014, Joel Roessel em busca de substituto para ovos descobre a aquafaba, após realizar tentativas com outros alimentos como o feijão. A partir desta descoberta gastronômica aumentou-se o interesse em espumas de origem vegetal (MONTEIRO, 2017).

Segundo Shim *et al.* (2018) a aquafaba possui mais de 20 compostos, dentre eles frações proteicas e carboidratos, estes, contribuem para a formação de espuma. A aquafaba possui frações das globulinas e albuminas encontradas no grão-de-bico *in natura*, além dessas proteínas podemos encontrar as saponinas, as quais possuem propriedades de redução da tensão superficial da água e ação detergente. Essas características são primordiais na formação de espuma a partir de aquafaba, pois, desta forma a incorporação de ar e deslocam a interface, como ocorre na clara do ovo (RAYMUNDO; EMPIS; SOUSA, 1998; PORTARI *et al.*, 2005; GARBA; KAUR, 2014;)

Segundo Stantiall *et al.*, (2018) a aquafaba, por causa da sua composição, possui uma boa capacidade de formação de espuma e gelificação. Em 2006 Alajaju e El-Adawy demonstraram que se pode alcançar espumas estáveis com o uso de polissacarídeos solúveis em água e proteínas presentes na farinha do grão-de-bico. Isso pode ser explicado pelo fato de a albumina obtida através do grão-de-bico ter altas propriedades emulsionantes (DEEP SINGH *et al.*, 2008).

Alsaman *et al.*, (2020) observaram que um tempo maior de cozimento afetam na no percentual de carboidratos, fibras e proteínas presentes na aquafaba, onde a cocção em torno de 60 minutos se mostrou mais eficaz para a extração proteica. Outro ponto observado foi uma relação crescente entre o tempo e a capacidade e estabilidade da emulsão, ou seja, as proteínas desnaturadas em maior tempo de cocção elevaram as propriedades de emulsão, pois, as áreas hidrofóbicas das mesmas foram expostas.

### **3.2 Proteína de Lentilha**

A lentilha (*Lens culinaris*) é uma leguminosa originária da região mediterrânea, geralmente cultivada em clima temperado. A faixa de temperatura de 15 a 25 °C é considerada ideal para o cultivo. Esta semente é considerada de alto valor nutricional, de fácil cocção e paladar agradável (GIORDANO *et al.* 1993).

Possui uma excelente composição de vitaminas, minerais (principalmente ferro e zinco), proteínas e fonte de fibras alimentares. Nestas



características nutricionais temos um destaque para a proteína, que possui uma boa composição de aminoácidos, alta digestibilidade, boa capacidade de formação de espuma e emulsificação (BOYE *et al.*, 2010; JOSHI *et al.*, 2012; JARPA-PARRA *et al.*, 2014, JARPA-PARRA *et al.* 2015;).

A proteína da lentilha tem uma solubilidade em diversos solventes, e suas proporções tem influência derivada do genótipo da planta, a principal fração encontrada (46,3%) são de globulinas, proteínas solúveis em soluções salinas. As albuminas, proteínas solúveis em água são encontradas em menor proporção (29,3%), seguidas das gluteínas (20,3%) solúveis em soluções ácidas e em menores teores nas sementes da lentilha podem ser encontradas as prolaminas (1,6%) proteínas essas solúveis em etanol (DANIELSSON, 1950; SULIEMAN *et al.*, 2008; BOYE *et al.*, 2010).

Devido a essas habilidades a proteína de lentilha tem um bom potencial de uso como ingrediente substituto para proteínas animais, como as dos ovos. Sua utilização em produtos de panificação à base de cereais pode levar a ao desenvolvimento de novos produtos alimentícios com melhor valor nutricional, devido ao fato de possuir um alto teor de lisina (GÓMEZ *et al.*, 2008).

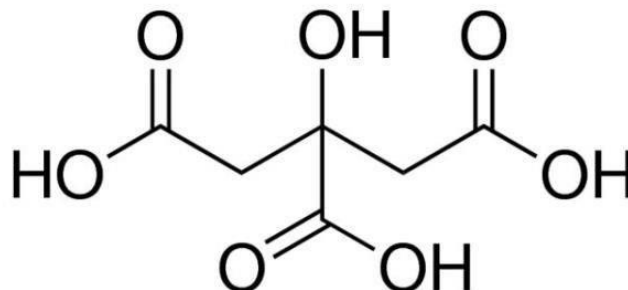
### 3.3 Ácido Cítrico

O ácido cítrico (ácido 2-Hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico),  $C_3H_5O(COOH)_3$  (**Figura 1**) é o composto orgânico responsável pela acidez das frutas cítricas, é cristalino, sabor ácido e inodoro. Possui massa molecular de 192,13 kg. kmol<sup>-1</sup>, temperatura de decomposição de 175 °C e ponto de fusão de 153 °C. No uso industrial, o mesmo é fabricado através da fermentação aeróbica da sacarose ou dextrose com o uso de *Aspergillus niger*. É utilizado como conservante na indústria de alimentos, sendo classificado pela *Internacional Numbering System*, elaborado pela *Codex committee on Food Additives na Contaminants* como acidulante INS 330 (BRASIL, 2010; FIORUCCI; SOARES; CAVALHEIRO, 2001).

O ácido cítrico é encontrado em diversas espécies de plantas e animais, e possui a função de quelar íons metálicos formando ligações entre

metais e os grupos carboxila ou hidroxila da molécula de ácido. Desta forma, sua ação antioxidante deriva de seu efeito quelante de metais. Possui função no retardamento da deterioração de lipídios em alimentos, sendo amplamente utilizado na indústria de óleos e gorduras (PEREIRA, 2013).

**Figura 1** - Estrutura molecular espacial do ácido cítrico.



Fonte: PEREIRA (2013).

Na RDC nº 45 de 03 novembro de 2010 que dispõe sobre os aditivos alimentares autorizados para uso segundo as boas práticas de fabricação, caracteriza que o uso de ácido cítrico é autorizado no limite *quantum satis* (q.s.), ou seja, a quantidade de uso deve ser suficiente para obter o efeito tecnológico desejado, ao ponto de não alterar a identidade e a genuinidade do alimento. O ácido cítrico é altamente utilizado pela indústria de alimentos como acidulante, agente para intensificar o sabor, regulador de pH, antioxidante, agente tamponante e estabilizante (DEMAIN, 2000; BRASIL, 2010).

A utilização de ácido cítrico se baseia em três propriedades: acidez, sabor e formação de sal. Em doces é utilizado para prevenir a cristalização e inversão da sacarose e para prevenção do escurecimento do produto. Em gomas e geléias, além de acidulante e corretor de pH, com a presença de pectina ele auxilia no grau de adstringência, cor e sabor. Em óleos e gorduras atua na sinergia com outros antioxidantes e sequestrantes. Em sobremesas gelatinosas atua no ajuste de pH e fixação de consistência. Em xaropes e drinks, atua como acidulante e intensificador de sabor. Seu uso em frutas congeladas: atua sobre a neutralização do sabor. Em vinhos e cidras auxilia na prevenção da turbidez, prevenção do escurecimento, correção de pH e inibição da oxidação (GREWAL; KALRA, 1995; PERREIRA, 2013).

### 3.4 Glúten

O glúten pode ser encontrado em uma fração específica das proteínas, as prolaminas, presentes no trigo em forma de glutenina e gliadina, na cevada em forma de hordeína e no centeio em forma de secalina (DECHER; KRENITSHY, 2012). Inicialmente a proteína presente na aveia não contém glúten, todavia no Brasil o cultivo e processamento de aveia são realizados juntamente ao trigo, podendo ocorrer uma contaminação cruzada, tornando o cereal impróprio para o consumo de celíacos (VIEIRA, 2001).

#### 3.4.1 Doença Celíaca, Intolerância ao Glúten Não Celíaca e Alergia ao Trigo

Doença celíaca (DC) ou também conhecida como enteropatia por sensibilidade ao glúten, é uma afecção crônica associada a ingestão de glúten e proteínas similares. Ela atinge de 1 a 3% da população mundial, tendo como sintomatologia problemas relacionados ao sistema gastrointestinal, debilitação da absorção de vitaminas e minerais, desnutrição, declínio do sistema imune, entre outros (KOTZE; UTIYAMA, 2011; BARBOSA; RODRIGUES, 2012).

A sensibilidade ao glúten não celíaca é uma condição cuja as manifestações geram sintomas gastrointestinais, porém, não apresentam os mesmos sintomas que a DC, no qual o indivíduo ainda tolera certas frações de glúten. A alergia ao trigo é outra condição associada ao glúten, uma vez que os portadores apresentam resposta imune imediata que pode ser medida por IgE, gerando sintomas como fechamento da glote, dermatites entre outros.

Segundo Bricks (1994) doentes celíacos tem predisposição a desenvolverem outras intolerâncias e alergias alimentares, devido à alta agressão sofrida na integridade da mucosa intestinal. Partindo do princípio onde a dieta de exclusão do glúten (trigo) é o único tratamento para estas condições, a associação de alergias e outras intolerâncias alimentares (exemplo a alergia a ovos) reflete em uma redução da qualidade de vida, devido à dificuldade de acesso a alimentação especializada. Devido a isto, o desenvolvimento de produtos com menor potencial alergênico é de extrema importância (ARAÚJO, 2001; ARAÚJO *et al.*, 2010).

### 3.5 Ovos

Biologicamente os ovos são células embrionárias resultantes da fecundação de uma célula reprodutora feminina. Todavia, zootecnicamente pode ser classificado como um elemento de reprodução das aves, um produto de comercialização como alimento ou uma matéria prima para industrializados. Na indústria de alimentos, como matéria prima, não estando fecundado, são classificados biologicamente como óvulos (LIMA, 2010).

O ovo estruturalmente em seu interior é constituído de: gema, clara, albúmen e membranas. A gema é formada por camadas de coloração amarela, que se interligam por uma faixa mais densa chamada látebra que termina na porção do germe ou mancha germinativa. A membrana vitelina é o que separa a gema da porção da clara, estando disposta no sentido longitudinal do ovo e presa pelas chanlzas (LIMA, 2010).

A clara é formada por três camadas de material proteico que envolve a gema, sendo separada da casca através de uma estrutura chamada de membrana testácea. A clara ou albúmem é a principal fonte de riboflavina e proteínas do ovo. Os ovos de galinha pesam aproximadamente 57 g, sendo dividido, em média, em 11% de casca, 58% de clara e 31% de gema (LIMA, 2010; CANELLA-RAWLS, 2014).

Na **Tabela 1** podemos observar a composição de ovos, através de seus componentes nutricionais, de acordo com diferentes autores. Segundo Araújo *et al.* (2011) a composição do ovo pode variar de acordo com a idade, estirpe, linhagem, dieta das galinhas, temperatura e condições de armazenamento dos ovos. São compostos aproximadamente por 76,6% de água, 13,0% de proteínas, 10,0% lipídeos, 1,0% de sais e uma baixa quantidade de carboidratos. Além desses nutrientes são considerados uma fonte de vitaminas do complexo B, ferro, cálcio e vitaminas lipossolúveis. Por ser um produto de origem animal e de elevado teor proteico, o ovo é altamente perecível à ação do ambiente, por consequência tornando-se predisposto a perda de valor nutricional (MEDEIROS, 2014).

Tecnologicamente o ovo tem diversas funções, dentre elas a emulsificação, gelificação, adição de sabor e nutrientes, lubrificação, coloração e aglutinação. Apesar de seu alto potencial alergênico, a multifuncionalidade dos ovos na culinária e na indústria pode ser observada principalmente na preparação de bolos (ARAÚJO *et al.*, 2011; RATHI *et al.*, 2010).

**Tabela 1** - Referências de composição nutricional dos ovos de galinha por 100 g de parte comestível

Componentes	Umidade %	Carboidrato g	Proteínas g	Lipídeos g	Fibras alimentares g	Cinzas g
Ovos inteiros cru <sup>1</sup>	75,60	1,60	13,00	8,90	*	0,80
Ovos inteiros cru <sup>2</sup>	76,15	0,72	12,56	9,51	*	**
Ovos inteiros cru <sup>3</sup>	76,60	2,13	11,30	9,05	*	0,89
Gema crua <sup>2</sup>	52,31	3,59	15,86	26,54	*	**
Gema crua <sup>3</sup>	50,70	4,28	15,70	27,60	*	1,69
Clara crua <sup>2</sup>	87,57	0,73	10,9	0,17	*	**

Fonte: <sup>1</sup> Taco, 2011; <sup>2</sup> USDA, 2012; <sup>3</sup> TBCA, 2017.

Notas: \* Não detectado \*\*Não analisado

### 3.6 Alergias e Intolerâncias Alimentares

O Consenso Brasileiro sobre Alergia Alimentar (2018) define hipersensibilidade ou alergia alimentar (AA) como uma doença consequente da reação adversa do sistema imunológico a ingestão e/ou contato com um ou mais alimentos. Causada comumente por uma fração proteica ou hapteno. Haptenos são pequenas moléculas, que associadas a presença de proteínas transportadoras de grande porte, podem gerar resposta imunológica. Tendo como uma das principais formas de tratamento a exclusão do alimento que provoca alergia (MAHAN; ESCOTT-STUMP; RAYMOND, 2012; SOLÉ *et al.*, 2018).

Nos últimos anos o aumento da prevalência de alergias alimentares foi notado em diversas regiões do mundo, em média 170 alimentos já foram

identificados como potencialmente alergênicos, onde, os ovos possuem uma posição de destaque entre esses alimentos. As AA já são consideradas um problema crescente de saúde pública, devido ao aumento de 18% na prevalência em crianças entre os anos de 1997 e 2007 e prevalência de 4% a 8% em adultos. A alergia a ovos por exemplo, pode se manifestar em diversas idades, porém, acomete principalmente crianças menores de 2 anos (RONA *et al.*, 2007; BOYCE *et al.*, 2010; BURKS *et al.*, 2012; BRASIL, 2015; DUNLOP; KEET, 2018; SOLÉ *et al.*, 2018).

No Brasil a RDC n° 26 de julho de 2015 dispõe os principais alimentos considerados alergênicos (Trigo, centeio, cevada, aveia e suas estirpes hibridizadas, crustáceos, ovos, peixes, amendoim, soja, leite de todas as espécies de animais mamíferos, amêndoas, avelãs, castanha-de-caju, castanha-do-brasil macadâmias, nozes pecãs, pistaches, pinoli, castanhas e látex natural) que precisam ser declarados na rotulagem quando então presentes nos alimentos.

Em contrapartida, nos Estados Unidos e no Codex Alimentarius, além dos alimentos citados acima, soma-se a listagem de obrigatoriedade de rotulagem os alimentos que contenham concentrações maiores ou iguais a 10 ppm de sulfitos. A Austrália e a Nova Zelândia seguem este mesmo padrão dos Estados Unidos, todavia acrescentam-se a necessidade de rotulagem dos alimentos que contenham gergelim, geleia real, pólen e própolis. No Canadá a rotulagem também contempla a mostarda, gergelim e os moluscos. E, por fim, na União Europeia o aipo e o tremoço somam a lista dos alimentos considerados altamente alergênicos (FDA, 2004; BOYE *et al.*, 2010; AUSTRALIA, 2011; UNIÃO EUROPEIA, 2011; FDA, 2013; CODEX ALIMENTARIUS, 2018; CANADÁ, 2019).

### **3.7 Vegetarianismo e Dieta Isenta de Ovos**

Os padrões de dietas vegetarianas vêm ganhando cada vez mais adeptos ao redor do mundo, e o número de pessoas que deixam de consumir produtos de origem animal, por escolha, sobem a cada dia. Em abril de 2018 uma pesquisa, realizada pelo Instituto Brasileiro de Opinião Pública e

Estatística (IBOPE), constatou que 14% da população brasileira se declara vegetariana, o que representa cerca de 29,2 milhões de brasileiros.

Além das alergias alimentares, os ovos são excluídos em alguns padrões de dieta vegetariana. O padrão de dieta lactovegetariana exclui carnes e ovos, mas consome leite e seus derivados. Todavia, o padrão de dieta vegana ou vegetariana estrita exclui todos os alimentos de origem animal (MAHAN; ESCOTT-STUMP; RAYMOND, 2012).

### **3.8 Perspectivas mercadológicas de substitutos de ovos**

Há uma crescente demanda por produtos alimentícios com ingredientes de baixo potencial alergênico, onde a indústria alimentícia está sendo desafiada a redesenhar os alimentos tradicionais, a fim de atender a população com necessidades nutricionais específicas, mantendo o sabor e características dos originais (ASHWINI; JYOTSNA; INDRANI, 2009).

O consumo de bolos sem ovos pode ser considerada uma novidade no mercado, com finalidade de atender alérgicos a ovos, o público vegano e simpatizantes pelo modelo de alimentação à base de plantas, conhecido como *Plant-based*. A utilização de resíduos vegetais tem sido reconhecida por terem ótimas propriedades funcionais para aplicação em alimentos como substitutos as proteínas animais (ASLALMAN *et al.*, 2020).

Atualmente, os concentrados e isolados proteicos vegetais mais utilizados pela indústria alimentícia são derivados de soja e trigo. Devido ao seu potencial alergênico, os fabricantes no geral estão em busca de novas alternativas para atender a demanda dos consumidores. Esta busca se dificulta, pois, ao mesmo tempo que a proteína tem que atender as demandas tecnológicas, também precisa atender as necessidades nutricionais (BOYE *et al.*, 2010)

As proteínas derivadas de grão-de-bico e lentilha vêm sendo utilizadas com maior ênfase, devido ao seu baixo potencial alergênico e qualidade nutricional, especialmente quando combinadas entre si ou com cereais,

gerando uma combinação mais completa de aminoácidos, vitaminas e minerais. Entretanto, ao compararmos a proteína vegetal com a animal, ainda existem algumas barreiras ligadas a fatores anti-nutricionais, como fitato, inibidores de protease e lectina. Todavia, métodos de processamento como tratamento térmico, fermentação, entre outros, podem melhorar significativamente a digestibilidade e valor nutricional desses ingredientes (BOYE *et al.*, 2010; MAHAN; ESCOTT-STUMP; RAYMOND, 2012).

Segundo Shim *et al.* (2018) o aumento do mercado de produtos substitutos vegetais para ovos prevê para os próximos 8 anos uma taxa de crescimento de 5,8% ao ano, com vendas de até 1,5 bilhões de dólares para 2026. Tecnicamente o ovo tem diversas funções, dentre elas a emulsificação, gelificação, adição de sabor e nutrientes, lubrificação, coloração e aglutinação. A multifuncionalidade dos ovos na culinária e na indústria podem ser observadas principalmente na preparação de bolos, o que torna a sua substituição ainda mais complexa (RATHI, *et al.* 2010; ARAÚJO, *et al.* 2011; CANELLA-RAWLS, 2014; LIN *et al.*, 2017b).

Inúmeros estudos avaliaram potenciais substitutos aos ovos em receitas e preparações, como a soja e proteína de soja (LIN *et al.*, 2017a; RAHMATI, MAZAHARI; TEHRANI, 2014), proteína de ervilha (HOANG, 2012; LIN *et al.*, 2017b), lecitina de soja, mono e diglicérides, amido de milho (LIN *et al.*, 2017a), hidrocolóides e emulsificantes (TURABI; SUMNU; SAHIN, 2008; ASHWINI; JYOTSNA; INDRANI, 2009; LIN *et al.*, 2017a), semente de tremoço (ARAZARENA *et al.*, 2001) e chia (BORNEO; AGUIRRE; LEÓN, 2010, GALLO, 2015). Porém, poucos estudos utilizaram um conjunto de substitutos com a finalidade de agregar características funcionais e nutricionais do ovo simultaneamente (LIN *et al.*, 2017a; LIN *et al.*, 2017b).

As proteínas vegetais vêm ganhando uma maior visibilidade e se tornando uma tendência na indústria de alimentos. Mao e Miao (2015) descrevem que o uso de proteínas e emulsificantes de origem vegetal podem fornecer nutrientes adicionais em formulações, trazendo a indústria novas opções de substituição de ovos em preparações.

Lafarga *et al.*, (2020) relata que os Chefes de cozinha mundialmente se desdobram para enriquecer pratos da gastronomia tradicional com espumas e



emulsões comestíveis. A comercialização e o consumo de espumas como chantilly, merengues ou mousse são hábitos comuns, todavia, nas últimas décadas a procura por estes produtos devido a novos ramos da gastronomia moderna deixou esta técnica em evidência, e com isso, trazendo o desenvolvimento de produtos derivados de outros ingredientes sem ovos.

Cabanillas, Jappe e Novak (2018) relatam que as leguminosas são ricas fontes de proteínas, e que possuem um grande potencial para serem utilizadas na criação de espumas e emulsões. Porém, ainda existem poucos estudos que avaliam as propriedades funcionais de leguminosas como grão-de-bico e lentilha. Tetrick *et al.* (2014) utilizaram uma proteína vegetal juntamente a um emulsificante em métodos distintos para simular as propriedades emulsionantes da clara do ovo, com a finalidade de produzir um substituto para ovos.

De acordo com uma pesquisa realizada pela Persistence Market Research®, uma empresa de pesquisa de mercado global de produtos, o mercado de substituto de ovos terá um crescimento significativo de receita até o ano de 2029. Após inúmeros problemas relacionados a indústria de ovos, o impacto gerado no preço deste item, somado com o aumento das alergias e preferências alimentares sem ovos, instigou a indústria a o desenvolvimento de novos produtos (PERSISTENCE MARKET RESEARCH, 2019).

