



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**CÍCERA ALYNE LEMOS MELO**

**DESENVOLVIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS TIPO TALHARIM**  
**ADICIONADAS DE FASEOLAMINA (*Phaseolus vulgaris* L.) E FARINHA DE**  
**LINHAÇA (*Linum usitatissimum* L.).**

**FORTALEZA**

**2018**

CÍCERA ALYNE LEMOS MELO

DESENVOLVIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS TIPO TALHARIM  
ADICIONADAS DE FASEOLAMINA (*Phaseolus vulgaris* L.) E FARINHA DE LINHAÇA  
(*Linum usitatissimum* L.).

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Processamento de Alimentos de Origem Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M485d Melo, Cicera Alyne Lemos.  
Desenvolvimento de massas alimentícias tipo talharim adicionadas de faseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.) e farinha de linhaça (*Linum usitatissimum* L.). / Cicera Alyne Lemos Melo. – 2018.  
143 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Rafael Andino Zambelli.

1. Massa alimentícia . 2. Talharim. 3. Farinha de linhaça. 4. Faseolamina. I. Título.

CDD 664

---

CÍCERA ALYNE LEMOS MELO

DESENVOLVIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS TIPO TALHARIM  
ADICIONADAS DE FASEOLAMINA (*Phaseolus vulgaris* L.) E FARINHA DE LINHAÇA  
(*Linum usitassimum* L.).

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Processamento de Alimentos de Origem Vegetal.

Aprovado em: 28/06/2021

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Izabel Florindo Guedes  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Prof. Dr. Júlio Cesar Barbosa Rocha  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A DEUS, aos meus pais Francisca Zildanete Lemos Melo e Detimar Vieira de Melo ( *In Memoriam*), e ao meu padastro Antônio Jerônimo Marcos Bizerra.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente e sempre a Deus que me permite realizar tantos sonhos, dentre eles o mestrado, que não foi nada fácil, as provações iniciaram ainda no processo seletivo. Mas, como para Ele não há nada impossível, o Seu amor e eterna compreensão não me deixou desistir, e me fortaleceram dia após dia. Portanto, a Ele minha eterna gratidão pelo dom da minha vida, por me permitir errar, aprender e crescer, por sempre colocar no meu caminho pessoas maravilhosas e, principalmente por ter me dado uma família tão especial.

À minha família por todo o apoio, principalmente nos dias mais árduos, eles nunca desistiram de mim. E, em especial a minha mãe Francisca Zildanete que sempre acreditou e lutou junto comigo, cada sonho ela estava junto, com abraços e orações, não tinha como eu não conseguir, pois unir Deus e as orações da minha mãe, a vitória é certa.

Aos meus irmãos Rennan e Fernanda, ao meu padrasto Jerônimo, às minhas cunhadas Cleane e Isabela, que sempre compreenderam minha ausência, onde nunca fui alvo de julgamentos, somente de compreensão. E não poderia esquecer a minha sogra Osana que por tantas vezes me acalentou com seus cafés maravilhosos.

Gratidão ao meu esposo Orlando pela paciência, pois entrei no mestrado no mesmo ano que casamos, portanto foram muitas ausências, mas ele sempre ao meu lado, até mesmo nas noites adentro acordada escrevendo, lá estava ele no sofá, um simples gesto que representou um apoio e tanto. Obrigada pela família que estamos contruindo e por aceitarmos juntos os propósitos de Deus, no dia da minha defesa descobri que estava gestando um ser, o meu melhor presente, meu Davi.

À Universidade Federal do Ceará – UFC, especialmente ao Departamento de Engenharia de Alimentos e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelos suportes acadêmicos, laboratoriais, as bibliotecas e por tantas oportunidades que tive de aprender, de contribuir, de estagiar e de construir bons vínculos de amizades e profissionais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001, pelo apoio financeiro com a bolsa auxílio ao mestrado, a qual fui agraciada logo no início.

Ao meu professor e orientador Rafael Audino Zambelli pela excelente orientação, desde o início, desde as primeiras ideias, o desenvolvimento e acompanhamento da pesquisa, até a conclusão desta dissertação. Com a sua orientação eu nunca tive medos, receios, os tais relatos de desesperos de estar “perdida” e sem orientação, que infelizmente ainda ouvimos

colegas relatar, nunca fizeram parte da nossa caminhada, sempre me amparou, ensinou, orientou, e me encheu de coragem para desbravar. Ele me inspira pela sua inteligência, humildade, acolhimento, honestidade e por tamanha dedicação acadêmica.

A todos os professores e pesquisadores do Departamento de Engenharia de Alimentos que contibuiram para a minha formação acadêmica e do mestrado.

Aos técnicos do labotarório de Cereais, atualmente laboratório de Biomateriais Alimentícios, José Augusto e Rejane Albuquerque por estarem sempre disponíveis, por tamanha presteza e apoio aos alunos. Eles sempre tem uma maneira, até quando um equipamento quebra, nunca me preocupei, pois essa dupla dinâmica sempre tem um “jeitinho”. São profissionais acolhedores, humildes, amorosos, o que tornava as longas horas de pesquisas mais amenas, mais leves e suaves. Gratidão, também, a todos os estagiários do laboratório, sempre comprometidos e disponíveis em auxiliar nos experimentos.

Aos meus colegas de mestrado Maryana, Cíntia, Larissa, Johnnathan, Julynara, Cristiano, que tornaram os meus dias mais leves, os experimentos mais interessantes, foram tantas parcerias, ajudas, conversas e etc. Mas, há agradecimentos especiais ao Cristiano Costa, obrigada meu amigo por tamanha paciência em esclarecer minhas dúvidas, você é um exemplo de persistência, de inteligência e de humildade. Obrigada Luciana Gama, Lu, por estar sempre me amparando, pelas infinitas orações, por acreditar em mim e me encher de coragem, por me conhecer tão melhor que eu mesma, você é extremamente importante na minha jornada.

À Andressa Galvão gratidão por toda ajuda com algumas análises que pudemos realizar juntas na Embrapa, pelas horas dedicadas e pelo apoio a minha pesquisa, mostrando que tudo é possível, sempre com ideias inovadoras.

À Profesora Maria Izabel Florindo Guedes pela contribuição e parceria nos experimentos *in vivo*, realizados no Laboratório de Biotecnologia e Biologia Molecular, da Universidade Estadual do Ceará, liderado pela mesma. Muita gratidão pelos seus ensinamentos, sempre com bastante paciência e humildade, e pela total confiança no nosso trabalho, fazendo-me sentir parte da sua equipe. Obrigada, também, ao Ytalo Gomes que foi simplesmente incrível, me ensinou tudo sobre o manejo e acompanhamento das análises com os camundongos.

Ao Sr. Luiz (*In Memoriam*) pela sua gentileza, acolhimento e auxílio com todas as informações necessárias, ele conhecia o departamento como ninguém e estava sempre disposto a nos ajudar.

Ao Pereira por me auxiliar sempre com toda e qualquer situação documental,

pendências e etc, sempre disponível e prestativo.

Ao Paulo Mendes, secretário da Pós-Graduação, por sempre esclarecer as minhas dúvidas, pela compreensão, pelas horas me ouvindo e aconselhando, sempre recorria a ele com algum problema e saía com uma solução.

Às minhas amigas Rayane Guimarães e Elidiane Amaral que, na reta final do mestrado, me ajudaram a conciliar o início da minha carreira profissional.

E, à Lorena Almeida, gratidão especial, ela foi tão importante que nem imagina o quanto. Prestes a finalizar o mestrado, ela me deu todo apoio com estágio, emprego, esteve sempre ao meu lado, me instruindo, uma profissional formidável, seus ensinamentos foram essenciais e seus conselhos de grande importância em várias decisões da minha vida.

E por fim, o meu mais sincero agradecimento a todos aqueles que contribuíram de maneira, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação.



O que seria de mim sem meus professores? Quão generosos foram eles ao me darem seus tesouros em conhecimento e habilidades, que me serviram tão bem em vida e competência para que pudesse crescer e me tornar o que sou hoje? Muitas vezes me esqueci o quanto devo a eles.

Agora é diferente quando eu os tenho em meu coração, quando lembro-me deles com gratidão. Então me sinto um recebedor rico. Eles estão comigo naquilo que faço e naquilo que passo aos outros, quando, assim como foi feito comigo, eu dou aos outros o que serve à vida destes e para suas realizações.