A empresa de pesquisa global Zion Market Research® realizou uma pesquisa de mercado sobre o histórico comercialização nos anos de 2016 a 2018 de produto e ingredientes substitutos de ovos, onde estipulou que este mercado deverá gerar cerca de US \$ 1.623 milhões, até 2025, em vendas de produtos com esta finalidade. Afirmado ainda que este mercado tem perspectivas promissoras em nível mundial pelo fomento das novas tecnologias envolvidas.

### **3.9 Aproveitamento de Resíduos Industriais e Secagem**

As propriedades funcionais e tecnológicas de um ingrediente, podem ou não estarem diretamente ligadas aos seus fatores nutricionais, podendo incidir

diretamente na aparência física do alimento, bem como, no seu comportamento e influenciar no consumo. Estas propriedades estão relacionadas aos aspectos químicos, como por exemplo as proteínas, que possuem capacidade de alterar a formação e estabilidade de emulsão, formação de espumas, formação de gel, capacidade de absorção de água, entre outras. A utilização de farinhas vegetais em matrizes alimentares com finalidades específicas irá depender do comportamento tecnológico, desta forma, é de suma importância a caracterização antes da aplicação (MIZUBUTI *et al.*, 2000; GUIMARÃES *et al.*, 2012; TAVARES *et al.*, 2012).

A indústria de alimentos procura cada vez mais alternativas para o uso completo dos alimentos, afim de evitar o desperdício, isso não é diferente no Brasil, onde os resíduos produzidos podem ser utilizados de uma maneira mais benéfica ao meio ambiente e ao ser humano. Muitas matérias primas ao serem processadas geram resíduos que podem ser utilizados, como por exemplo as sementes das frutas que tem um alto potencial nutritivo, e por muitas vezes são descartadas (KOBORI; JORGE, 2005).

O uso global dos resíduos possui certa dificuldade devido ao fato de os alimentos sofrerem em sua grande maioria uma deterioração rápida, o que dificulta a utilização e emprego deste ingrediente alternativo como matéria prima. A utilização de técnicas de conservação como a secagem são altamente promissoras, pois ao reduzirmos a quantidade de água, não reduzimos somente o peso final dos produtos, mas também geramos condições desfavoráveis para o crescimento microbiano, aumentando a vida de útil, e consequentemente reduzindo o custo de transporte e armazenamento. Produtos menos sensíveis ao serem submetidos a secagem, conservam várias de suas características físicas e nutritivas, e podem retornar ao aspecto natural, com poucas alterações quando reconstituídos em água (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2003).

A liofilização é um método de secagem amplamente utilizados para produtos sensíveis ao calor, tais como: ingredientes na indústria alimentícia e farmacêutica, estabilização de culturas microbianas, restauração de livros, conservação de animais para exposição, dentre outras aplicações. O processo de liofilização é uma ótima alternativa para melhorar a estabilidade, já que no

estado seco reações indesejáveis de degradação são retardadas (CAPELA *et al.*, 2006; HER; KIM; LEE, 2015; MORAIS *et al.* 2016).

A eficiência de diferentes modos de secagem pode ser visivelmente melhorada pela aplicação de um pré-tratamento, no caso da liofilização o congelamento provoca o dano das membranas celulares e acelera processos de transferência de massa e calor sem mudanças indesejáveis nos alimentos tecidos (DALMAU *et al.*, 2017).

O processo de secagem de um produto congelado usando vácuo foi descrito pela primeira vez em 1906, mas permaneceu como uma prática laboratorial até a segunda guerra mundial, quando foi usado como um processo industrial. A liofilização é capaz de melhorar a estabilidade e facilitar o manuseio do produto final. Como os processos são realizados em baixa temperatura, eles apresentam um risco menor para produtos lábeis do que para as altas temperaturas usadas na secagem por pulverização (MORAIS *et al.* 2016).

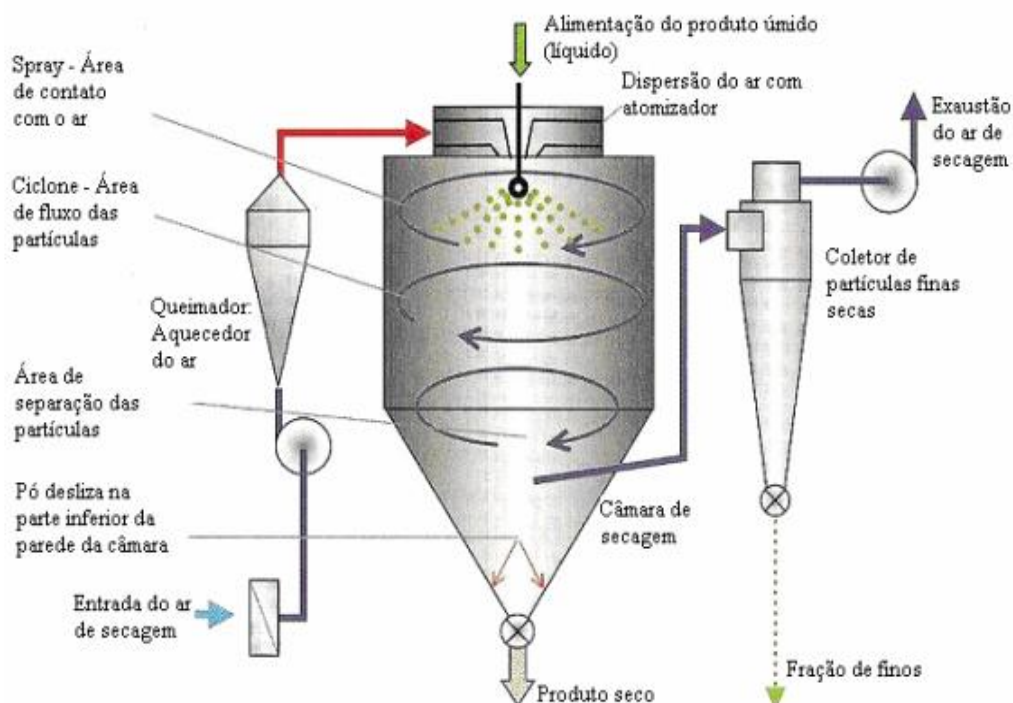
Em comparação com outros métodos de secagem, a liofilização é a melhor maneira de manter a nutrição, cor, estrutura e sabor de todos os tipos de alimentos. Todavia as desvantagens do ultracongelamento e às baixas pressões aplicadas tornam este processo caro e restringe seu uso. O equipamento, bem como, as etapas operacionais envolvidas, a restrição da quantidade por batelada e o tempo do processo de secagem, eleva muito o seu custo, refletindo no preço do produto final (FELLOEWS, 2000).

Outro método de secagem que vem sendo amplamente utilizado é a secagem por *spray dryer*, que nada mais é do que a transformação de um produto no estado líquido para o estado sólido em forma de pó. Este processo de secagem baseia-se nos princípios de secagem por convecção, e ocorre em um equipamento que realiza a dispersão de gotículas do material líquido em forma de *spray* ou nuvem em uma câmara com ar aquecido, levando a desidratação momentânea e rápida do material. O material pode estar na forma de solução, suspensão ou pasta, podendo resultar em partículas isoladas, grânulos ou aglomerados (MASTERS, 2002).

Na Figura 2 está disposto um diagrama básico do fluxo para secagem em *Spray dryer*. Este processo de secagem por atomização ou pulverização na maioria das vezes é contínuo, sendo caracterizado por um tempo mais curto

em comparativo com os demais métodos. É utilizado em grande escala na indústria alimentícia para a fabricação de leite em pó e café solúvel. Este processo é baseado em quatro fases: atomização (pulverização) do líquido; contato do líquido atomizado com o ar quente; evaporação da água e separação do produto em pó do ar de secagem (MASTERS, 2002).

**Figura 2** - Diagrama de fluxo de secagem por uso de *Spray dryer*



Fonte: (MASTERS, 2002).

### 3.10 Espumas

As espumas são: uma fase contínua aquosa e uma fase dispersa gasosa (ar). Muitos alimentos consumidos são produtos de um tipo de espuma, tais como: *chantilly*, sorvete, merengues, suflês, mousses, pães, bolos, entre outros. Em sua maioria, nestes produtos, as proteínas desempenham um papel de agentes ativos de superfície que contribuem na formação e na estabilidade da fase dispersa (DAMODARAN, 2010).

A capacidade de formar espuma pode ser definida como a capacidade de uma proteína de gerar área interfacial, ou seja, de formar uma película fina e

resistente na interface líquido-gás, de modo a incorporar uma grande quantidade de bolhas de gás que possam ser estabilizadas. E a estabilidade da espuma pode ser definida como a capacidade de uma proteína de manter a espuma em relação as tensões gravitacionais e mecânicas que podem ser geradas (DAMODARAN, 2010).

Tanto a capacidade de formação de espuma quanto a estabilidade da espuma estão ligadas a capacidade de absorção de água e de óleo.

### 3.10.1 Capacidade de Absorção de Água e Óleo

A capacidade de absorção de água (CAA) é definida como a quantidade de água absorvida por grama de proteína. Alguns materiais podem conter mais de 50% de água, e a CAA baixa pode contribuir para uma perda de líquido durante o processamento e alterar a textura do produto final (LIN; ZAYAS, 1987).

Uma boa capacidade de absorção de água em formulações depende da granulometria das farinhas, a quantidade de fibras e características químicas do produto. Perez e Germani (2004) afirmam que o aumento da CAA é desejável para produtos panificados, visto que, permite maior incorporação de água na massa, aumentando o rendimento dos produtos finais. A CAA também está relacionada com a capacidade de formação de géis de moléculas de amido e a disponibilidade de grupos hidrofílicos em se ligar com moléculas de água (DING *et al.*, 2006).

A capacidade de absorção de óleo (CAO) é definida pela quantidade de óleo absorvida por grama de proteína. Os valores de CAO pode ser influenciada pela estrutura da matriz de uma proteína, pelo tipo de lipídeo presente e sua distribuição e estabilidade (LIN; ZAYAS, 1987; HALL, 1996).

A CAO está relacionada com a capacidade de sítios apolares de cadeias proteicas se aprisionarem no óleo, desta forma, esta capacidade pode ser afetada pela desnaturação proteica e processos de extrusão, que por sua vez podem provocar interações hidrofóbicas entre cadeias apolares dos lipídeos e grupos de aminoácidos lipofílicos das cadeias proteicas, alterando a hidrobicidade (ZENGH *et al.*, 2008).

### 3.11 Perfil de Textura

A análise do perfil de textura é realizada através do teste TPA (*Texture profile analysis*), onde uma amostra de alimento de um tamanho pré-determinado é colocada em uma placa base e comprimida e descomprimida por duas vezes, este processo é realizado para mimetizar a ação da mastigação dos dentes. Nele o alto pico de força gerado pela chamada primeira mordida é definido como dureza, ou seja, é a força necessária (no caso de sólidos) para comprimir os alimentos entre os dentes. O parâmetro coesão é definido como a força positiva sob a primeira e a segunda compressões. A área de força negativa da primeira mordida é definida como adesividade, em outras palavras, simula a força necessária para remover o material que adere ao o palato durante o processo normal de alimentação (BOURNE, 2002).

A distância em que os alimentos recobram sua altura durante o tempo decorrido entre o final da primeira mordida e a segunda é definido como elasticidade, ou seja, a força a qual a amostra retorna ao seu tamanho após compressão parcial. A partir desses parâmetros podemos calcular o a mastigabilidade, que nada mais é o período de tempo necessário para mastigar uma amostra a uma constante aplicação da taxa de força para reduzi-la a uma consistência adequada para deglutição (BOURNE, 2002). A avaliação destes parâmetros é de suma importância no desenvolvimento de novos alimentos e técnicas. Visto que é de rápido manuseio e baixo custo.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do preparado vegetal em pó, das espumas e dos bolos, foram utilizados os laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Medianeira.

### 4.1 Matérias-Primas e Reagentes

O grão-de-bico (50 kg), de origem Argentina, foi adquirido de um único lote pela importadora de grãos Rmoura Comercio de Cereais. A proteína de lentilha, de origem Indiana, foi fabricada pela Urban platter®. O ácido cítrico utilizado foi da marca Mix® (São Bernardo do Campo, São Paulo). As demais matérias-primas utilizadas para a elaboração dos bolos foram adquiridas de marcas comerciais disponíveis no comércio local de Foz do Iguaçu e Medianeira – PR.

#### 4.1.1 Elaboração da Aquafaba em Pó

Para obtenção da aquafaba em pó, primeiramente obteve-se a aquafaba líquida (AL), onde foram utilizados grãos-de-bico do genótipo Kabuli, tamanho aproximado de 9 mm. Os grãos passaram por um processo de cocção em panela de pressão (panela de pressão em alumínio, capacidade 10 L, Clock®, São Paulo) de acordo com a Figura 3. Para cada 2 kg de grão foram adicionados 6 litros de água potável (1:3). Após 30 min de cocção, desligou-se a panela e aguardou-se 20 min para saída completa da pressão, em seguida os grãos foram separados com o uso de uma peneira de malha de aço inoxidável para isolar o líquido. O líquido resultante do cozimento dos grãos foi levado novamente para panela para um processo de redução em fogo alto por 20 min. Após este processo, a aquafaba foi peneirada novamente, para retirada completa de qualquer resíduo dos grãos, e fracionada em porções de 1 L para ser conduzida ao processo de secagem.

**Figura 3** - Ilustração do esquema de produção de aquafaba líquida.



Fonte: O autor (2020).

A AL inicialmente foi submetida a um processo de secagem por sublimação através do uso de um Liofilizador (FreeZone – Freeze Dry System 12 L), a AL foi congelada a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  em bandejas de alumínio em porções de 250 g, e liofilizada em pressão absoluta menor que 0,8 mBar, temperatura de aquecimento de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 48 h. Os parâmetros foram estabelecidos com teste preliminares. Para cálculo do rendimento da aquafaba em pó liofilizada foi utilizada a Equação (1).

$$\% \text{ Rendimento} = (\text{AP.L} \times 100 / \text{AL}) \quad (1)$$

Onde: AP.L é a massa, em g, da aquafaba em pó liofilizada; e AL é a massa, em g, da aquafaba líquida.

Para obtenção da aquafaba em pó (AP), para o preparado vegetal em pó, foi realizado um processo de secagem por atomização na AL, utilizando o equipamento *spray dryer* (MSD 1.0, Labmarq, São José do Rio Preto, São Paulo). Foram adicionados um litro de AL em temperatura ambiente ( $23 - 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) em um béquer, e dentro do mesmo foi inserido a mangueira de sucção do atomizador. Para a secagem foi utilizado os seguintes parâmetros: bico injetor com orifício de 3 mm de diâmetro, temperatura na câmara de secagem de  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  e vazão de  $60\text{ mL h}^{-1}$ . Estes parâmetros foram determinados após a realização de pré-testes com a amostra. Após a secagem, o material foi pesado



e armazenado em potes com vedação hermética para evitar a absorção da umidade do ar.

#### 4.1.2 Planejamento Experimental

Para elaboração do preparado vegetal em pó substituto de ovos nas formulações de bolos foram utilizados diferentes concentrações de aquafaba em pó (AP), proteína de lentilha (PL) e ácido cítrico (AC), determinadas através de uma matriz de planejamento de misturas com restrições inferiores e superiores de 3 componentes, Tabela 2, totalizando 12 ensaios, sendo 11 ensaios gerados pelo pacote computacional e 1 ponto de repetibilidade, centro geométrico (Tabela 3).

**Tabela 2** - Restrições inferiores e superiores estabelecidas para cada componente da mistura

Variável da mistura	Restrições
AP (%)	$30 \leq x_1 \leq 81$
PL (%)	$20 \leq x_2 \leq 65$
AC (%)	$3 \leq x_3 \leq 14$

AP = aquafaba em pó (g); PL = proteína de lentilha (g); AC = ácido cítrico.

Fonte: O autor (2020).

As faixas inferiores e superiores de AP para a matriz do planejamento de misturas foram calculadas com base no rendimento do processo de secagem por liofilização, uma vez que o processo de secagem por *spray dryer* possui um fator de perda associado a aderência na câmara de atomização. As faixas da PL foram determinadas de acordo com as melhores condições para espumas e emulsões descritas na literatura (LADJAL-ETTOUMI *et al.*, 2016; JARPA-PARRA *et al.*, 2017; PRIMOZIC *et al.*, 2017; TABILO-MUNIZAGA *et al.*, 2019). A adição de AC foi utilizada com o objetivo de estabilizar a espuma; a faixa dessa variável foi calculada com base na quantidade de AC presente em 10 a 20 g de suco de limão, para a não obtenção um sabor residual excessivamente ácido na mistura. A adição de ácido é utilizada na preparação de merengues vegetais para obter maior estabilidade (KOHAIJDOVÁ; KAROVIČOVÁ; MAGALA, 2013; MONTEIRO, 2017; LAFARGA *et al.*, 2019).

Na Tabela 3 são detalhadas as porcentagens das composições em 10 gramas do preparado vegetal em pó e as proporções do mesmo solubilizado em 100 mL de água. Na Figura 4 está apresentada a região experimental delimitada pelas restrições inferiores e superiores do planejamento de mistura.

**Tabela 3** - Composições (%) obtidas através do planejamento de misturas com restrições de mínima e máxima.

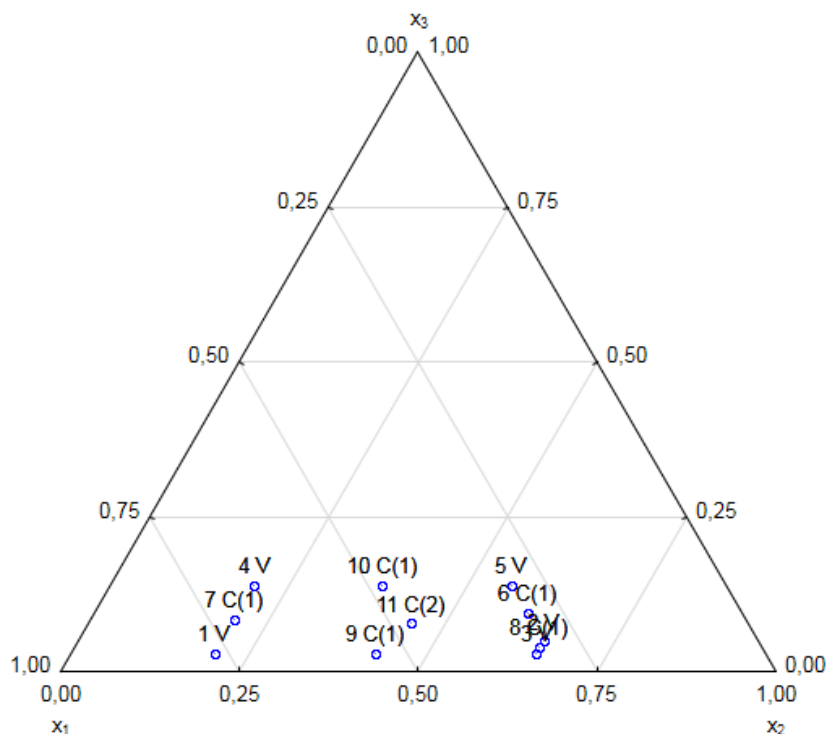
Composição	Proporções (%) em 10 gramas de preparado vegetal em pó			Proporções (%) solubilizado em 100 mL de água		
	x <sub>1</sub> (g)	x <sub>2</sub> (g)	x <sub>3</sub> (g)	x <sub>1</sub> (g)	x <sub>2</sub> (g)	x <sub>3</sub> (g)
1	30,00	65,00	5,00	2,73	5,91	0,45
2	77,00	20,00	3,00	7,00	1,82	0,27
3	32,00	65,00	3,00	2,91	5,91	0,27
4	30,00	56,00	14,00	2,73	5,09	1,27
5	66,00	20,00	14,00	6,00	1,82	1,27
6	30,00	60,50	9,50	2,73	5,50	0,86
7	71,50	20,00	8,50	6,50	1,82	0,77
8	31,00	65,00	4,00	2,82	5,91	0,36
9	54,50	42,50	3,00	4,95	3,86	0,27
10	48,00	38,00	14,00	4,36	3,45	1,27
11	47,00	45,20	7,80	4,27	4,11	0,71
12	47,00	45,20	7,80	4,27	4,11	0,71

x<sub>1</sub> = aquafaba em pó (g); x<sub>2</sub> = proteína de lentilha (g); x<sub>3</sub> = ácido cítrico.

Fonte: O autor (2020).

As variáveis respostas para a matriz do planejamento de mistura foram a capacidade de formação de espuma (FE), estabilidade da espuma (EE), capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO).

**Figura 4** - Região experimental para otimização da composição de diferentes misturas de preparado vegetal em pó após a aplicação de restrições superiores e inferiores dos níveis de aquafaba em pó, proteína de lentilha e ácido cítrico.



Fonte: O autor (2020).

#### 4.1.2.1 Capacidade de formação de espuma (FE) e estabilidade da espuma (EE).

A FE e EE foram determinadas conforme Liu *et al.* (2010) com adaptações. Um volume de 20 mL de cada ensaio foi transferido para um béquer de 250 mL e homogeneizado utilizando um agitador mecânico (modelo 713D, Fisatom, São Paulo, Brasil) com hélice tipo centrífuga (Dissolutora;  $\varnothing 5 \times 28$  cm), em velocidade de aproximadamente 5000 rpm, durante 4 min. Após a homogeneização, a espuma foi transferida imediatamente para uma proveta de 100 mL e o volume foi medido no tempo 0 e após 30 min para a determinação de FE e EE, conforme as Equações (2) e (3), respectivamente.

$$\%FE = (VE_0/V \text{ amostra}) \times 100 \quad (2)$$

$$\%EE = (VE_{30}/VE_0) \times 100 \% \quad (3)$$

Onde: V amostra é o volume da amostra inicial (20 mL); VE0 é o volume de espuma gerado inicialmente após a homogeneização (tempo = 0); e VF30 é o volume da espuma restante após 30 minutos.

As medidas foram expressas pela média  $\pm$  desvio padrão em %.

#### 4.1.2.2 Capacidade de absorção de água (CAA)

A CAA foi determinada de acordo com a metodologia de Köhn *et al.* (2015) e Beuchat (1977), com adaptações. Foram adicionados 1,50 g de cada ensaio em tubos Falcon de 50 mL, com 7,5 mL de água destilada. Em seguida, foi realizada a agitação das amostras em Vórtex (modelo LSM56-4, Logen, São Paulo, Brasil) por 1 min, seguido pelo repouso por 30 min e centrifugação a 25°C a 5000 rpm, durante 30 min (modelo CT 5000-R, Cientec, São Paulo, Brasil). O sobrenadante foi escorrido cuidadosamente por 20 minutos e descartado. Por fim, pesou-se o tubo com o resíduo em balança analítica (modelo AW220, Marte, São Paulo, Brasil). Os resultados foram determinados pela média  $\pm$  desvio padrão em % conforme a Equação (4) e expressos em g de água absorvido por 100 g (%) de preparado vegetal.

$$\%CAA = \left( \text{Água absorvida (g)} / \text{Massa inicial da amostra (g)} \right) \times 100 \quad (4)$$

#### 4.1.2.3 Capacidade de absorção de óleo (CAO)

A capacidade de absorção de óleo foi determinada de acordo com a metodologia de Lin; Humbert; Sosulski (1974), com adaptações. Foram adicionados 1,50 g de cada ensaio em tubos Falcon de 50 mL, com 7,5 mL de óleo vegetal de milho (Liza®, Castro, Brasil). Em seguida, foi realizada a agitação das amostras em Vórtex por 1 min seguido do repouso por 30 min e centrifugação a 25 °C a 5000 rpm por 15 min. O sobrenadante foi escorrido cuidadosamente por 20 minutos e descartado. Por fim, pesou-se o tubo com o resíduo em balança analítica. Os resultados foram expressos pela média  $\pm$  desvio padrão em % conforme a Equação (5) e expressos em g de água absorvido por 100 g (%) de preparado vegetal.

$$\%CAO = ( \text{Óleo absorvido (g)} / \text{Massa inicial da amostra (g)} ) \times 100 \quad (5)$$

#### 4.1.3 Formulação e Elaboração das Amostras de Bolos Sem Glúten

Foram preparadas quatro formulações de bolo sem glúten, três delas utilizando formulações do preparado vegetal otimizadas pela matriz de planejamento de misturas com restrições superiores e inferiores como substituto para ovos (BS) e um controle com ovos (BC), conforme formulação descrita na **Tabela 4**. As condições otimizadas escolhidas de substituto vegetal foram hidratadas com 100 mL de água potável, e utilizado o fator de substituição após hidratada de 1:1 em relação aos ovos. Para cada formulação, os bolos foram preparados em triplicata genuína.

**Tabela 4** - Formulações de bolos com ovos e bolos sem ovos com preparado vegetal

Ingredientes	Bolos sem ovos com o substituto vegetal (%)	Bolo com ovos receita controle (%)
Ovos <i>in natura</i>	0,00%	16,94%
Formulação do preparado vegetal hidratado	16,94%	0,00%
Água	26,49%	26,49%
Farinha de arroz – Risovita®	15,40%	15,40%
Fécula de batata – Horizonte amidos®	3,08%	3,08%
Açúcar refinado – Alto alegre®	23,88%	23,88%
Goma xantana – Fufeng®	0,11%	0,11%
Aroma artificial de baunilha branca – Mix®	0,77%	0,77%
Óleo de soja – Leve®	8,01%	8,01%
Fermento químico – Apti®	2,31%	2,31%
Sal marinho – Sabor House®	0,23%	0,23%
Vinagre de maçã – Koller®	0,31%	0,31%
Cacau em pó – Sabor verde®	2,46%	2,46%

Fonte: O autor (2020)

Para elaboração dos bolos foram pesados o sal, a farinha de arroz, a fécula de batata, o fermento químico e reservados. Em seguida, foram pesados os ovos ou formulação do preparado vegetal em pó, e homogeneizados em batedeira por 6 min na velocidade 10 (Batedeira Artisan, Kitchenaid, São Paulo, Brasil). Após, foi acrescentado o açúcar e homogeneizado por mais 2 min para formação de um merengue.

Foram pesados o vinagre de maçã, o óleo vegetal, água, e o aroma artificial de baunilha branca e misturados em batedeira por 1 min com os ingredientes secos. Após este processo, o merengue foi acrescentado ao restante da formulação e homogeneizado em batedeira por mais 1 min.

Uma quantidade de 250 g de massa crua dos bolos foi transferida para formas retangulares de papelão para bolo inglês e assados por 30 min em 160°C, em forno pré-aquecido (modelo P07/348, Forno Perfecta, Curitiba, Brasil). Os bolos foram resfriados em temperatura ambiente (23 – 25 °C).

#### 4.1.4 Estabilidade, Densidade e Perda de Umidade da Massa

A estabilidade da massa, a densidade e a perda de umidade da massa do bolo foram determinadas pelo método proposto por Rahmati e Tehrani (2014). Na estabilidade da massa, as massas de bolo preparadas ainda cruas foram transferidas para tubos Falcon 50 mL e centrifugadas a 25 °C a 5000 rpm por 15 min (modelo CT 5000-R, Cientec, São Paulo, Brasil). A estabilidade da massa dos bolos foi calculada pela Equação (6).

$$\%S = 100 - (H_i / H_0 \times 100) \quad (6)$$

Onde: %S é a porcentagem de estabilidade da massa; H<sub>0</sub> é a altura inicial da massa; e H<sub>i</sub> é a altura do creme separado após 15 min de centrifugação.

A densidade (ou gravidade específica) foi determinada medindo-se a massa (g) de 20 mL de massa de bolo crua e a massa (g) do volume de 20 mL de água, sendo calculado conforme Equação (7).

$$Densidade = \text{Massa (g) de massa de bolo} / \text{Massa (g) de água} \quad (7)$$

A perda de umidade foi determinada com base na massa (g) antes e após assar, de acordo com a Equação (8).

$$\%ML \text{ (perda de umidade)} = ((W1 - W2) / W1) \times 100 \quad (8)$$

Onde: W1 é a massa (250 g) da massa de bolo crua transferido para cada forma; W2 é a massa (g) do bolo assado após 30 min de resfriamento em temperatura ambiente.

Os resultados foram expressos pela média  $\pm$  desvio padrão, sendo a estabilidade da massa e a perda de umidade em % e a densidade foi expressa em g cm<sup>-3</sup>.

#### 4.1.5 Densidade e Volume Específico

O volume específico dos bolos foram determinado segundo Pizzinatto *et al.*, (1993), calculado pela razão entre o volume aparente (cm<sup>3</sup>) e a massa (g) após o forneamento, utilizando o método de deslocamento de semente de painço. Os demais parâmetros (massa e volume) foram calculados conforme o método AACC (1988).

O volume de um recipiente com sementes de painço foi medido com o auxílio de uma proveta de 1000 mL, em seguida o bolo foi colocado no mesmo recipiente e as sementes foram despejadas uniformemente por um funil fixo. Uma régua foi utilizada para nivelar as sementes do meio para as extremidades, ao final os volumes das mesmas foram aferidos novamente em uma proveta. Para posterior cálculo da densidade e volume específico inicialmente foram calculados os parâmetros pelas Equações (9), (10) e (11).

$$W \text{ sementes} = W \text{ total} - W \text{ bolo} - W \text{ recipiente} \quad (9)$$

$$V \text{ sementes} = W \text{ sementes} / D \text{ sementes} \quad (10)$$

$$V \text{ bolo} = V \text{ recipiente} - V \text{ sementes} \quad (11)$$

Onde: W representa a massa em gramas; D representa a densidade (g cm<sup>-3</sup>); e V o volume em cm<sup>3</sup>.

O cálculo da densidade e do volume específico foi realizado conforme as Equações (12) e (13), e os resultados foram expressos pela média  $\pm$  desvio padrão em  $\text{g cm}^{-3}$  e  $\text{cm}^3$ , respectivamente.

$$\text{Densidade do Bolo} = W \text{ bolo} / V \text{ bolo} \quad (12)$$

$$\text{Volume específico bolo} = V \text{ bolo} / W \text{ bolo} \quad (13)$$

#### 4.1.6 Índice de Volume e Expansão

O índice de volume e expansão dos bolos foram determinados de acordo com a metodologia de Rahmati e Tehrani (2014) juntamente ao método nº 10-91.01 (AACC, 2000). Após assados e resfriados em temperatura ambiente os bolos foram cortados verticalmente no centro em dois segmentos iguais e divididos em fatias (2,5 cm de espessura). A altura da face de cada fatia foi determinada em diferentes posições e usada para calcular a expansão do bolo. O índice de volume foi calculado pela Equação (14). Foram calculados também os índices de contorno e simetria usando as Equações (15) e (16).

$$\text{Índice de volume} = B + C + D \quad (14)$$

$$\text{Contorno} = (2C - B - D) \quad (15)$$

$$\text{Índice de simetria} = B - D \quad (16)$$

Onde: C é a altura do bolo no centro em cm; e B e D são as alturas da amostra do bolo nos pontos a 2,5 cm do centro, em direção aos lados esquerdo e direito do bolo, respectivamente.

Os resultados foram expressos pela média  $\pm$  desvio padrão, e em cm.

#### 4.1.7 Análise de Cor



Os parâmetros de cor dos bolos foram determinados por medida instrumental utilizando o colorímetro (modelo CR400, Konica Minolta, Nova Jersey, EUA), com esfera de integração e ângulo de visão de 45°, (iluminação d/45 e iluminante D). Os valores de luminosidade foram determinados na superfície das amostras em 3 pontos distintos pelos parâmetros de luminosidade ( $L^*$ ), componente verde-vermelho ( $a^*$ ) e componente amarelo-azul ( $b^*$ ). Os resultados foram expressos pela média  $\pm$  desvio padrão.

#### 4.1.8 Perfil de Textura Instrumental

O perfil de textura interno foi obtido pelo método TPA, o qual se aplica a alimentos sólidos e semi-sólidos, de acordo com o método da AACC (2000). Foi utilizado o texturômetro (modelo TA HD plus, Stable Micro System, Godalming, Reino Unido) em interface com o computador utilizando o programa Exponent Lite 2016, versão 6.1.16 lite. As amostras foram preparadas na forma de fatias do bolo com 25 x 15 mm, garantindo que a borda e a crosta não fossem utilizadas. Cada amostra foi comprimida axialmente em média 50% da sua altura original com uma velocidade de 100 mm min<sup>-1</sup>, utilizando uma sonda cilíndrica de 36 mm de diâmetro e uma célula de carga de 5 kg. No teste foram avaliados parâmetros relevantes como dureza (g), adesividade (g s<sup>-1</sup>), elasticidade, coesão, mastigabilidade e resiliência (%).

#### 4.1.9 Análise da Composição Proximal

Foram realizadas as análises de umidade, cinzas, fibra bruta, proteína bruta e lipídeos nos grãos-de-bico *in natura*, grão-de-bico cozido, aquafaba líquida, aquafaba em pó liofilizada, aquafaba seca por atomização, bolos sem ovos e bolos controles com ovos, todas realizadas em triplicata.

**Umidade:** A determinação de umidade foi realizada de acordo com o a metodologia número 925.45b (AOAC, 1995). Foram pesados 2 g de amostra em cápsula de porcelana, previamente secas e taradas. As amostras foram levadas para secagem na estufa a 105 °C por 3 horas. Resfriadas em dessecador até atingirem temperatura ambiente, posteriormente sendo pesadas até obtenção de peso constante.

A umidade foi calculada para 100 g de amostra, utilizando a Equação (17), onde N é o teor de umidade (perda de massa, em gramas) e P é a massa inicial da amostra.

$$\% \text{ de Umidade a } 105^{\circ}\text{C m/m} = \frac{100 \times N}{P} \quad (17)$$

**Proteína bruta:** O teor de proteína bruta foi determinado de acordo com a metodologia n° 920.87 (AOAC, 1995). O teor de nitrogênio total foi obtido pelo método de Micro-Kjeldahl (AOAC, 1995), utilizando o fator de 5,83 para converter o teor de nitrogênio em proteínas totais.

Para o processo de digestão foram pesados 1 g de amostra em um tubo de Kjeldahl, adicionado de 2,5 g de mistura catalítica e 10 mL de ácido sulfúrico. Em seguida o tubo foi conduzido ao bloco digestor para aquecimento programado até atingir a temperatura de 400 °C, após a solução ficar translúcida, foi resfriado até atingir a temperatura ambiente e adicionado 5 mL de água.

Para a destilação foi utilizado o destilador de nitrogênio (modelo MA036, Marconi, Piracicaba – São Paulo), no qual foi acoplado um Erlenmeyer com 20 mL de solução de ácido bórico 4% e 5 gotas de indicador misto. Após o tubo de Kjeldahl estar acoplado ao equipamento, foi adicionado lentamente aproximadamente 20 mL de hidróxido de sódio 50% até obter uma solução de cor escura. A destilação foi realizada até o recolhimento de 100 mL de solução nitrogenada.

A titulação da solução foi realizada até a viragem do indicador, onde o teor de proteínas foi calculado conforme a Equação (18), sendo V o volume de solução de ácido utilizado (mL), M é a concentração molar da solução de ácido utilizada, f o fator de correção da solução de ácido utilizada, P a massa da amostra (gramas).

$$\% \text{ Nitrogênio total} = \frac{V \times M \times F \times 0,014 \times 100}{P} \quad (18)$$

**Cinzas:** O teor de cinzas foi determinado pelo método n° 923.03 (AOAC, 1995), pela carbonização e posterior incineração em mufla a 550 °C, segundo o método gravimétrico.

Foram pesados 2 g de amostra em cápsula de porcelana, previamente secas, taradas e identificadas. As amostras foram levadas para uma mufla a 550 °C por 6 horas. Resfriadas em dessecador até atingirem temperatura ambiente, posteriormente sendo pesadas até obtenção de peso constante.

As cinzas foram calculadas para 100 g de amostra, utilizando a Equação (19), onde N é massa de cinzas e P a massa inicial da amostra.

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{100 \times N}{P} \quad (19)$$

**Fibra bruta:** O teor de fibra bruta foi determinado utilizando a metodologia de detergente ácido proposta por Gomes e Oliveira (2011). Inicialmente foram pesados de 0,5 a 1 g de amostra seca em um béquer, adicionado 100 mL de solução detergente ácido. O béquer foi acoplado no aparelho digestor para fibras (modelo MA450, Marconi, Piracicaba – São Paulo), onde a digestão foi iniciada em temperatura no nível 6, durante 1 hora após o sistema entrar em ebulição.

Após a digestão a solução foi filtrada em vácuo com o auxílio um funil de Buchner com um papel filtro previamente identificado, seco e pesado. O resíduo no papel filtro foi lavado repetidas vezes com acetona, e ao final do processo o mesmo foi retirado do funil e seco em estufa a 105 °C por 6 horas, em seguida esfriado em dessecador e pesado.

A determinação da massa, em gramas, de fibras totais foi calculada através do uso da Equação (20), onde A corresponde a massa da amostra, B a massa inicial do papel filtro e C a massa do papel filtro mais o resíduo.

$$\text{Fibras totais (\%)} = \frac{(C - B)}{A} \times 100 \quad (20)$$

**Lipídeos:** O teor de lipídeos totais foi determinado através da extração direta em Soxhlet pelo método n° 920.39 (AOAC, 1995) com adaptações do Instituto Adolf Lutz (PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, 1985).

Para a extração foi utilizado o equipamento extrator de óleos e graxas através de solventes do tipo Soxhlet (modelo MA491/6, Marconi, Piracicaba – São Paulo). Inicialmente foram pesados 2 a 5 g de amostra em um papel filtro, alocado dentro de uma capsula celulósica. Em um tubo reboiler previamente seco e tarado foi adicionado éter suficiente para imergir  $\frac{3}{4}$  da capsula celulósica.

O tubo reboiler foi acoplado em um recuperador de junta cônica com condensadores tipo serpentina e aquecido em chapa elétrica, a extração operou contínua por 8 horas (4 a 5 gotas por segundo).

Após o éter ser recuperado, o béquer com o resíduo extraído foi levado para a secagem em estufa a 105 °C, por cerca de 1 hora, e posteriormente esfriado em dessecador e pesado até peso constante.

A determinação da massa em gramas de lipídeos totais foi calculada através do uso da Equação (21), onde P1 corresponde massa de lipídeos extraídos em gramas e P2 a massa da amostra em gramas.

$$\text{Lipídeos totais (\%)} = \frac{(100 \times P1)}{P2} \quad (21)$$

**Carboidratos:** O teor de carboidratos totais (CHO) foi estimado por diferença de acordo com Equação (21).

$$\% CHO = 100 - (\% \text{Umidade} + \% \text{Proteínas} + \% \text{Cinzas} + \% \text{lipídeos}) \quad (22)$$

Os resultados de todas as análises foram expressos pela média  $\pm$  desvio padrão em g 100 g<sup>-1</sup> em base úmida.

#### 4.1.10 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas com as amostras dos bolos com e sem ovos para a realização da análise sensorial, por uma empresa

terceirizada, os microrganismos analisados foram *Salmonella sp*, *Estafilococos coagulase positiva* e *coliformes termotolerantes*, seguindo os padrões conforme previsto na RDC nº 12 de 2001 (BRASIL, 2001).

#### 4.1.11 Análise Sensorial

Para a realização da análise sensorial a pesquisa passou por aprovação do Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos do Centro Universitário Integrado de Campo Mourão, Paraná (CAAE:110117719.1.0000.0092). Após aprovação os foi entregue aos participantes um convite para participação no estudo, os candidatos foram informados sobre período de duração dos testes e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) específico para a participação nos estudos (Anexo A). Em seguida os mesmos responderam um questionário de levantamento do perfil do consumidor (Anexo C).

Os bolos foram cortados em fatias de 30 g, as estas dispostas em pratos plásticos brancos codificados com três dígitos aleatórios. As amostras foram provadas a temperatura ambiente, e juntamente foi servido água potável. As análises foram realizadas em cabines individuais sob luz branca. As quatro formulações de bolos foram analisadas quanto os atributos de cor, aroma, cremosidade, textura, sabor, aparência global e aparência da massa empregando a escala hedônica de 9 pontos (DUTCOSKY, 2013) e teste de intenção de compra utilizando a escala de 5 pontos, com o total de 61 consumidores (Anexo D). Em relação as amostras, 3 formulações foram de bolos sem glúten com composições distintas de substituto vegetal para ovos, escolhidas através das formulações que obtiveram os melhores resultados nas análises realizadas na matriz de planejamento de mistura, e 1 bolo controle, sem glúten e com ovos.

#### 4.1.12 Análise Estatística

Todas as determinações físico-químicas e microbiológicas foram realizadas em triplicata e os dados obtidos foram expressos pela média  $\pm$  desvio padrão ( $n = 3$ ), sendo a média comparada por meio de Anova e Teste t

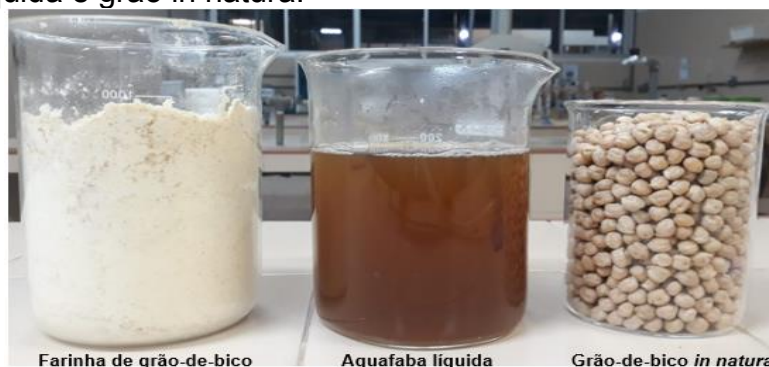
(duas amostras) ou Teste de Tukey (mais que duas amostras) ( $p < 0,05$ ), considerando-se uma única fonte de variação utilizando-se o programa Statistica 8.0 (Statsoft, Tulsa, USA). Os dados da análise sensorial foram expressos pela média  $\pm$  desvio padrão ( $n = 61$ ), sendo a média comparada por meio de Anova e Teste de Tukey (mais que duas amostras) ( $p < 0,05$ ), considerando-se as formulações e provadores como fontes de variação utilizando o programa Statistica 8.0. Os ensaios do planejamento de mistura foram avaliados com o auxílio do programa Statistica 8.0, e o ajuste dos modelos gerados foi avaliado por Anova ( $p < 0.05$ ).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Elaboração da Aquafaba em Pó e Caracterização do Grão-De-Bico

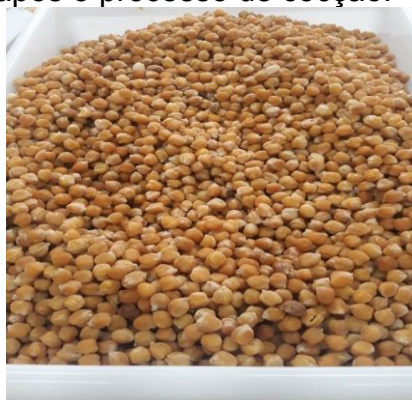
Nas Figuras 5 e 6 estão dispostos os diferentes estágios do processamento do grão-de-bico, são eles: a farinha do grão *in natura* resultante da moagem do mesmo, a aquafaba líquida (obtida através da cocção do grão *in natura*), o grão *in natura* e o grão após o processo de cocção (Figura 6). Para a elaboração da AP o presente estudo caracterizou o grão-de-bico em diferentes estágios até a obtenção do sub produto de seu processamento, a aquafaba em pó.

**Figura 5** - Grão-de-bico em diferentes estágios do processamento: farinha, aquafaba líquida e grão *in natura*.



Fonte: O autor (2020).

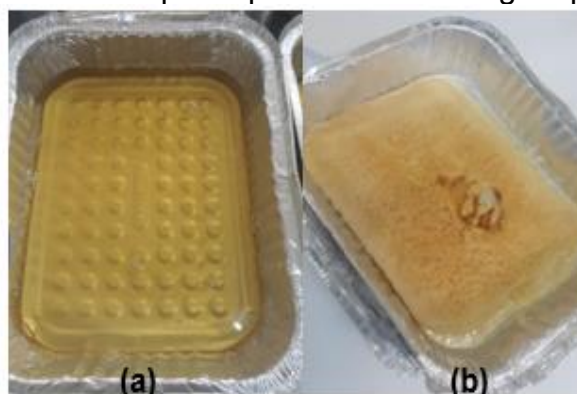
**Figura 6** - Grão-de-bico após o processo de cocção.



Fonte: O autor (2020).

Após a obtenção da aquafaba líquida a mesma foi seca pelo processo de liofilização (Figura 7) para obtenção de uma métrica mais fidedigna de rendimento, visto que, o processo de secagem por liofilização tem um percentual de perda mais controlado em relação ao equipamento. Uma vez que este processo de secagem em uma visão voltada à produção em larga escala se torna inviável devido ao seu custo e processo de elaboração. A Figura 7 exemplifica o resultado deste processo de secagem.

**Figura 7** - Aquafaba antes e após o processo de secagem pó liofilização.



(a) Aquafaba líquida; (b) Aquafaba após o processo de secagem por liofilização.  
Fonte: O autor (2020).

O processo de secagem por atomização por *spray dryer* foi uma alternativa encontrada pelos autores, uma vez que a perda no equipamento pode ser minimizada através da quantidade proposta por batelada e o tempo de obtenção do pó, que minimiza os custos de produção. Após a realização dos pré-testes de hidratação do pó resultante dos dois processos de secagem, observou-se resultados similares que justificaram o uso da secagem por atomização. A Figura 8 exemplifica imagens relacionadas ao processo de secagem por atomização e a Figura 9 demonstra o pó resultante deste processo.

Na **Tabela 5** estão dispostos os resultados da composição das amostras de grão-de-bico *in natura*, grão-de-bico cozido, aquafaba líquida, aquafaba em pó resultante do processo de secagem por liofilização (AP-L) e aquafaba em pó resultante do processo de secagem por atomização (AP-S).

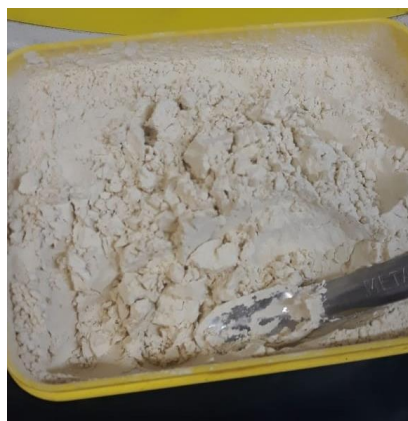


**Figura 8** - Processo de secagem da aquafaba líquida por atomização.



Fonte: O autor (2020).

**Figura 9** - Aquafaba em pó resultante de processo de secagem por atomização.



Fonte: O autor (2020).

O teor de umidade, cinza, lipídios e carboidratos do grão-de-bico *in natura* foi intermediária ou próxima aos valores descritos para esse alimento na literatura. Segundo os dados reportados pelo United States Department of Agriculture (USDA), pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) e pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA), o grão-de-bico *in natura* tem um teor de umidade entre 10,28 e 12,3 g 100 g<sup>-1</sup>, cinzas entre 1,45 e 3,21 g 100 g<sup>-1</sup>, fibras entre 10,8 e 16,7 g 100 g<sup>-1</sup>, proteína bruta entre 21,0 e 22,39 g 100 g<sup>-1</sup>, lipídios entre 5,4 e 6,69 g 100 g<sup>-1</sup>, e de carboidratos entre 57,82 e 59,7 g 100 g<sup>-1</sup> (TACO, 2011; TBCA, 2017; USDA, 2018).

Porém, observou-se no grão-de-bico *in natura* analisado, que o teor de fibra e proteína bruta foi abaixo do descrito pela literatura (TACO, 2011; TBCA, 2017; USDA, 2018). Esta diferença pode ser explicada pela análise em diferentes tipos de grãos, tipo de metodologia, origem do grão, bem como, o

solo utilizado para o plantio e as condições de armazenamento (SHARMA *et al.*, 1984; SIMONI, 2017). No caso da fibra, no presente trabalho determinou-se pela metodologia detergente ácido que quantifica a celulose e lignina; um maior teor de fibra poderia ter sido quantificado caso a fração hemicelulose também fosse incluída, como na análise por fibra em detergente neutro (CECHI, 2015).

Shim *et al.* (2018) analisou o percentual de umidade, proteína e carboidratos de 10 marcas de grão-de-bico cozidos enlatados e obteve os seguintes percentuais: 63,2 - 69,9% de umidade, 45,6 - 46,4% de carboidratos e 18,2 - 22,3% de proteína. Segundo Ferreira, Brazaca e Arthur (2006) o cozimento pode reduzir o valor de proteína e de cinzas, e a umidade pode variar de acordo com o tempo de cozimento e a proporção de água utilizada.

**Tabela 5** - Composição proximal das amostras de grão-de-bico *in natura* e cozido, aquafaba líquida e aquafaba em pó.

Amostra	Umidade (g 100 g <sup>-1</sup> )	Cinza (g 100 g <sup>-1</sup> )	Fibra (g 100 g <sup>-1</sup> )	Proteína bruta (g 100 g <sup>-1</sup> )	Lipídios (g 100 g <sup>-1</sup> )	Carboidratos (g 100 g <sup>-1</sup> )
GB-IN	10,22 ± 0,07 <sup>d</sup>	4,26 ± 0,13 <sup>c</sup>	3,63 ± 0,09 <sup>b</sup>	16,78 ± 0,03 <sup>b</sup>	6,71 ± 0,09 <sup>a</sup>	62,05 ± 0,23 <sup>b</sup>
GB-C	52,37 ± 0,66 <sup>b</sup>	4,06 ± 0,14 <sup>c</sup>	4,77 ± 0,18 <sup>a</sup>	17,69 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,40 ± 0,33 <sup>b</sup>	19,57 ± 0,92 <sup>d</sup>
AL	96,49 ± 0,56 <sup>a</sup>	0,86 ± 0,01 <sup>e</sup>	Nd*	0,78 ± 0,02 <sup>e</sup>	Nd*	1,87 ± 0,59 <sup>e</sup>
AP-L	12,33 ± 0,28 <sup>c</sup>	22,48 ± 0,66 <sup>a</sup>	Nd*	9,38 ± 0,24 <sup>e</sup>	Nd*	55,81 ± 1,46 <sup>c</sup>
AP-S	8,76 ± 0,15 <sup>e</sup>	12,54 ± 0,41 <sup>b</sup>	0,27 ± 0,00 <sup>c</sup>	11,90 ± 0,16 <sup>c</sup>	0,52 ± 0,03 <sup>c</sup>	66,28 ± 0,92 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as médias ao nível de 5 % de significância.

Os dados representam valores médios ± um desvio padrão das análises em triplicata. \*Não detectado (inferior ao limite de quantificação).

GB-IN: grão-de-bico *in natura*; GB-C: grão-de-bico cozido; AL: aquafaba líquida; AP-L: aquafaba em pó liofilizada; AP-S: aquafaba em pó seca por *Spray dryer*.

Fonte: O autor (2020).

A umidade da AL é similar a concentração obtida por Shim *et al.* (2018) em seu estudo (92,8 - 94,4%), assim como, os rendimentos de proteína bruta e cinzas, 1,5% e 0,5% respectivamente. Outro ponto de semelhança é o rendimento final em gramas de aquafaba liofilizada, onde, obtiveram em média 5,67%, valor equivalente ao evidenciado pela presente pesquisa de 5,33% em média. Meurer (2019) analisou a composição centesimal do grão-de-bico cru, grão-de-bico cozido e da aquafaba líquida, os percentuais estão de acordo com os obtidos no presente estudo.

A empresa Vör® localizada nos EUA comercializa atualmente AP, de acordo com a rotulagem do produto a mesma possui 14,28 g 100 g<sup>-1</sup> de carboidratos e 7,14 g 100 g<sup>-1</sup> de proteína bruta; tanto o teor de carboidratos (55,81 g e 66,28 g) quanto o de proteína bruta (9,38 g e 11,90 g) obtidos no presente estudo nas amostras de AP-L e AP-S foram maiores que o da AP comercial.

## 5.2 Desenvolvimento dos Preparados Vegetais em Pó

Na Tabela 6 apresenta-se as variáveis respostas para o planejamento de mistura com restrições de mínima e máxima, são elas: capacidade de absorção de água; capacidade de absorção de óleo, capacidade de formação de espuma e estabilidade da espuma.

**Tabela 6** - Respostas para as variáveis % CAA, %CAO, % FE e % EE para os ensaios da matriz de planejamento de misturas com restrições de mínima e máxima.

Composição	% CAA	% CAO	% FE	% EE
1	182,80 ± 16,19 <sup>a</sup>	124,4 ± 6,37 <sup>ab</sup>	220,00 ± 8,66 <sup>gh</sup>	85,66 ± 2,11 <sup>bc</sup>
2	0,47 ± 0,03 <sup>e</sup>	111,94 ± 2,25 <sup>abcd</sup>	410,00 ± 8,66 <sup>b</sup>	93,07 ± 1,57 <sup>a</sup>
3	161,84 ± 27,17 <sup>a</sup>	105,05 ± 11,34 <sup>abcd</sup>	203,33 ± 5,77 <sup>h</sup>	84,44 ± 0,96 <sup>cd</sup>
4	112,84 ± 2,04 <sup>b</sup>	102,10 ± 4,72 <sup>abcd</sup>	410,00 ± 8,66 <sup>b</sup>	91,46 ± 0,18 <sup>a</sup>
5	1,46 ± 0,44 <sup>e</sup>	91,66 ± 4,32 <sup>bcd</sup>	460,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	92,03 ± 0,63 <sup>a</sup>
6	82,55 ± 9,43 <sup>bc</sup>	126,26 ± 8,26 <sup>a</sup>	308,33 ± 2,89 <sup>d</sup>	85,95 ± 0,81 <sup>bc</sup>
7	1,91 ± 0,50 <sup>e</sup>	90,98 ± 5,66 <sup>cd</sup>	410,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	91,46 ± 0,00 <sup>a</sup>
8	182,31 ± 8,07 <sup>a</sup>	117,72 ± 19,36 <sup>abc</sup>	235,00 ± 8,66 <sup>fg</sup>	80,83 ± 0,72 <sup>e</sup>
9	56,95 ± 0,70 <sup>cd</sup>	98,42 ± 13,45 <sup>abcd</sup>	273,33 ± 2,89 <sup>e</sup>	82,32 ± 0,87 <sup>de</sup>
10	25,88 ± 4,91 <sup>de</sup>	83,42 ± 16,12 <sup>d</sup>	365,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	87,67 ± 0,00 <sup>b</sup>
11	92,28 ± 5,92 <sup>d</sup>	97,00 ± 4,36 <sup>e</sup>	246,67 ± 5,77 <sup>f</sup>	83,78 ± 0,38 <sup>cd</sup>
12	46,45 ± 3,01 <sup>d</sup>	89,41 ± 0,55 <sup>cd</sup>	248,33 ± 2,89 <sup>f</sup>	83,89 ± 0,19 <sup>cd</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as médias ao nível de 5 % de significância.

Os dados representam valores médios ± um desvio padrão das análises em triplicata.

CAA = capacidade de absorção de água; CAO = capacidade de absorção de óleo; FE = capacidade de formação de espuma; e EE = estabilidade da espuma

Fonte: O autor (2020).

Avaliando as respostas isoladamente, de cada variável resposta da matriz de planejamento de misturas, podemos observar em relação a CAA que

os ensaios 1, 3, 4 e 8 respectivamente obtiveram uma maior porcentagem absorção de água, onde os mesmos possuem proporções similares de aquafaba em pó e proteína de lentilha. Os ensaios 2 e 7 obtiveram o menor percentual de CAA.

Em relação a CAO, podemos observar que os ensaios 1, 2, 6 e 8, respectivamente, obtiveram uma maior porcentagem de absorção de óleo. E nos ensaios 10 e 12 foram obtidos o menor percentual de absorção de óleo.

Para a FE os ensaios 2, 4, 5 e 7 obtiveram as maiores porcentagem de formação de espuma, todavia, os ensaios 1 e 3 obtiveram as menores proporções de formação de espuma. Para a variável resposta EE, os ensaios 2, 5, 4 e 7 obtiveram as maiores porcentagem de estabilização da espuma, em contraponto os ensaios 8 e 9 obtiveram uma resposta menor de estabilização da espuma.

Lafarga *et al.*, (2019) em um estudo com diferentes proteínas vegetais, analisou CAA e CAO, onde, a proteína de lentilha obteve o melhor resultado para ambas as análises, 6,78 e 6,37 ( $\text{g g}^{-1}$  proteína) respectivamente em comparação com proteínas de grão-de-bico, feijão, ervilha, feijão branco, feijão-da-espanha, soja, feijão-de-corda e feijão-fava.

O presente estudo obteve resultados de FE próximos aos da aquafaba estudada por Meurer e Ferreira (2019), onde, os valores variaram de 259% para aquafaba não tratada com ultrassom até 420% para a aquafaba tratada. Martinez *et al.* (2016) realizou um estudo sobre as propriedades funcionais de diferentes concentrados proteicos, em relação a FE, os valores reportados pelos autores são próximos aos determinados no presente estudo, exceto para a proteína de soja que teve uma FE inferior (137%).

Todavia, os autores ainda relataram valores de EE relativamente superiores (64% a 71%) em comparação aos determinados no presente estudo. Lafarga *et al.* (2020), ao analisar diferentes concentrações de água do cozimento de grão-de-bico para obtenção de aquafaba, obteve resultados similares em relação a FE (162 a 324%) e valores superiores em relação a EE (3,4 a 93,4%).

Als Salman *et al.*, (2020) observaram uma maior capacidade de formação de espuma (120%) da aquafaba com menor tempo de cocção, valor este menor aos obtidos pela presente pesquisa. Os mesmos observaram em sua

pesquisa que a relação do tempo de cozimento tem influência direta na capacidade de formação e estabilidade da espuma.

Buhl, Christensen e Hammershøj (2019) ressaltam que o pH e o conteúdo de NaCl alteram as propriedades espumante e emulsificante da aquafaba. Lafarga *et al.* (2019) concluiu em sua pesquisa que o ajuste do pH pode auxiliar a maximizar as habilidades espumantes, e aumentar a estabilidade de espumas feitas com aquafaba.

Intervalos de pH extremos, mais ácido e alcalino (na faixa 2 ou 10) tendem a conferir maior estabilidade às espumas (feijão, ervilha e grão-de-bico), motivo pelo qual o AC foi uma das variáveis independentes estudadas (ZHANG *et al.*, 2009; JARPA-PARRA *et al.*, 2015; LAFARGA *et al.*, 2019, LAFARGA *et al.*, 2020). Entretanto, ressalta-se que no presente estudo utilizou-se uma mistura de AP, PL e AC, uma vez que os estudos citados avaliaram as propriedades funcionais da AP isoladamente.

A Figura 10 demonstra o resultado do processo de hidratação e homogeneização do ensaio 5 da matriz de planejamento de mistura. Nele podemos observar a formação da espuma.

**Figura 10** - Preparado vegetal em pó substituto para ovos do ensaio 5 da matriz de planejamento após processo de hidratação e homogeneização.



Fonte: O autor (2020).

A Tabela 7 dispõe a análise do cálculo dos efeitos para a variáveis respostas CAA, CAO, FE e EE e na **Tabela 8** estão dispostos a Anova dos modelos com o teste de falta de ajuste para a variáveis respostas CAA, CAO, FE e EE.

**Tabela 7** - Tabela de análise do cálculo dos efeitos para a variáveis respostas capacidade de absorção de água, capacidade de absorção de óleo, capacidade de formação de espuma e estabilidade da espuma.

Capacidade de absorção de água						
	Efeito	Erro padrão	t(4)	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> -ajustado
A	-7,6332	17,4032	-0,4386	0,6836		
B	161,4571	17,3316	9,3158	0,0007*		
C	56567,65	20301,1221	2,7864	0,0494*		
AC	-96188,7	34448,6564	-2,7922	0,0491*	0,9719	0,9228
BC	-95581,4	34389,6506	-2,7794	0,0498*		
ABC	81941,5	29768,2811	2,7526	0,0512		
AC(A-C)	42061,37	14946,9121	2,8141	0,0481*		
BC(B-C)	40730,22	14956,7808	2,7232	0,0528		
Capacidade de absorção de óleo						
	Efeito	Erro padrão	t(4)	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> -ajustado
A	113,0075	4,387	25,7594	0,0000*		
B	110,5416	3,7567	29,4249	0,0000*		
C	814,1976	282,3223	2,8839	0,0448*		
AB	-63,59	20,0386	-3,1734	0,0337*	0,9641	0,9013
AC	-1026,09	365,817	-2,8049	0,0486*		
BC	-1687,37	517,9813	-3,2576	0,0312*		
ABC	1128,765	355,5654	3,1746	0,0337*		
BC(B-C)	1370,678	321,6716	4,2611	0,0130*		
Capacidade de formação da espuma						
	Efeito	Erro padrão	t(5)	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> -ajustado
A	413,6347	11,6697	35,4452	0,0000*		
B	210,3661	9,267	22,7006	0,0000*		
C	2701,967	454,7898	5,9411	0,0019*		
AB	-195,412	55,063	-3,5489	0,0164*	0,9916	0,9816
AC	-2699,19	595,8697	-4,5298	0,0062*		
BC	-2120,73	594,2211	-3,5689	0,0161*		
ABC	-1544,07	488,8437	-3,1586	0,0251*		
Estabilidade da espuma						
	Efeito	Erro padrão	t(7)	p-valor	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> -ajustado
A	92,9223	1,3407	69,3103	0,0000*		
B	82,9933	0,9773	84,9253	0,0000*		
C	115,2856	6,5541	17,5898	0,0000*	0,9186	0,8721
AB	-23,734	4,7312	-5,0165	0,0015*		
AC	-35,7331	13,8042	-2,5886	0,0360*		

A = aquafaba em pó (g); B = proteína de lentilha (g); C = ácido cítrico; \* p < 0,05.

Fonte: O autor (2020).

Na Tabela 7 para a variável, CAA foi utilizado o modelo cúbico completo, com a finalidade de reproduzir um melhor ajuste dos resultados. Observou-se que a proteína de lentilha, o ácido cítrico, a interação de aquafaba em pó com ácido cítrico e a interação de proteína de lentilha com ácido cítrico obtiveram um efeito significativo, representado por um p-valor menor que 0,05.

Através dos resultados dos efeitos podemos afirmar que o aumento de aquafaba em pó gera um efeito negativo para a variável resposta CAA, todavia, o aumento de proteína de lentilha gera um efeito positivo, assim como o aumento de ácido cítrico gerou um melhor efeito dentre os componentes da formulação em relação a CAA.

Para CAO foi utilizado o modelo cúbico completo, com a finalidade de reproduzir um melhor ajuste dos resultados. Observou-se que AP, PL e AC tiveram um efeito positivo na CAO, todavia, as interações entre os ingredientes geraram um efeito negativo, exceto quando utilizado os 3 ingredientes em conjunto que produziram um efeito positivo, todos os resultados foram significativos representados por um p-valor menor que 0,05.

Para a variável FE foi utilizado o modelo cúbico especial, na Tabela 7 de observamos que o AP, PL e AC isoladamente geraram um efeito positivo em relação a FE, todavia, o AC gera um efeito maior em relação aos outros componentes da formulação. As combinações dos ingredientes em si geraram um efeito negativo, todos os resultados foram significativos, representados por um p-valor menor que 0,05.

Para avaliação da variável EE foi utilizado o modelo quadrático, na Tabela 7 podemos visualizar que todos os resultados foram significativos (p-valor < 0,05) os efeitos isolados de AP, PL e AC são positivos, entretanto, o aumento da simultâneo de AP e PL ou de AP e AC geram um efeito negativo.

Na Tabela 7 os valores de para CAO, CAO, FE e EE de  $R^2$  demonstram que 97,19%, 96,41%, 99,16% e 91,87% respectivamente das variabilidades é explicada pelos modelos propostos, e os valores de  $R^2$  ajustados estão próximos de 1.

A Tabela 8 dispõe a Anova dos modelos com teste de falta de ajuste para variáveis respostas CAA, CAO, FE e EE. Os valores de FC são maiores que os valores de FT da regressão em todas as variáveis, indicando que as variâncias das regressões são diferentes das variâncias residuais, o que torna os modelos válidos. Os valores de FC das faltas de ajuste são menores que os FT das mesmas, indicando que não existe falta de ajuste. Os p-valores das regressões são menores que 0,05 mostrando que os modelos são válidos, enquanto os p-valores da falta de ajuste de todas as variáveis respostas são maiores que 0,05.

Outros parâmetros demonstrativos da validade dos modelos é a soma do quadrado das regressões, que são similares a soma dos quadrados totais, e a soma residual são relativamente baixas.

**Tabela 8** - Anova dos modelos com teste de falta de ajuste para variáveis resposta CAA, CAO, FE e EE.

Fonte de Var.	SQ	GL	MQ	FC	FT	p-valor
Capacidade de absorção de água						
Regressão	50668,8557	7	7238,408	19,7762	6,0942	0,0059*
Resíduos	1464,0631	4	366,0158			
Falta de ajuste	413,614	3	137,8713	0,1312	215,7073	0,9299
Erro puro	1050,4491	1	1050,449			
Total	52132,9188	11	4739,356			
Capacidade de absorção de óleo						
Regressão	2119,4456	7	302,7779	15,3472	6,0942	0,0096
Resíduos	78,914	4	19,7285			
Falta de ajuste	50,1184	3	16,7061	0,5802	215,7073	0,7194
Erro puro	28,7956	1	28,7956			
Total	2198,3596	11	199,8509			
Capacidade de formação de espuma						
Regressão	88633,1404	6	14772,19	98,8218	4,9503	0,0000*
Resíduos	747,4152	5	149,483			
Falta de ajuste	746,0263	4	186,5066	134,2847	224,5832	0,0646
Erro puro	1,3889	1	1,3889			
Total	89380,5556	11	8125,505			
Estabilidade da espuma						
Regressão	175,9801	4	43,995	19,7472	4,1203	0,0006*
Resíduos	15,5954	7	2,2279			
Falta de ajuste	15,5889	6	2,5982	404,2335	233,986	0,0381
Erro puro	0,0064	1	0,0064			
Total	191,5755	11	17,416			

SQ = soma quadrática; GL = graus de liberdade; MQ = média quadrática; FC = F calculado; FT = F Tabelado; \*p < 0,05.

Fonte: O autor (2020).

As Equações 23, 24, 25 e 26 demonstram as equações das retas para o cálculo dos valores preditos de acordo com os modelos propostos por cada variável respostas; nas Figuras 11, 12, 13 e 14 estão dispostas as representações dos valores preditos *versus* os valores observados dos coeficientes de regressão para as variáveis respostas capacidade absorção de água, capacidade de absorção de óleo, capacidade de formação de espuma e estabilidade da espuma respectivamente.



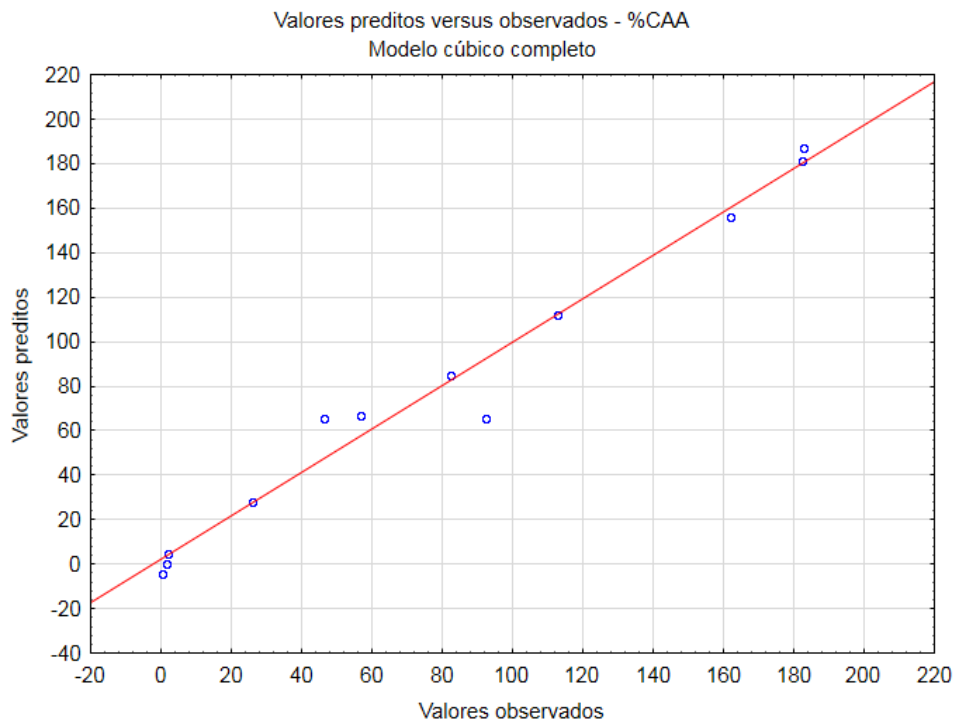
$$\begin{aligned} \%CAA = & -7,63 \times X_1 + 161,45 \times X_2 + 56567,65 \times X_3 \\ & - 96188,74 \times X_1 \times X_3 - 95581,37 \times X_2 \times X_3 \\ & + 81941,49 \times X_1 \times X_2 \times X_3 + 42061,37 \times X_1 \times X_3 \times X_1 \\ & - X_3 + 40730,21 \times X_2 \times X_3 \times X_2 - X_3 \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \%CAO = & 113,00 \times X_1 + 110,54 \times X_2 + 814,19 \times X_3 - 63,59 \times X_1 \times X_2 \\ & - 1026,08 \times X_1 \times X_3 - 1687,37 \times X_2 \times X_3 \\ & + 1128,76 \times X_1 \times X_2 \times X_3 + 1370,67 \times X_2 \times X_3 \times X_2 - X_3 \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \%FE = & 413,63 \times X_1 + 210,36 \times X_2 + 2701,96 \times X_3 \\ & - 195,41 \times X_1 \times X_2 - 2699,18 \times X_1 \times X_3 \\ & - 2120,73 \times X_2 \times X_3 - 1544,06 \times X_1 \times X_2 \times X_3 \end{aligned} \quad (25)$$

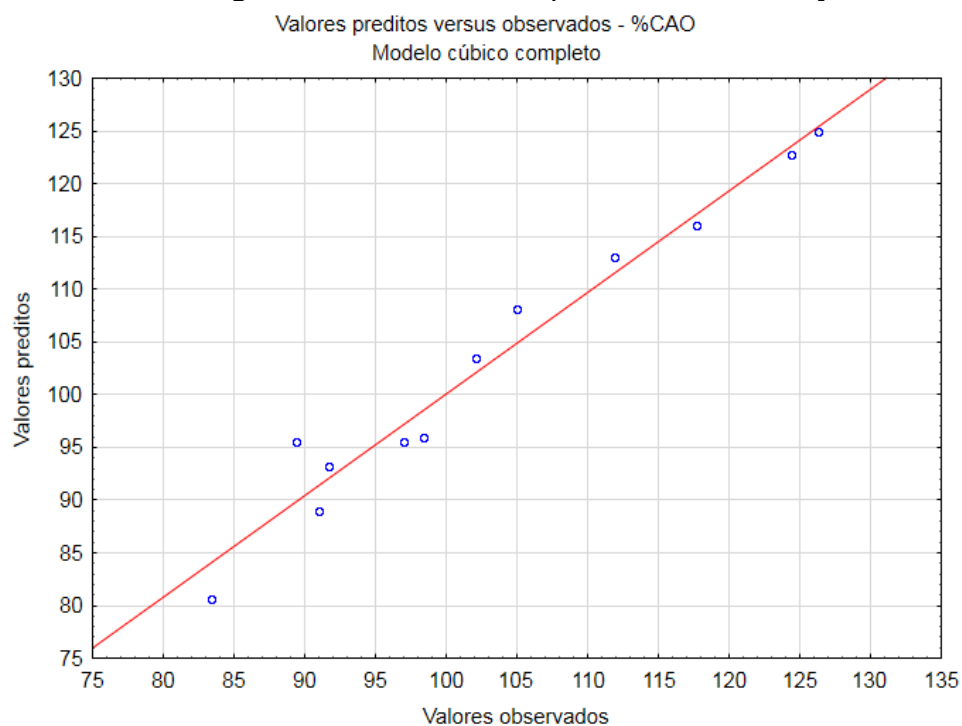
$$\begin{aligned} \%EE = & 92,92 \times X_1 + 82,99 \times X_2 + 115,28 \times X_3 - 23,73 \times X_1 \times X_2 \\ & - 35,73 \times X_1 \times X_3 \end{aligned} \quad (26)$$

**Figura 11** - Representação dos valores preditos versus os valores observados dos coeficientes de regressão da variável capacidade absorção de água.



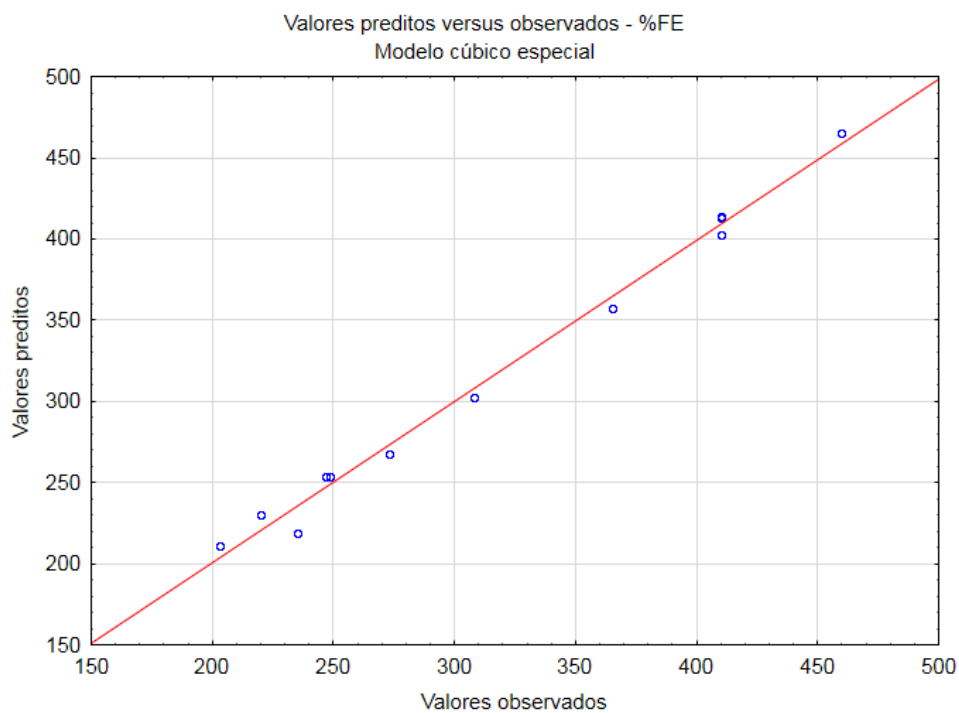
Fonte: O autor (2020).

**Figura 12** - Representação dos valores preditos versus os valores observados dos coeficientes de regressão da variável capacidade de absorção de óleo.



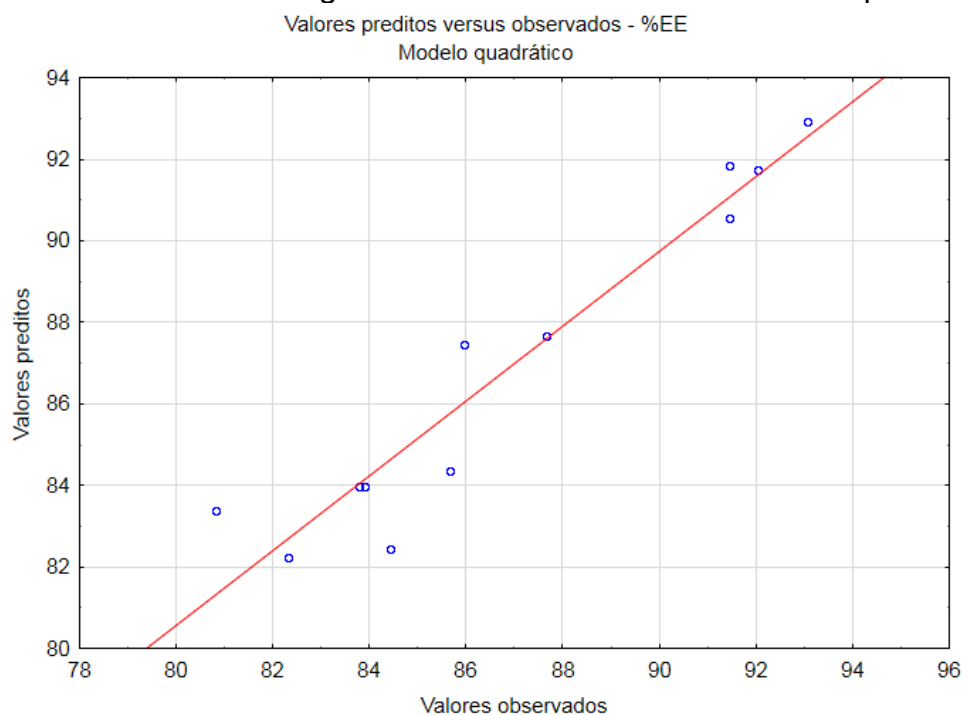
Fonte: O autor (2020).

**Figura 13** - Representação dos valores preditos versus os valores observados dos coeficientes de regressão da variável capacidade de formação de espuma.



Fonte: O autor (2020).

**Figura 14** - Representação dos valores preditos versus os valores observados dos coeficientes de regressão da variável estabilidade da espuma.

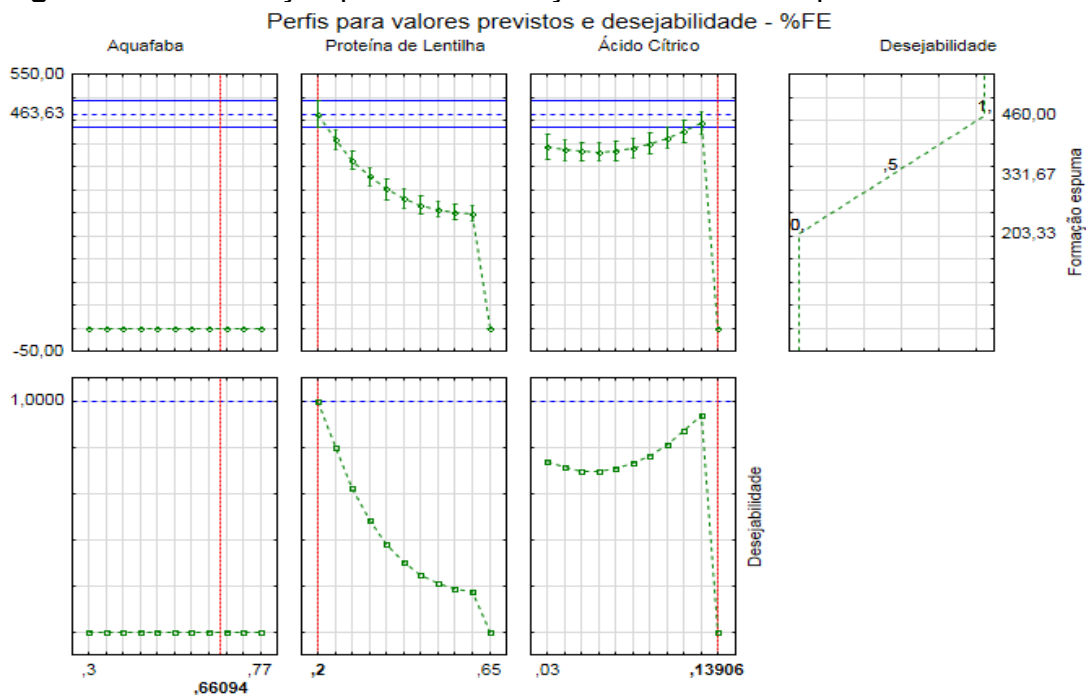


Fonte: O autor (2020).

Nas Figuras 11, 12, 13 e 14, os pontos previstos estão próximos ao observado mostrando que os valores se ajustam aos modelos propostos. Os espaçamentos da reta podem ser explicados devido à complexidade das análises e suas séries de etapas. A Figura 15 e 16 dispõem os perfis para os valores previstos e otimização para a maximização das variáveis resposta capacidade de formação de espuma e estabilidade da espuma respectivamente. A Figura 17 apresenta os valores previstos e otimização para maximização da otimização conjunta das variáveis respostas FE e EE.

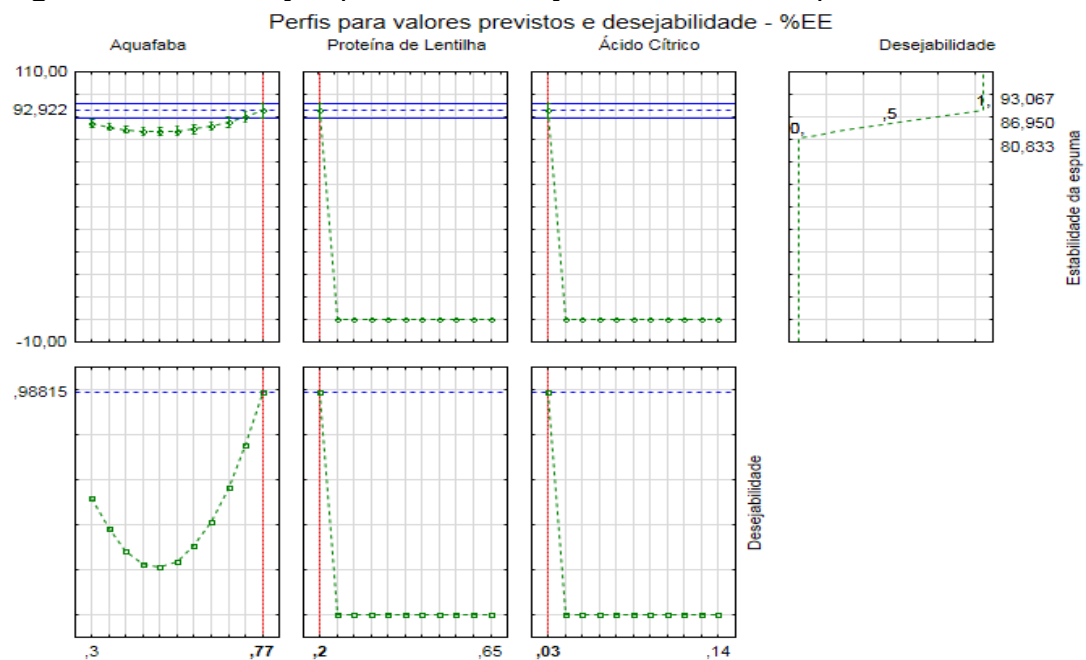
A CAA e CAO são de suma importância para a formação de emulsão em produtos panificados, desta forma, com as respostas das formulações da matriz de planejamento, podemos ajustar formulações desejadas de acordo com aplicabilidade no produto. Todavia, com a finalidade de modelar a formulação para aplicação como substituto estrutural de ovos em bolos sem glúten, julgamos que as formulações com os melhores resultados nas variáveis respostas FE e EE isoladas e em conjunto teriam melhor efeito no resultado do produto final.

**Figura 15** - Otimização para maximização da variável resposta %FE.



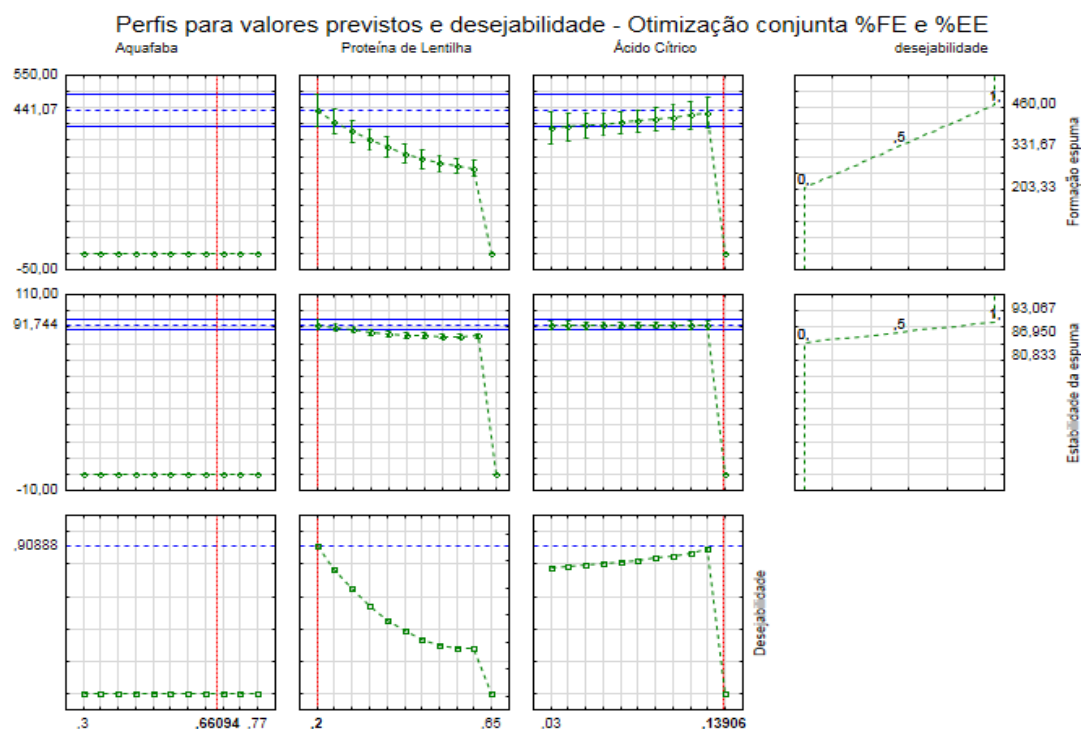
Fonte: O autor (2020).

**Figura 16** - Otimização para maximização da variável resposta %EE.



Fonte: O autor (2020).

**Figura 17** - Otimização para maximização da otimização conjunta das variáveis respostas FE e EE.



Fonte: O autor (2020).

Em concordância com os resultados obtidos, Damodaran (2010) descreve que um aumento da adição de açúcares em soluções proteicas pode prejudicar a espumabilidade, mas em contrapartida pode aumentar a EE. O efeito positivo gerado na EE ocorre pelo aumento da viscosidade da fase principal, o que gera uma redução na taxa de drenagem no fluido da lamela. O autor ressalta ainda que a diminuição da FE se deve ao aumento de estabilização da estrutura proteica nas soluções com açúcares, justificado pelo fato de a molécula proteica ter menor capacidade de se desdobrar quando se adsorve na interface, reduzindo a capacidade da proteína de reduzir a tensão interfacial. Adicionalmente, é importante ressaltar que, mesmo que uma maior FE é desejável para as propriedades tecnológicas do preparado vegetal, se ele não apresentar uma EE adequada a possibilidade de substituição dos ovos no bolo não seria adequada.

Desta forma, foram escolhidos os ensaios 2, 5 e 7 da matriz de planejamento de mistura para aplicação como preparado vegetal em pó substituto de ovos em de bolo sem glúten, representados como bolos A, B e C respectivamente nos ensaios físico-químicos e sensoriais. Os resultados da

otimização para maximização das variáveis respostas FE, disposto na Figura 15, e para a otimização conjunta de FE e EE apresentado na Figura 17, dispõem seguintes níveis: 66,09%; 20,0% e 13,90% para AQ, PL e AC, respectivamente. De acordo com o presente resultado o ensaio da matriz de planejamento que mais se aproxima aos níveis propostos é o ensaio 5.

Na Figura 16 são apresentados os resultados da otimização para a maximização da variável resposta EE, onde, os resultados de AQ (77,00%), PL (20,0%) e AC (3,00%) propostos correspondem ao ensaio 2 da matriz de planejamento. O ensaio 7 possui o nível de AQ (71,5%) e PL (20,0%) próximo aos propostos pela otimização das variáveis (Figuras 15, 16 e 17).

### 5.3 Propriedades Físico-Químicas dos Bolos e Aceitabilidade

A **Tabela 9** apresenta os resultados das análises físico químicas dos bolos com preparado vegetal em pó substituto para ovos e do BC. Nela podemos observar que em relação ao índice de expansão e altura, a média do bolo C (8,33 e 3,10) se assemelha mais a BC (10,08 e 3,41). Em relação ao contorno e índice de simetria o BC possui menor média em relação aos demais.

As médias de A, B e C para a propriedade estabilidade da massa não possuem diferença significativa, e seus valores se aproximam da média apresentada por BC. Não há diferença significativa entre as médias das formulações em relação a propriedade gravidade específica da massa.

O percentual de perda de umidade foi maior nas formulações com substituto vegetal para ovos. Rahmati e Tehrani (2014) também obtiveram uma perda menor de umidade em bolos com substituição dos ovos por leite de soja. Jarpa-parra *et al.*, (2017) também obtiveram uma menor perda de umidade com o aumento da proteína de lentilha como substituto de ovos e leite em bolos.

A média de densidade do bolo é menor em BC em relação as outras formulações analisadas. Este resultado demonstra que o bolo com ovos expandiu e incorporou mais oxigênio na massa durante o processo de cocção em relação aos com substituto vegetal. O efeito do fermento químico em

massas mais densas tem efeito reduzido, pois, existe uma maior dificuldade em expandir bolhas de ar, vaporizar água e CO<sub>2</sub> (RAHMATI; TEHRANI, 2014). Segundo Yang e Foegeding (2010) durante o aquecimento do amido ocorre o processo de desnaturação proteica, gelatinização e expansão das bolhas de ar, assim, a estrutura de bolos está relacionada com a harmonização dessas condições.

Este fato também pode afetar diretamente o volume específico do bolo, o que pode ser observado na presente pesquisa, onde as médias do volume específico de BC são superior a A, B e C. Outros autores também obtiveram um volume específico menor para bolos com substituto para ovos (AGRAHAR-MURUGKAR *et al.*, 2016).

Para os resultados do perfil de textura, o parâmetro dureza mostrou que as médias de B e BC não possuem diferença significativa. A adesividade de A possui média mais próxima de BC. Os bolos A, C e BC não possuem diferença significativa em relação a parâmetro elasticidade, todavia o bolo B possui a maior média. O BC possui a menor média em relação aos parâmetros coesão e resiliência.

Segundo Gularte, Gómez e Rosell (2012) a redução da coesividade pode ser explicada pela redução do teor proteico da amostra, e valores aumentados de mastigabilidade correspondem a amostras com menor poder de desintegração.

Mustafa *et al.* (2018) obteve resultados similares ao da presente pesquisa em relação ao aumento da dureza, redução da elasticidade para os bolos com aquafaba em relação ao controle com ovos.

A análise do perfil de cor das formulações de bolos apresenta médias superiores para os parâmetros L\*, a\* e b\* para BC em relação dos demais, entretanto, o bolo B é o que mais se aproxima dos resultados obtidos por BC.

Jarpa-parra *et al.* (2017) observou uma redução de L\* em bolo com proteína de lentilha como substituto para ovos em relação ao bolo com ovos. Uma hipótese para explicar esta discrepância de cores entre as amostras pode ser o fato da aquafaba possuir açúcares e polissacarídeos simples, que contribuem para a reação de Maillard e de caramelização (SHIM *et al.*, 2018).

Nguyen *et al.* (2020) avaliaram a substituição de ovos por aquafaba de feijão lima em diferentes proporções, obtiveram redução dos valores das

propriedades de dureza, coesão, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade no bolo com a substituição de 100% de ovos por aquafaba. Em relação ao perfil de cor podemos observar que, assim como a presente pesquisa L\*, a\* e b\*, obtiveram uma redução ao ser substituído os ovos na matriz.

**Tabela 9** - Propriedades físico-químicas dos bolos sem glúten com preparado vegetal em pó substituto parra ovos e bolo controle.

Atributo	A	B	C	BC
Índice de volume e expansão (cm)	7,97 ± 0,12 <sup>c</sup>	7,85 ± 0,09 <sup>c</sup>	8,33 ± 0,06 <sup>b</sup>	10,08 ± 0,08 <sup>a</sup>
Altura (cm)	2,93 ± 0,06 <sup>b</sup>	3,07 ± 0,12 <sup>b</sup>	3,10 ± 0,00 <sup>b</sup>	3,41 ± 0,10 <sup>a</sup>
Contorno	0,83 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,35 ± 0,26 <sup>a</sup>	0,97 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,31 ± 0,04 <sup>c</sup>
Índice de simetria	-0,37 ± 0,06 <sup>c</sup>	-0,20 ± 0,00 <sup>b</sup>	-0,37 ± 0,06 <sup>c</sup>	-0,39 ± 0,06 <sup>a</sup>
Estabilidade da massa	72,20 ± 0,76 <sup>b</sup>	73,09 ± 0,72 <sup>b</sup>	72,01 ± 0,59 <sup>b</sup>	75,13 ± 0,77 <sup>a</sup>
Gravidade específica da massa	1,12 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,05 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,08 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,81 ± 0,01 <sup>b</sup>
Perda de umidade (%)	12,27 ± 0,46 <sup>b</sup>	15,20 ± 0,00 <sup>a</sup>	12,40 ± 0,57 <sup>b</sup>	10,40 ± 0,80 <sup>c</sup>
Densidade do bolo (g/cm <sup>3</sup> )	0,78 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,78 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,78 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,47 ± 0,03 <sup>b</sup>
Volume específico do bolo (cm <sup>3</sup> /g)	1,29 ± 0,05 <sup>b</sup>	1,36 ± 0,10 <sup>b</sup>	1,28 ± 0,04 <sup>b</sup>	2,12 ± 0,16 <sup>a</sup>
<i>Perfil de textura</i>				
Dureza (g)	233,71 ± 23,23 <sup>a</sup>	176,46 ± 10,17 <sup>b</sup>	247,46 ± 11,07 <sup>a</sup>	140,74 ± 5,34 <sup>b</sup>
Adesividade (g s <sup>-1</sup> )	-0,36 ± 0,02 <sup>d</sup>	-0,03 ± 0,00 <sup>a</sup>	-0,12 ± 0,02 <sup>b</sup>	-0,24 ± 0,02 <sup>c</sup>
Elasticidade (%)	92,67 ± 0,55 <sup>b</sup>	108,24 ± 8,34 <sup>a</sup>	96,03 ± 1,09 <sup>ab</sup>	87,07 ± 4,36 <sup>b</sup>
Coesão (%)	65,83 ± 0,95 <sup>c</sup>	73,23 ± 1,40 <sup>a</sup>	70,77 ± 1,23 <sup>a</sup>	47,33 ± 1,30 <sup>b</sup>
Mastigabilidade	124,93 ± 9,04 <sup>b</sup>	143,16 ± 12,16 <sup>b</sup>	168,18 ± 9,46 <sup>a</sup>	62,76 ± 3,01 <sup>c</sup>
Resiliência (%)	42,10 ± 0,99 <sup>b</sup>	49,10 ± 2,00 <sup>a</sup>	48,30 ± 1,31 <sup>a</sup>	26,23 ± 0,99 <sup>c</sup>
<i>Perfil de cor</i>				
L*	26,15 ± 0,33 <sup>b</sup>	26,67 ± 0,64 <sup>b</sup>	26,73 ± 0,68 <sup>b</sup>	33,02 ± 0,52 <sup>a</sup>
a*	5,79 ± 0,19 <sup>c</sup>	6,60 ± 0,16 <sup>bc</sup>	6,79 ± 0,22 <sup>b</sup>	7,57 ± 0,06 <sup>a</sup>
b*	12,67 ± 0,48 <sup>b</sup>	15,20 ± 0,36 <sup>c</sup>	15,08 ± 0,30 <sup>c</sup>	18,43 ± 0,15 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as médias ao nível de 5 % de significância.

Os dados representam valores médios ± um desvio padrão das análises em triplicata.

A = bolo com substituto vegetal da formulação 2 da matriz de planejamento; B = bolo com substituto vegetal da formulação 5 da matriz de planejamento; C = bolo com substituto vegetal da formulação 7 da matriz de planejamento; BC = bolo controle com ovos.

Fonte: O autor (2020).

Aslan e Ertas (2020) realizaram a substituição de ovos em bolos tradicionais por proporções diferentes de aquafaba, assim como na presente pesquisa a substituição integral dos ovos gerou uma redução do volume específico dos bolos.



Na **Tabela 10** são apresentados os resultados da composição proximal das amostras dos preparados vegetais em pó dos ensaios 2, 5 e 7 da matriz de planejamento e dos bolos A, B, C e BC.

**Tabela 10** - Composição proximal das amostras de preparados vegetais substituto para ovos, bolos sem glúten com substituto vegetal para ovos e bolo controle.

Amostra	Umidade (g 100 g <sup>-1</sup> )	Cinza (g 100 g <sup>-1</sup> )	Fibra (g 100 g <sup>-1</sup> )	Proteína bruta (g 100 g <sup>-1</sup> )	Lipídios (g 100 g <sup>-1</sup> )	Carboidratos (g 100 g <sup>-1</sup> )
P2	7,81 ± 0,08 <sup>e</sup>	10,63 ± 0,33 <sup>a</sup>	1,60 ± 0,12 <sup>e</sup>	23,35 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,78 ± 0,12 <sup>e</sup>	57,43 ± 0,53 <sup>bc</sup>
P5	7,32 ± 0,03 <sup>e</sup>	9,00 ± 0,25 <sup>b</sup>	1,27 ± 0,01 <sup>e</sup>	19,16 ± 0,91 <sup>c</sup>	1,40 ± 0,13 <sup>e</sup>	63,12 ± 1,32 <sup>a</sup>
P7	9,15 ± 0,08 <sup>d</sup>	9,21 ± 0,18 <sup>b</sup>	1,21 ± 0,07 <sup>e</sup>	20,63 ± 0,55 <sup>b</sup>	1,24 ± 0,05 <sup>e</sup>	59,77 ± 0,86 <sup>b</sup>
A	34,36 ± 0,14 <sup>a</sup>	1,79 ± 0,08 <sup>c</sup>	6,78 ± 0,50 <sup>a</sup>	2,41 ± 0,01 <sup>e</sup>	11,47 ± 0,42 <sup>c</sup>	49,97 ± 0,65 <sup>e</sup>
B	32,35 ± 0,65 <sup>b</sup>	2,26 ± 0,00 <sup>c</sup>	5,63 ± 0,06 <sup>b</sup>	2,78 ± 0,05 <sup>e</sup>	12,80 ± 0,78 <sup>c</sup>	49,81 ± 1,47 <sup>e</sup>
C	34,22 ± 0,55 <sup>a</sup>	1,56 ± 0,02 <sup>c</sup>	4,74 ± 0,14 <sup>c</sup>	2,34 ± 0,07 <sup>e</sup>	11,38 ± 0,43 <sup>b</sup>	50,5 ± 0,98 <sup>e</sup>
BC	22,13 ± 0,86 <sup>c</sup>	2,08 ± 0,07 <sup>c</sup>	2,55 ± 0,19 <sup>d</sup>	4,60 ± 0,04 <sup>d</sup>	15,71 ± 0,24 <sup>a</sup>	55,48 ± 1,21 <sup>c</sup>

\*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as médias ao nível de 5 % de significância.

Os dados representam valores médios ± desvio padrão das análises em triplicata.

P2: Preparado vegetal em pó da formulação 2 da matriz de ensaio; P5: Preparado vegetal em pó da formulação 5 da matriz de ensaio; P7: Preparado vegetal em pó da formulação 7 da matriz de ensaio; A = bolo com substituto vegetal da formulação 2 da matriz de planejamento; B = bolo com substituto vegetal da formulação 5 da matriz de planejamento; C = bolo com substituto vegetal da formulação 7 da matriz de planejamento; BC = bolo controle com ovos.

Fonte: O autor (2020).

Os resultados das análises microbiológicas nos bolos com e sem ovos foram satisfatórios, na Pesquisa de *Salmonella sp* foi observada a ausência em todas as amostras. Nas contagens de *Estafilococos coagulase positiva* e *Staphylococcus coliformes termotolerantes* os resultados foram menores que 1,0 x 10E1 UFC/g para todas as amostras. Todos os resultados estão de acordo com os limites aceitáveis previstos pelas metodologias propostas e pela RDC n° 12 de 2001 (BRASIL, 2001). A partir destes resultados satisfatórios foi realizado o painel sensorial.

Tabela 11 apresenta-se os resultados das análises microbiológicas realizadas nas amostras de bolos com e sem ovos para os parâmetros de

pesquisa de *Salmonella sp*, Contagem *Estafilococos coagulase positiva* e Contagem *Staphylococcus coliformes termotolerantes*.

Os resultados das análises microbiológicas nos bolos com e sem ovos foram satisfatórios, na Pesquisa de *Salmonella sp* foi observada a ausência em todas as amostras. Nas contagens de *Estafilococos coagulase positiva* e *Staphylococcus coliformes termotolerantes* os resultados foram menores que  $1,0 \times 10^1$  UFC/g para todas as amostras. Todos os resultados estão de acordo com os limites aceitáveis previstos pelas metodologias propostas e pela RDC nº 12 de 2001 (BRASIL, 2001). A partir destes resultados satisfatórios foi realizado o painel sensorial.

**Tabela 11** - Resultados nas análises microbiológicas dos bolos com e sem OVOS.

Parâmetro	Unidades	Resultados	Limites	Método
Pesquisa de <i>Salmonella sp</i>	Presença/Ausência	Ausência	Ausência em 25g ou mL	ISO 6579-1 (2017) e ISO 6579-3 (2014)
Contagem <i>Estafilococos coagulase positiva</i>	UFC/g	<1,0X10E1	-	Petrifilm™ 3M™ AFNOR 01/09-04/03A
Contagem <i>Staphylococcus coliformes termotolerantes</i>	UFC/g	<1,0X10E1	-	Petrifilm™ 3M™ AFNOR 01/2-09/89C

Fonte: O autor (2020).

Do total de 61 provadores, 85,25% eram do sexo feminino e 14,75% do sexo masculino, com idades de 18 a 55 anos, sendo 50,82% de 26 a 35 anos.

Em relação a escolaridade 3,28% afirmou possuir o ensino fundamental completo; 9,84% o ensino médio completo; 29,51% ensino superior incompleto; 37,70% ensino superior completo; 8,20% pós-graduação incompleta e 11,48% pós-graduação completa.

Somente 1,64% dos participantes declarou não consumir bolos com frequência, porém 54,10% declarou consumir ocasionalmente; 27,87% 1 vez por semana; 11,48% 3 vezes por semana e 4,92% diariamente. Ao serem questionados em relação ao sabor de preferência, 23,33% respondeu chocolate; 22,38% cenoura; 13,81% fubá; 10,48% laranja; 6,19% mandioca; 5,71% morango; 5,71% limão; 4,76% baunilha; 4,29% abacaxi e 3,33% outros.

Em relação a alergias (AA) e intolerâncias alimentares (AI) um total de 25,00% dos provadores declarou possuir AA e ou AI, sendo 20,31% intolerância à lactose; 3,13% APLV e 1,56% intolerância ao glúten. Em contraponto, 7,81% responderam que desconhecem se possuem e 67,19% afirmaram não possuírem. Da parcela de participantes que possui AA e AI, 30,77% declararam possuir dificuldade de encontrar alimentos apropriados as suas restrições alimentares.

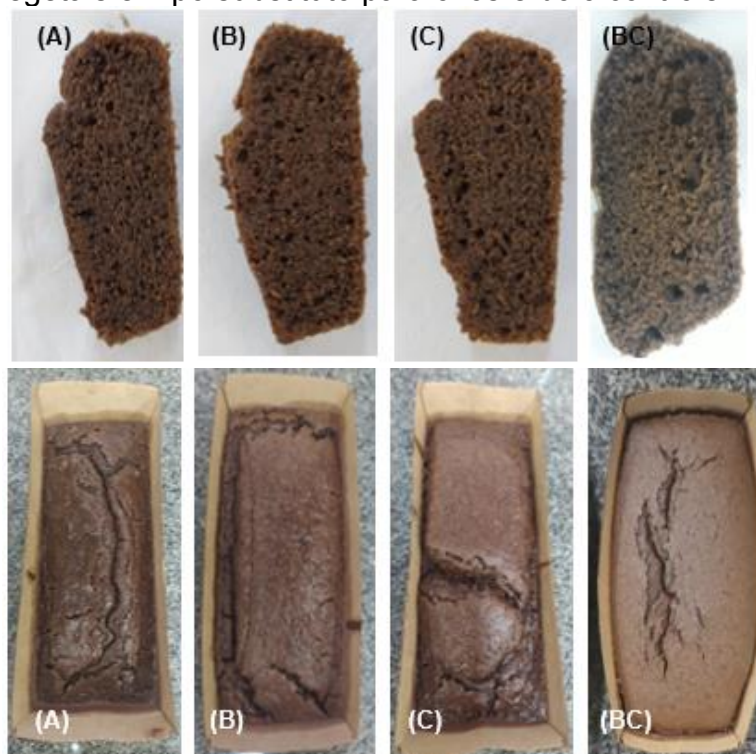
Em relação a frequência de consumo de alimentos sem glúten, 42,62% declararam consumir ocasionalmente; 4,92% 1 vez na semana; 4,92% 3 vezes na semana e 3,28% diariamente. Deste total, 11,76% declarou consumir bolo sem glúten.

Em relação ao hábito de dar preferência ao consumo e compra de alimentos sem ovos, 1,54% afirmou dar preferência para bolos sem ovos. Porém, em 28,87% dos provadores afirmou ter receio de consumir alimentos com ovos na composição, sendo 13,43% responderam a opção maionese e/ou salada; 7,46% molhos; 2,99% sobremesa; 1,49% bolos e tortas e 1,49% mousses e cremes. A maioria dos participantes (98,36%) afirmou que consumiria um bolo livre de glúten, leite e ovos.

NA Figura 18 apresenta-se um comparativo das fatias e da vista aérea dos bolos A, B, C e BC, nela podemos observar que os bolos com substituto para ovos possuem uma coloração mais escura, em concordância com a análise colorimétrica (**Tabela 9**).

A Tabela 12 apresenta-se os valores sensoriais médios da aceitação e da intenção de compras dos bolos A, B, C e BC. A seleção do preparado vegetal em pó nas proporções utilizadas nos bolos A, B e C foi feita com base nos maiores resultados de FE e EE obtidos no planejamento de misturas, respectivamente nos ensaios 2, 5 e 7 (Tabela 6; Figuras 14, 15 e 16). A escolha das proporções nos ensaios mencionados permitiu estudar nos bolos variações na mistura do preparado vegetal de 60%, 65% e 77% de aquafaba, uma quantidade fixa de 20% de proteína de lentilha para todas as misturas, e a valores de 3; 8,5% e 14% de ácido cítrico.

**Figura 18** - Comparativos das fatias e da vista aérea dos bolos sem glúten com preparados vegetais em pó substituto para ovos e bolo controle.



A = bolo com substituto vegetal da formulação 2 da matriz de planejamento; B = bolo com substituto vegetal da formulação 5 da matriz de planejamento; C = bolo com substituto vegetal da formulação 7 da matriz de planejamento; BC = bolo controle com ovos.

Fonte: O autor (2020).

**Tabela 12** - Valores sensoriais médios da aceitação e intenção de compra dos bolos com preparado vegetal em pó substituto para ovos e bolo controle.

Atributos	A	B	C	BC
Cor	7,92 ± 1,19 <sup>ab</sup>	8,15 ± 0,83 <sup>a</sup>	8,07 ± 0,95 <sup>ab</sup>	7,67 ± 1,46 <sup>b</sup>
Aroma	7,46 ± 1,60 <sup>a</sup>	7,52 ± 1,48 <sup>a</sup>	7,74 ± 1,09 <sup>a</sup>	7,52 ± 1,58 <sup>a</sup>
Creiosidade	6,98 ± 1,64 <sup>a</sup>	7,56 ± 1,26 <sup>a</sup>	7,39 ± 1,35 <sup>a</sup>	7,31 ± 1,70 <sup>a</sup>
Textura	6,75 ± 1,69 <sup>b</sup>	7,51 ± 1,25 <sup>a</sup>	7,23 ± 1,56 <sup>ab</sup>	7,66 ± 1,63 <sup>a</sup>
Sabor	6,51 ± 2,05 <sup>b</sup>	6,98 ± 1,55 <sup>ab</sup>	7,08 ± 1,90 <sup>ab</sup>	7,34 ± 1,73 <sup>a</sup>
Aparência da massa	7,48 ± 1,50 <sup>b</sup>	7,93 ± 1,01 <sup>ab</sup>	7,72 ± 1,56 <sup>ab</sup>	8,03 ± 1,21 <sup>a</sup>
Impressão Global	6,90 ± 1,76 <sup>a</sup>	7,25 ± 1,66 <sup>a</sup>	7,23 ± 1,69 <sup>a</sup>	7,43 ± 1,75 <sup>a</sup>
Intenção de compra	3,15 ± 1,31 <sup>b</sup>	3,70 ± 1,07 <sup>a</sup>	3,62 ± 1,19 <sup>a</sup>	3,77 ± 1,10 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as médias ao nível de 5 % de significância.

Os dados representam os valores sensoriais médios ± desvio padrão (n = 61).

A = bolo com substituto vegetal da formulação 2 da matriz de planejamento; B = bolo com substituto vegetal da formulação 5 da matriz de planejamento; C = bolo com substituto vegetal da formulação 7 da matriz de planejamento; BC = bolo controle com ovos.

Escala hedônica: (1) desgostei muitíssimo ... (5) nem gostei / nem desgostei ... (9) gostei muito.

Intenção de compra: (1) certamente não compraria ... (3) talvez compraria / talvez não compraria ... (5) certamente compraria.

Fonte: O autor (2020).

A aceitação dos Bolos avaliados foi estatisticamente similar para os atributos impressão global, cremosidade e aroma. O bolo B obteve a maior média de 8,15 em comparação dos bolos A, C e BC para o atributo cor. As formulações B, C e BC não tiveram diferenças significativas para os atributos aparência da massa, textura, sabor e intenção de compra.

Aslan e Ertas (2020) obtiveram uma menor aceitação nos parâmetros sensoriais de aparência, estrutura de poros, cor, odor, sabor, e aceitação global do bolo com substituição total de ovos por aquafaba em relação ao controle. A substituição em 75% dos ovos surtiu uma aceitabilidade no parâmetro cor, estatisticamente semelhante ao controle.

Hedayati e Mazaheti (2018) realizaram a substituição total de ovos por extrato de soja líquido em combinação com diferentes porcentagens de (0 - 6%) de lecitina de soja e avaliaram os atributos sensoriais, sendo que na combinação com 4%, obtiveram atributos de cor, sabor e de aceitação global estatisticamente similares ao controle.

O bolo A teve uma aceitação inferior para os atributos de aparência da massa, textura e intenção de compra se comparado com o bolo BC. Em contrapartida, os bolos B e C obtiveram médias sensoriais similares ao bolo BC para todos os atributos avaliados, indicando que essas formulações foram tão aceitas quanto o controle. A maior aceitação dos bolos B e C em comparação com o bolo A frente ao controle demonstra que a porcentagem entre 66% e 71,5% de aquafaba, de 20% de proteína de lentilha e entre 8,5% e 14% de ácido cítrico no preparado vegetal em pó mostrou-se mais apropriada na obtenção de características sensoriais desejadas pelos provadores.

De forma adicional, o bolo B foi considerado a amostra mais aceita sensorialmente, já que o atributo cor teve uma aceitação maior que a do bolo BC e os demais atributos possuem médias estatisticamente próximas. Desta forma, a formulação de preparado vegetal em pó composta de 66% de aquafaba, 20% de proteína de lentilha e 14% de ácido cítrico rendeu o bolo com a maior aceitação sensorial na substituição de ovos em bolos sem glúten.

## 6. CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou a viabilidade da produção de aquafaba em pó, a sua utilização como matéria prima em diferentes estados: líquido (reidratado) e pó. A caracterização do grão-de-bico e de seus subprodutos apresentaram a importância da utilização do grão como um todo, aproveitando os nutrientes e fatores tecnológicos resultantes de cada etapa de seu processamento.

Conclui-se que o estudo das características físico-químicas da mistura de aquafaba em pó (AP), proteína de lentilha (PL) e ácido cítrico (AC) em conjunto em uma matriz de planejamento foi eficiente, e abre precedentes para novos estudos com enfoque de otimizar formulações para substituição de ovos em diferentes matrizes alimentares, de acordo com a característica tecnológica dos ovos que deseja-se substituir.

Por fim, conclui-se que o bolo elaborado com a substituição de ovos pelo preparado vegetal em pó compostos de 66% de aquafaba, 20% de proteína de lentilha e 14% de ácido cítrico, valores otimizados com auxílio do planejamento de mistura e da função de otimização, rendeu o bolo com a maior aceitação sensorial, com médias sensoriais similares ou maiores que a do bolo controle, demonstrando que a utilização de compostos alimentares de origem vegetal são uma alternativa para substituição de ovos em bolos sem glúten.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. **Approved Methods of the AACC**, Method 74–09, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 1988.

AACC. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**, 10 Ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 2000.

AGRAHAR-MURUGKAR, D; ZAIDI, A; KOTWALIWALE, N; GUPTA, C. Effect of Egg-Replacer and Composite Flour on Physical Properties, Color, Texture and Rheology, Nutritional and Sensory Profile of Cakes. **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 5, p. 425-435, 2016.

AGUILAR, N.; ALBANELL, E.; MIÑARRO, B.; CAPELLAS, M. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. **Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 225–232, 2015.

AGUILERA, Y.; ESTRELLA, I.; BENITEZ, V.; ESTEBAN, R. M.; MARTÍN-CABREJAS, M. A. Bioactive phenolic compounds and functional properties of dehydrated bean flours. **Food Research International**, v. 44, n. 3, p. 774-780, 2011.

ALAJAJI, S. A.; EL-ADAWY, T. A. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 8, p. 806-812, 2006.

ALSALMAN, F. B.; TULBEK, M.; NICKERSON, M.; RAMASWAMY, H. S. Evaluation and optimization of functional and antinutritional properties of aquafaba. **Legume Science**, v. 2, n. 2, p. e30, 2020.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**, 16th edition. Volume 2. AOAC (Association of Official Analytical Chemists) International; Arlington; USA, 1995.

ARAÚJO, H. M. C. **Impacto da doença celíaca na saúde, nas práticas alimentares e na qualidade de vida de celíacos**. 2001. 97f. Dissertação. (Mestrado em Nutrição humana) – Universidade de Brasília. Faculdade de ciências da saúde departamento de nutrição, Brasília.

ARAÚJO, H. M. C; ARAÚJO, W. M. C; BOTELHO, R. B. A; ZANDONADI, R. P. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**. Campinas, v.23 n.3. p.467-474. mai/jun, 2010.

ARAÚJO, W.; BORGIO, L.; BOTELHO, R.; MONTEBELLO, N. **Alquimia dos alimentos**. 2. ed. Brasília: Senac, 2011.

AROZARENA, I.; BERTHOLO, H.; EMPIS, J.; BUNGER, A.; SOUSA, I. Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and Xanthan gum in yellow cakes. **European Food Research and Technology**, v. 213, n. 4-5, p. 312-316, 2001.

ASHWINI, A; JYOTSNA, R; INDRANI, D. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 3, p. 700-707, 2009.

ASLAN, M; ERTAŞ, N. Possibility of using 'chickpea aquafaba' as egg replacer in traditional cake formulation. **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, v. 24, n. 1, p. 1-8, 2020.

AUSTRALIA. Australian Government. **Australia New Zealand Food Standards Code - Standard 1.2.3 - Mandatory Warning and Advisory Statements and Declarations**. 2011. Disponível em: < <https://www.legislation.gov.au/Details/F2011C00610> >. Acesso em: 22 mar. 2019.

AVANCINI, S. R. P.; SALES, A. M.; AGUIRRE, J. M. D.; MANTOVANI, D. M. **Composição química e valor nutricional de cultivares de grão-de-bico produzidos no Estado de São Paulo**. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, v. 22, n. 2, p. 145-153, 1992.

BARBOSA, A. J.A; RODRIGUES, M. A. M. Tubo digestivo. In: FILHO, G. B. (Ed.). **Bogliolo patologia**. 8 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koongan, 2012. p.749.

BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. **Journal of Agricultural and Food chemistry**, v. 25, n. 2, p. 258-261, 1977.



BORNEO, R; AGUIRRE, A; LEÓN, A. E. Chia (*Salvia hispanica* L) Gel Can Be Used as Egg or Oil Replacer in Cake Formulations. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 110, n. 6, p. 946–949, 2010.

BOURNE, M. **Food texture & viscosity: Concept and measurement**. New York: Elsevier. 2 ed. 2002.

BOYCE, J. A.; ASSA'AD, A.; BURKS, A. W.; JONES, S. M.; SAMPSON, H. A., WOOD, R. A.; BAHNA, S. L. Guidelines for the diagnosis and management of food allergy in the United States: Summary of the NIAID-sponsored expert panel report. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 126, n. 6, p. 1105–1118, 2010.

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.

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, v. 139, n. 7-E, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, D.F.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 45, de 03 de novembro de 2010. **Regulamento técnico sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF)**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, D.F., 05 nov. 2010.

BRASIL. Resolução RDC nº 26, de 2 de julho de 2015. **Regulamento técnico sobre os requisitos para rotulagem obrigatória dos principais alimentos que causam alergias alimentares**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, Brasília, DF, 2015.

BRICKS, L. F. Reações adversas aos alimentos na infância: intolerância e alergia alimentar: atualização. **Revista de Pediatria**, São Paulo. v.16 n.4. p. 176-185, 1994.

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

BURKS, A. W.; TANG, M., SICHERER, S.; MURARO, A.; EIGENMANN, P. A.; EBISAWA, M.; ... HOURIHANE, J. ICON: food allergy. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 129, n. 4, p. 906-920, 2012.

CABANILLAS, B; JAPPE, U; NOVAK, N. Allergy to Peanut, Soybean, and Other Legumes: Recent Advances in Allergen Characterization, Stability to Processing and IgE Cross-Reactivity. **Molecular nutrition & food research**, v. 62, n. 1, p. 1700446, 2018.

CANADÁ. **Food and Drug Regulations**. 2019. Disponível em: < [https://laws.justice.gc.ca/PDF/C.R.C.,\\_c.\\_870.pdf](https://laws.justice.gc.ca/PDF/C.R.C.,_c._870.pdf) >. Acesso em: 22 mar. 2019.

CANELLA-RAWLS, S. **Espressantes na confeitaria: Texturas e sabores**. São Paulo -SP: Senac São Paulo, 2014.

CAPELA, P.; HAY, T. K. C.; SHAH, N. P. Effect of cryoprotectants, prebiotics and microencapsulation on survival of probiotic organisms in yoghurt and freeze-dried yoghurt. **Food Research International**, v. 39, n. 2, p. 203-211, 2006.

CECHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Editora da UNICAMP: São Paulo, 1999.

CODEX ALIMENTARIUS. **General standard for the labelling of prepackaged foods. International Food Standard. 2018**. Disponível em: < [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/pt/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCODEX%2B2018%2B1-1985%252FCXS\\_001e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/pt/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCODEX%2B2018%2B1-1985%252FCXS_001e.pdf) >. Acesso em: 19 mar. 2019.

CORNEJO, F. E. P; NOGUEIRA, R. I; WILBERG, V. C. **Secagem como método de conservação de frutas. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**. Documentos 54. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1 Ed. 2003.

DALMAU, M. E.; BORNHORST, G. M.; EIM, V.; ROSSELLÓ, C.; SIMAL, S. Effects of freezing, freeze drying and convective drying on in vitro gastric digestion of apples. **Food chemistry**, v. 215, p. 7-16, 2017.

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.

DECHER, N; KRENITSKY, J. S. Tratamento Nutricional nos Distúrbios do Trato Gastrointestinal Inferior. In: MAHAN, K.L; ESCOTT-STUMP, S; RAYMOND, J. L. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p. 618.

DEEP SINGH, G; WANI, A. A; KAUR, D; SOGI, D. S. Characterisation and functional properties of proteins of some Indian chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 5, p. 778-786, 2008.

DEMAIN, A. L. Microbial biotechnology *Trends in Biotechnology*, 2000.

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.

DING, Q. B.; AINSWORTH, P.; PLUNKETT, A.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. **Journal of food engineering**, v. 73, n. 2, p. 142-148, 2006.

DUNLOP, J. H; KEET, C. A. Epidemiology of Food Allergy. **Immunology and Allergy Clinics**, v. 38, n. 1, p. 13-25, 2018.

DUTCOSKY, S (ed). **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2013.

FAO CODEX ALIMENTARIUS. **General standard for the labelling of prepackaged foods**. International Food Standard. 2018. Disponível em: < [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/pt/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCODEX%2B2020%2B1-1985%252FCXS\\_001e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/pt/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCODEX%2B2020%2B1-1985%252FCXS_001e.pdf) >. Acesso em: 19 mar. 2019.

FDA (Food and Drug Administration). **Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004**. 2004. Disponível em: < <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/Allergens/ucm106187.htm> > Acesso em: 19 mar. 2019.

FDA (Food and Drug Administration). **Food Code 2013**. 2013. Disponível em: < <http://www.fda.gov/food/guidanceregulation/retailfoodprotection/foodcode/ucm374275.htm> >. Acesso em: 19 mar. 2019.

FELLOWS, P. **Principles and practice**. Food processing technology, 2nd ed., ed. Ellis Horwood, Chichester, UK, p. 369-380, 2000.

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

FIORUCCI, A. R; SOARES, M. H. F. B; CAVALHEIRO, E. T. G. O conceito de solução tampão. **Química Nova na Escola**, v. 13, p. 18-21, 2001.

GALLO, L. R. R. **Gel de chia: vida de prateleira e substituição de ovo**. 2015. 62. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana). Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

GARBA, U; KAUR, S. Protein isolates : production, functional properties and application. **International Journal of Current Research and Review**, v. 6, n. 3, p. 35, 2014.

GAUR, P. M; TRIPATHI, S; GOWDA, C. L; RANGA RAO, G. V; SHARMA, H. C; PANDE, S; SHARMA, M. **Chickpea Seed Production Manual**. **International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics**. Andhra Pradesh, Índia, 2010.

GIORDANO, L. D. B; FRANÇA, F; CRISOSTOMO, L; da SILVA, C. B; AGUILAR, J; REIFSCHNEIDER, F; ROCHA, F. E de C; DIAS, J. A. A; PAEZ, P. B; SILVA, H. R; MATOS, A. T; GUEDES, A. C; CARRIJO, O. A; ANDREOLI, C. **As culturas da ervilha e da lentilha**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Embrapa-CNPQ, 1993.

GOMES, J. C; OLIVEIRA, G. F. **Análises Físico-Químicas de Alimentos**. Viçosa: UFV, 2011.

GÓMEZ, M.; OLIETE, B.; ROSELL, C. M.; PANDO, V.; FERNÁNDEZ, E. Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, n. 9, p. 1701–1709, 2008.

GREWAL, H. S; KALRA, K. L. Fungal production of citric acid. **Biotechnology advances**, v. 13, n. 2, p. 209-234, 1995.

GUIMARÃES, R. C. A; FAVORO, S. P; VIANA, A. C. A; BRAGA NETO, J. A; NEVES, A V; HONER, M. R. **Study of the proteins in the defatted flour and protein concentrate of baru nuts (*Dipteryx alata* Vog.)**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas-SP, v. 32, n. 3, p. 464–470, 2012.

GULARTE, M. A; GÓMEZ, M; ROSELL, C. M. Impact of Legume Flours on Quality and In Vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 8, p. 3142-3150, 2012.

HALL, G. M. **Methods of testing protein functionality**. Springer Science & Business Media, 1996.

HEDAYATI, S; MAZAHERI TEHRANI, M. Effect of total replacement of egg by soymilk and lecithin on physical properties of batter and cake. **Food science & nutrition**, v. 6, n. 4, p. 1154-1161, 2018.

HER, J.; KIM, M. S.; LEE, K. Preparation of probiotic powder by the spray freeze-drying method. **Journal of Food Engineering**, v. 150, p. 70-74, 2015.

HOANG, H. D. **Evaluation of Pea Protein and Modified Pea Protein as Egg Replacers**. A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the North Dakota State University of Agriculture and Applied Science. 167f. 2012.

IBOPE. Disponível em: <<http://www.ibopeinteligencia.com/noticias-e-pesquisas/14-da-populacao-se-declara-vegetariana/>> . Acesso em: 30 de julho de 2018.

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.

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.

KARACA, A. C; LOW, N; NICKERSON, M. Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction. **Food Research International**, v. 44, n. 9, p. 2742-2750, 2011.

KARACA, A. C; NICKERSON, M; LOW, N. H. Microcapsule production employing chickpea or lentil protein isolates and maltodextrin: Physicochemical properties and oxidative protection of encapsulated flaxseed oil. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1–4, p. 448–457, 2013.

KOBORI, C. N; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência e agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, 2005.

KOHAJDOVÁ, Z; KAROVIČOVÁ, J; MAGALA, M. Effect of lentil and bean flours on rheological and baking properties of wheat dough. **Chemical Papers**, v. 67, n. 4, p. 398-407, 2013.

KÖHN, C. R; FONTOURA, A. M; KEMPKA, A. P; DEMIATE, I. M; KUBOTA, E. H; PRESTES, R. C. Assessment of different methods for determining the capacity of water absorption of ingredients and additives used in the meat industry. **International Food Research Journal**, v. 22, n. 1, 2015.

KOTZE, L. M. S; UTIYAMA, S. R. R. Doença celíaca e outros distúrbios na absorção de nutrientes. In: RENATO, D; PASSOS, M. C. F. **Gastroenterologia essencial**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p.294-330.

LADJAL-ETTOUMI, Y; BOUDRIES, H; CHIBANE, M; ROMERO, A. Pea, Chickpea and Lentil Protein Isolates: Physicochemical Characterization and Emulsifying Properties. **Food Biophysics**, v. 11, n. 1, p. 43–51, 2016.

LAFARGA, T; ÁLVAREZ, C; VILLARÓ, S; BOBO, G; AGUILÓ-AGUAYO, I. Potential of pulse-derived proteins for developing novel vegan edible foams and emulsions. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 475-481, 2020.

LAFARGA, T.; VILLARÓ, S.; BOBO, G.; AGUILÓ-AGUAYO, I. Optimisation of the pH and boiling conditions needed to obtain improved foaming and emulsifying properties of chickpea aquafaba using a response surface methodology. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 18, n. June, p. 100177, 2019.

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

LIN, C. S; ZAYAS, J. F. Functionality of defatted corn germ proteins in a model system: fat binding capacity and water retention. **Journal of Food Science**, v. 52, n. 5, p. 1308-1311, 1987.

LIN, M. J. Y.; HUMBERT, E. S.; SOSULSKI, F. W. Certain functional properties of sunflower meal products. **Journal of Food Science**, v. 39, n. 2, p. 368-370, 1974.

LIN, M; TAY, S. H; YANG, H; YANG, B.; LI, H. Development of eggless cakes suitable for lacto-vegetarians using isolated pea proteins. **Food Hydrocolloids**, v. 69, p. 440–449, 2017a.

LIN, M.; TAY, S. H.; YANG, H.; YANG, B.; LI, H. Replacement of eggs with soybean protein isolates and polysaccharides to prepare yellow cakes suitable for vegetarians. **Food Chemistry**, v. 229, p. 663–673, 2017b.

LIU, S.; ELMER, C.; LOW, N. H.; NICKERSON, M. T. Effect of pH on the functional behaviour of pea protein isolate-gum Arabic complexes. **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 489-495, 2010.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. **Krause - Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 13 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MAO, L.; MIAO, S. Structuring Food Emulsions to Improve Nutrient Delivery During Digestion. **Food Engineering Reviews**, v. 7, n. 4, p. 439–451, 2015.

MARTINEZ, M.; STONE, A. K.; YOVCHEV, A. G.; PETER, R.; VANDENBERG, A.; NICKERSON, M. T. Effect of genotype and environment on the surface characteristics and functionality of air-classified faba bean protein concentrates. **European Food Research and Technology**, v. 242, n. 11, p. 1903-1911, 2016.

MASTERS, K. **Spray drying in practice**. SprayDryConsult, 2002.

MEDEIROS, F. M.; ALVES, M. G. M. Qualidade de Ovos Comerciais. **Revista Eletrônica Nutritime**. Artigo 257 Volume 11 - Número 04, p. 3515- 3524, jul/ago 2014.

MEURER, M. C. **Efeitos do ultrassom nas propriedades tecnológicas da água de cozimento do grão-de-bico (aquafaba)**. 2019. 94 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre, 2019.

MIZUBUTI, I. Y.; BINDO JUNIOR, O.; SOUZA, L. W. O.; SILVA, R. S. S. F; IDA, El. Propriedades funcionais da farinha e concentrado protéico de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 50, n. 3, p. 274-280, 2000.

MORAIS, A. R.; ALENCAR, É. N.; JÚNIOR, F. H. X.; DE OLIVEIRA, C. M.; MARCELINO, H. R.; BARRATT, G.; ELAISSARI, A. Freeze-drying of emulsified systems: A review. **International journal of pharmaceutics**, v. 503, n. 1-2, p. 102-114, 2016.

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.

MUSTAFA, R.; HE, Y.; SHIM, Y. Y.; REANEY, M. J. Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 10, p. 2247–2255, 2018.



NASCIMENTO, W. M. **Hortaliças leguminosas**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2016.

NGUYEN, T. M. N.; NGUYEN, T. P.; TRAN, G. B.; LE, P. T. Q. Effect of Processing Methods on Foam Properties and Application of Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.) Aquafaba in Eggless Cupcakes. **Journal of Food Processing and Preservation**, p. e14886, 2020.

PEREIRA, B. B. **Aditivos alimentares: conceitos, aplicações e toxicidade**. Monte Carmelo, MG: FUCAMP, 2013.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. Bol. **CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p.24, 2004.

PERSISTENCE MARKET RESEARCH. **Vegan Egg Substitute: Market Outlook**. Persistence Market Research, 2019. Disponível em: <<https://www.persistencemarketresearch.com/>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

PIZZINATTO, A.; MAGNO, C. P. R.; CAMPAGNOLLI, D. M. F.; VITTI, I. P.; LEITO, R. F. F. **Avaliação tecnológica de produtos derivados de farinhas de trigo (pão, macarrão, biscoito)**. 54. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 1993.

PORTARI, G. V.; TAVANO, O. L.; SILVA, M. A. D.; NEVES, V. A. Effect of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germination on the major globulin content and in vitro digestibility. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 807-812, 2005.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N. P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3. ed. São Paulo -SP: Instituto Adolfo Lutz, 1985.

PRIMOZIC, M.; DUCHEK, A.; NICKERSON, M.; GHOSH, S. Effect of lentil proteins isolate concentration on the formation, stability and rheological behavior of oil-in-water nanoemulsions. **Food Chemistry**, v. 237, p. 65–74, 2017.

RAHMATI, N. F.; MAZAHARI TEHRANI, M. Replacement of Egg in Cake: Effect of Soy Milk on Quality and Sensory Characteristics. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 6, p. 574–582, 2014.

RATHI, C.L.; PRADHAN, S.S.; SRIRAM, A.; NAIR, M. **Whole egg replacing novel premix concentrate specially designed for cake and cake related products**. US 2010.0040755 A1. Depósito: 18 ago. 2009. Concessão: 18 fev. 2010.

RAYMUNDO, A.; EMPIS, J.; SOUSA, I. White lupin protein isolate as a foaming agent. **Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A**, v. 207, n. 2, p. 91-96, 1998.

RONA, R. J.; KEIL, T.; SUMMERS, C.; GISLASON, D.; ZUIDMEER, L.; SODERGREN, E.; MCBRIDE, D. The prevalence of food allergy: A meta-analysis. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 120, n. 3, p. 638-646, 2007.

SHARMA, R. D. **Algumas informações sobre a cultura do Grão-de-bico (Cicer arictinum L)**. EMBRAPA – CPAC. Planaltina, 20p. 1984.

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.

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

SINGH, K. B. Chickpea (Cicer arietinum L.). **Field crops research**, v. 53, n. 1-3, p. 161-170, 1997.

SOLÉ, D.; SILVA, L. R.; COCCO, R. R.; FERREIRA, C. T.; SARNI, R. O.; OLIVEIRA, L. C.; OLIVEIRA, J. C. **Consenso Brasileiro sobre Alergia Alimentar: 2018 - Parte 2**. Diagnóstico, tratamento e prevenção. Documento conjunto elaborado pela Sociedade Brasileira de Pediatria e Associação Brasileira de Alergia e Imunologia. **Brazilian Journal Allergy and Immunology**, 2(1), 39-82.v. 2, n. 1, p. 39–82, 2018.

STANTIAL, S. E.; DALE, K. J.; CALIZO, F. S.; SERVENTI, L. Application of pulses cooking water as functional ingredients: the foaming and gelling abilities. **European Food Research and Technology**, v. 244, n. 1, p. 97-104, 2018.

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.

TBCA. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 6.0. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em: 10 ago. 2019.

TABILO-MUNIZAGA, G.; VILLALOBOS-CARVAJAL, R.; HERRERA-LAVADOS, C.; MORENO-OSORIO, L.; JARPA-PARRA, M.; PÉREZ-WON, M. Physicochemical properties of high-pressure treated lentil protein-based nanoemulsions. **Lwt**, v. 101, p. 590–598, 2019.

TACO, NEPA. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Revista Ampliada NEPA UNICAMP, p. 161, 2011.

TAVARES, J. A. S.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BECKER, F. S.; COSTA, E. E. Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 42, n. 6, p. 1102–1109, 2012.

TETRICK, J.; BOOT, J. J. A.; JONES, C. M.; CLEMENTS, M. A.; OLIVEIRA, M. A.; ALBANELLO, L. **Plant-based egg substitute and method of manufacture**. U.S. Patent Application n. 14/356,138, 4 dez. 2014.

TURABI, E.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n. 2, p. 305–312, 2008.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) N.º 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2011 relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios**. Jornal Oficial da União Europeia, v. 22, p. 18-63, 2011.

USDA. United States Department of Agriculture. 2018. **Food Composition Databases**. Disponível em: < <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/> >. Acesso em: 19 jun. 2018.

VIEIRA, E.L. **Determinação de glúten em cultivares brasileiros de aveia e produtos derivados**. 2001. 51f. Dissertação. (Mestrado) – Universidade

Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Curso de Pós-graduação em Ciência dos alimentos, Florianópolis – SC.

YANG, X.; FOEGEDING, E. A. Effects of sucrose on egg white protein and whey protein isolate foams: Factors determining properties of wet and dry foams (cakes). **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 2-3, p. 227-238, 2010.

ZHANG, T.; JIANG, B.; MU, W.; WANG, Z. Emulsifying properties of chickpea protein isolates: Influence of pH and NaCl. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 1, p. 146-152, 2009.

ZHENG, H.; YANG, X.; TANG, C.; LI, L.; AHMAD, I. Preparation of soluble soybean protein aggregates (SSPA) from insoluble soybean protein concentrates (SPC) and its functional properties. **Food research international**. v. 41, p.154-164, 2008.

ZION MARKET RESEARCH. **Global Egg Replacement Ingredient Market**. Zion Market Research, 2019. Disponível em: <<https://www.zionmarketresearch.com/report/egg-replacement-ingredient-market>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

**ANEXO A** - Termo de consentimento livre e esclarecido na forma de convite para julgadores dos bolos - teste de aceitação.



## CENTRO UNIVERSITÁRIO INTEGRADO

Mantenedora: CEI - Centro Educacional Integrado Ltda  
Credenciamento: Portaria Nº 1.368 de 27/10/2017, publicada no D.O.U. 30/10/17

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa “Substituição de ovos em bolo sem glúten por preparado vegetal: desenvolvimento, caracterização e aplicação tecnológica”.

No caso de você concordar em participar, favor assinar ao final do documento. Sua participação não é obrigatória e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador (a) ou com a instituição. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço do pesquisador (a) principal, podendo esclarecer dúvidas do projeto e de sua participação.

**Nome da pesquisa:** Substituição de ovos em bolo sem glúten por preparado vegetal: desenvolvimento, caracterização e aplicação tecnológica

**Pesquisador(a) responsável:** Professora Doutora Ângela Claudia Rodrigues

**Endereço:** Avenida Brasil, nº 4232, Bairro Parque Independência, Medianeira - PR, CEP 84885-000

**Telefone:** (45) 3240-8109

**E-mail:** angelac.utfpr@gmail.com

**Pesquisadores participantes:** Mestranda Pauline Godoi Silva e Dra. Daneysa Lahus Kalschne

**Objetivos da pesquisa:** Desenvolver um preparado vegetal a partir da proteína vegetal e água residual do cozimento do grão de bico e utiliza-lo como substituto de ovos em receitas de bolo sem glúten.

**Procedimentos do estudo:** Serão desenvolvidas 4 formulações de bolos sem glúten, uma com ovos (controle) e outras três com preparado vegetal em pó a base de água residual do cozimento do grão de bico seca por atomização, proteína vegetal de lentilha e ácido cítrico, sendo utilizado como substituto de ovos. O bolo controle será elaborado através do uso dos seguintes ingredientes: ovos, água, farinha de arroz, fécula de batata, açúcar, goma xantana, aroma artificial de baunilha branca, óleo de soja, fermento químico, sal marinho, vinagre de maçã e cacau em pó. A elaboração prática das formulações será conduzida seguindo as Boas Práticas de Fabricação. Serão realizadas análises microbiológicas (Salmonella, Estafilococos coagulase positiva e de Coliformes termotolerantes) conforme especificado na Resolução nº12 de 02 de Janeiro de 2001, além destas análises, serão avaliados ainda os seguintes parâmetros: análises volumétricas e textura (Perfil de textura, Expansão do bolo, Índice de volume, Volume específico), assim

como, a caracterização físico-química e de cor (Umidade, Cinzas, Proteína, Lipídeos totais, Carboidratos, Fibra Alimentar, Análise de cor). Após análises microbiológicas, garantindo que os bolos estão aptos para o consumo, para avaliar a aceitação será conduzida a uma avaliação sensorial. Para o teste de aceitação será aplicada uma escala hedônica com categorias: gostei extremamente (9) a desgostei extremamente (1), para avaliar os atributos de cor, aroma, textura, sabor e impressão global. Para o teste de intenção de compra, consiste na utilização da escala de 5 pontos com as categorias do certamente não compraria (1) à certamente compraria (5), para indicar a intenção de compra. Assim como um questionário para identificação do participante e seus hábitos de consumo. Você será convidado a degustar quatro amostras, em uma única sessão, de formulações de bolos sem glúten, uma com ovos e outras três com o substituto vegetal para ovos. Sendo que, as amostras serão codificadas com 3 dígitos numéricos, servidos separadamente a temperatura ambiente, em pratos descartáveis, com aproximadamente 30 gramas cada amostra. As amostras serão acompanhadas de um copo de água mineral sem gás, para que você possa realizar a limpeza do palato, após a degustação de cada amostra, de forma que não fique o gosto residual na boca, após a sua avaliação.

Poderão participar da pesquisa qualquer pessoa, não sendo apresentado descrição da população (tamanho, faixa etária, sexo, cor/raça e etnia), pelo fato de a pesquisa ser realizada para avaliar critérios específicos da análise sensorial, que seja ou não consumidor de produtos isentos de glúten, com idade superior a 18 anos. Serão excluídos da avaliação sensorial pessoas diabéticas, gestantes e hipertensos, bem como, intolerantes ou alérgicas aos ingredientes da formulação dos bolos.

**Custo/Reembolso para o participante:** ao participante ou responsável não acarretará nenhum gasto assim como não receberá qualquer espécie de reembolso ou gratificação devido à participação na pesquisa.

**Confidencialidade da pesquisa:** a equipe de pesquisa manterá em sigilo a privacidade dos sujeitos quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Apenas serão divulgados dados diretamente relacionados aos objetivos da pesquisa.

### **DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO**

Li, ou alguém leu para mim, as informações contidas neste documento antes de assinar este termo de consentimento. Declaro que fui informado sobre os métodos e meios do estudo a ser utilizado, as inconveniências, riscos, benefícios e eventos que podem vir a ocorrer em consequência dos procedimentos do estudo. Declaro que tive tempo suficiente para ler e entender as informações acima.

Declaro também que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi satisfatoriamente explicada e que recebi respostas para todas as minhas dúvidas. Confirmando também que recebi uma cópia deste formulário de consentimento. Compreendo que sou livre para me retirar do estudo em qualquer momento, sem perda de benefícios ou qualquer outra penalidade.

Dou meu consentimento de livre e espontânea vontade e sem reservas para participar deste estudo.

Nome do participante (em letra de forma)	Assinatura do participante ou representante legal	Data

OBS: caso necessário poderá ser acrescentado mais linhas de acordo com o número de participantes.

Atesto que expliquei cuidadosamente a natureza e o objetivo deste estudo, os possíveis riscos e benefícios da participação no mesmo, junto ao participante e/ou seu representante autorizado. Acredito que o participante e/ou seu representante recebeu todas as informações necessárias, que foram fornecidas em uma linguagem adequada e compreensível e que ele/ela compreendeu essa explicação.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

\_\_\_\_\_  
Data



**ANEXO B** – Termo de consentimento livre e esclarecido para a instituição participante da pesquisa.

**CENTRO UNIVERSITÁRIO INTEGRADO**

Mantenedora: CEI - Centro Educacional Integrado Ltda  
Credenciamento: Portaria Nº 1.368 de 27/10/2017, publicada no D.O.U. 30/10/17

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E  
ESCLARECIDO PARA A  
INSTITUIÇÃO PARTICIPANTE DA PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_ sob RG. nº \_\_\_\_\_ e CPF nº. \_\_\_\_\_ declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado(a) pelo(a) pesquisador(es) participante(s) Angela Claudia Rodrigues de todos os procedimentos que serão utilizados, riscos e desconfortos, benefícios, custo/reembolso dos participantes, confidencialidade da pesquisa, concordando ainda em permitir a realização da pesquisa. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isso leve a qualquer penalidade. Declaro ainda que recebi uma cópia desse Termo de Consentimento.

**Nome da pesquisa:** Substituição de ovos em bolo sem glúten por preparado vegetal: desenvolvimento, caracterização e aplicação tecnológica

**Pesquisador(a) responsável:** Professora Doutora Ângela Claudia Rodrigues

**Endereço:** Avenida Brasil, nº 4232, Bairro Parque Independência, Medianeira - PR, CEP 84885-000

**Telefone:** (45) 3240-8109

**E-mail:** angelac.utfpr@gmail.com

**Pesquisadores participantes:** Mestranda Pauline Godoi Silva e Dra. Daneysa Lahus Kalschne

**Objetivos da pesquisa:** Desenvolver um preparado vegetal a partir da proteína vegetal e água residual do cozimento do grão de bico e utiliza-lo como substituto de ovos em receitas de bolo sem glúten.

**Procedimentos do estudo:** Serão desenvolvidas 4 formulações de bolos sem glúten, uma com ovos (controle) e outras três com preparado vegetal em pó a base de água residual do cozimento do grão de bico seca por

atomização, proteína vegetal de lentilha e ácido cítrico, sendo utilizado como substituto de ovos. O bolo controle será elaborado através do uso dos seguintes ingredientes: ovos, água, farinha de arroz, fécula de batata, açúcar, goma xantana, aroma artificial de baunilha branca, óleo de soja, fermento químico, sal marinho, vinagre de maçã e cacau em pó. A elaboração prática das formulações será conduzida seguindo as Boas Práticas de Fabricação. Serão realizadas análises microbiológicas (Salmonella, Estafilococos coagulase positiva e de Coliformes termotolerantes) conforme especificado na Resolução nº12 de 02 de Janeiro de 2001, além destas análises, serão avaliados ainda os seguintes parâmetros: análises volumétricas e textura (Perfil de textura, Expansão do bolo, Índice de volume, Volume específico), assim como, a caracterização físico-química e de cor (Umidade, Cinzas, Proteína, Lipídeos totais, Carboidratos, Fibra Alimentar, Análise de cor). Após análises microbiológicas, garantindo que os bolos estão aptos para o consumo, para avaliar a aceitação será conduzida a uma avaliação sensorial. Para o teste de aceitação será aplicada uma escala hedônica com categorias: gostei extremamente (9) a desgostei extremamente (1), para avaliar os atributos de cor, aroma, textura, sabor e impressão global. Para o teste de intenção de compra, consiste na utilização da escala de 5 pontos com as categorias do certamente não compraria (1) à certamente compraria (5), para indicar a intenção de compra. Assim como um questionário para identificação do participante e seus hábitos de consumo. Você será convidado a degustar quatro amostras, em uma única sessão, de formulações de bolos sem glúten, uma com ovos e outras três com o substituto vegetal para ovos. Sendo que, as amostras serão codificadas com 3 dígitos numéricos, servidos separadamente a temperatura ambiente, em pratos descartáveis, com aproximadamente 50 gramas cada amostra. As amostras serão acompanhadas de um copo de água mineral sem gás, para que você possa realizar a limpeza do palato, após a degustação de cada amostra, de forma que não fique o gosto residual na boca, após a sua avaliação.

Poderão participar da pesquisa qualquer pessoa, não sendo apresentado descrição da população (tamanho, faixa etária, sexo, cor/raça e etnia), pelo fato de a pesquisa ser realizada para avaliar critérios específicos da

análise sensorial, que seja ou não consumidor de produtos isentos de glúten, com idade superior a 18 anos. Serão excluídos da avaliação sensorial pessoas diabéticas, gestantes e hipertensos, bem como, intolerantes ou alérgicas aos ingredientes da formulação dos bolos.

**Custo/Reembolso para o participante:** ao participante ou responsável não acarretará nenhum gasto assim como não receberá qualquer espécie de reembolso ou gratificação devido à participação na pesquisa.

**Confidencialidade da pesquisa:** a equipe de pesquisa manterá em sigilo a privacidade dos sujeitos quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Apenas serão divulgados dados diretamente relacionados aos objetivos da pesquisa.

**Medianeira, 19 de junho de 2020**

---

Nome por extenso, assinatura e carimbo do responsável.

**ANEXO C** - Ficha de levantamento de dados do perfil do provador

## Levantamento de dados

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino

Idade (anos): ( ) 18-25 ( ) 26-35 ( ) 36-45 ( ) 46-55 ( ) 56-65 ( ) > 65

### Grau de instrução:

( ) Ensino fundamental ( ) Ensino superior incompleto ( ) Pós-graduação incompleto

( ) Ensino médio ( ) Ensino superior completo ( ) Pós-graduação completo

Profissão: \_\_\_\_\_

### Com que frequência você consome bolos?

( ) Não consumo ( ) 3 vezes por semana ( ) Ocasionalmente

( ) Diariamente ( ) 1 vez por semana

### Qual seu sabor de bolo favorito? *\*Marque quantas opções quiser.*

( ) Chocolate ( ) Abacaxi ( ) Morango ( ) Laranja ( ) Cenoura

( ) Baunilha ( ) Fubá ( ) Limão ( ) Mandioca

( ) Outros. Quais? \_\_\_\_\_

### Você tem algum tipo de intolerância ou alergia alimentar? Se sim, marque qual (is) dentre as opções.

( ) não possuo alergias

( ) desconheço se possuo alergia

( ) alergia ao trigo

( ) alergia a proteína do leite

( ) alergia a peixe e frutos do mar

( ) alergia ao ovo

( ) alergia a soja

( ) alergia ao amendoim e castanhas

( ) intolerância ao glúten

( ) intolerância a lactose

**De acordo com a sua percepção, você possui dificuldade de encontrar alimentos compatíveis as suas alergias e intolerâncias alimentares?**

- ( ) Não possuo nenhuma alergia e ou intolerância alimentar  
 ( ) Sim, possui dificuldade.  
 ( ) Não possuo dificuldade de encontrar

**Com que frequência você consome algum tipo de alimento sem glúten?**

- ( ) Não consumo ( ) 3 vezes por semana ( )  
 Ocasionalmente  
 ( ) Diariamente ( ) 1 vez por semana

**Quais alimentos sem glúten você consome? *\*Marque quantas opções quiser.***

- ( ) pão ( ) bolo ( ) biscoito ( ) Não consumo alimentos sem glúten  
 ( ) pizza ( ) macarrão ( ) Outros. Quais?  
 \_\_\_\_\_

**Você segue algum dos tipos de alimentação citada abaixo?**

- ( ) vegetariano  
 ( ) vegano (não consome carnes, peixes, mel, ovos, laticínios e nenhum produto de origem animal)  
 ( ) Nenhuma das alternativas anteriores

**Você tem o hábito de dar preferência em adquirir algum produto sem ovos ao invés de um produto com ovos em sua composição? Se sim, indique qual. *\*Marque quantas opções quiser.***

- ( ) não ( ) pão sem ovos ( ) macarrão sem ovos ( ) bolo sem ovos ( )  
 biscoito sem ovos ( ) outros: \_\_\_\_\_

**Você possui algum receio de consumir alimentos com ovos em sua composição? Se sim, indique qual. *\*Marque quantas opções quiser.***

- ( ) Não possui receio, consumo igual. ( ) Sobremesas com ovos na composição  
 ( ) Bolos e tortas ( ) Pães ( ) Mousses e cremes ( ) Maionese e saladas  
 ( ) Molhos ( ) Outros: \_\_\_\_\_

Você consumiria um bolo livre de alergênico (sem glúten, sem leite e sem ovo)?

Sim  Não



**ANEXO D** - Ficha sensorial para o teste de aceitação e teste de intenção de compra.

### TESTE HEDÔNICO

Nome:..... Data: ...../...../.....

Você está recebendo uma amostra de **Bolo Sem Glúten e sem Leite**. Por favor, avalie a amostra usando a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo e indique o que você mais apreciou e menos apreciou. Use água para limpar o palato antes e entre as amostras.

AMOSTRA: \_\_\_\_\_

- 9 – gostei muitíssimo
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – nem gostei/nem desgostei
- 4 – desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei muitíssimo

Aparência <b>(da massa)</b> :
Cor:
Odor:
Cremosidade:
Textura:
Sabor:
Impressão global:

Indique o que você mais apreciou:.....

.....

Indique o que você menos apreciou:.....

.....

### TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

Com relação a amostra avaliada, indique a sua intenção de compra conforme a escala abaixo.

- 5 – certamente compraria
- 4 – possivelmente compraria
- 3 – talvez compraria/talvez não compraria
- 2 – possivelmente não compraria
- 1 – certamente não compraria

Intenção de compra:

Comentários:.....

---

Obrigada pela participação!