(Bert Hellinger)

## RESUMO

Atualmente existe interesse por parte dos consumidores com a alimentação saudável, objetivando prevenir doenças crônicas ocasionadas por maus hábitos alimentares. O desenvolvimento de novos produtos alimentícios enriquecidos, com ações na prevenção ou redução de determinadas doenças, vem potencializando os benefícios à saúde dos consumidores, além de ter um mercado em potencial crescimento. O macarrão é considerado um item imprescindível à mesa dos brasileiros, podendo ser constituído basicamente com farinha de trigo, é um alimento energético, porém com algumas deficiências nutricionais. Assim, é de fundamental importância desenvolver pesquisas com matérias-primas que substituam parcialmente a farinha de trigo, ou acrescentar ingredientes que melhorem a qualidade nutricional e sensorial do produto. Para desenvolver este estudo foram selecionadas as farinhas de linhaça (*Linum usitatissimum* L.), por ser rica em diversos nutrientes essenciais, e a faseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.), a qual vem sendo empregada para auxiliar no tratamento de indivíduos obesos e diabéticos. Neste contexto os objetivos desse trabalho foram desenvolver e caracterizar massas alimentícias adicionadas de faseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.) e farinha de linhaça (*Linum usitatissimum* L.), avaliando os parâmetros físicos, físico-químicos e nutricionais. Verificar o índice glicêmico *in vivo* das massas alimentícias e os comportamentos fisiológicos de camundongos saudáveis, submetidos a suplementação diária das massas. Foi aplicado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), onde as variáveis independentes foram o teor de faseolamina, adicionada em percentuais variando de 5 a 15%, e farinha de linhaça adicionada com percentuais de 5 a 10%, calculados em relação a 100 g de farinha de trigo. Para a formulação das massas não houve redução da farinha de trigo, foram adicionadas 100 gramas da mesma, e os demais ingredientes foram calculados proporcionalmente. Os resultados dos parâmetros físicos e de qualidade de cozimento das massas, no desenvolvimento das formulações através do DCCR foram analisados por superfície de respostas e suas respectivas curvas de contorno, através da análise de variância (ANOVA) e teste de *Tukey*. Após verificar a influência dos níveis dos tratamentos, foram escolhidas as formulações tendo em vista os seguintes critérios tecnológicos: tempo de cozimento, aumento de peso, aumento de volume e perda de sólidos. As amostras selecionadas foram submetidas às análises físicas e químicas, fibra alimentar, cor e microscopia eletrônica de varredura (MEV). O índice glicêmico foi avaliando *in vivo* utilizando camundongos Swiss Mice (*Mus musculus*), fêmeas, saudáveis, conforme metodologia apropriada, obtendo-se a área do alimento padrão (pão branco) e dos alimentos

testes, sendo o cálculo das áreas realizado pela regra trapezoidal. Durante o experimento *in vivo* foram, também, observados os parâmetros de glicemia em jejum, alterações do peso corpóreo, o coeficiente de eficiência alimentar (CER ou FER – *Food Efficiency Ratio*) e alguns aspectos fisiológicos, tais como quantidade de ração e água consumidos. Os resultados obtidos nas características de hidratação das farinhas mistas demonstram que as mesmas tiveram a capacidade de absorção de água e o poder de inchamento reduzidos, com água a 100 °C. Nos parâmetros de qualidade das massas alimentícias não houve diferenças no aumento de peso e volume, porém o teor de sólidos e o tempo de cozimento foram significativamente reduzidos, caracterizando-as como massas com boa qualidade. A composição dos macarrões também foi influenciada pela adição desses ingredientes: houve redução no teor de carboidratos, incrementos significativos no teor proteico (12,15% e 15,67%) e lipídico (8,9% e 9,3%). A quantidade de fibra dietética total, também, foi significativamente aumentada, em percentuais que chegaram a 41,70%, se comparada à massa tipo talharim convencional. Análise de imagens obtidas por MEV verificou que o enriquecimento não trouxe danos às estruturas e superfícies. Nos ensaios biológicos os valores obtidos para o índice Glicêmico (IG) das massas demonstraram o potencial desses ingredientes na redução do IG de matrizes alimentares, foram verificados IG's médios de 36,58 e 23,17, classificando-as como alimentos de baixo índice glicêmico. Durante o acompanhamento dos aspectos fisiológicos dos camundongos, submetidos à administração diária dos macarrões, os resultados demonstraram redução significativa na glicemia em jejum. O grupo 2 que recebeu a formulação M1, contendo 100 g de farinha de trigo, 10 g de faseolamina e 3,96 g de farinha de linhaça, obteve uma redução média da glicemia basal de 23,96%. Já o grupo 3 o qual foi administrado a formulação M2, com 100 g de farinha de trigo, 15 g de faseolamina e 5 g de farinha de linhaça, reduziu em 30,32% a glicemia em jejum, ambos comparados à glicemia aferida no início do experimento, antes de iniciar a suplementação diária das amostras. Portanto, as massas alimentícias adicionadas de Fseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.) e farinha de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) podem ser consideradas uma alternativa à substituição de massas convencionais, tendo em vista o enriquecimento nutricional, principalmente do teor de fibras, e o baixo índice glicêmico, podendo auxiliar na prevenção de incidências de doenças metabólicas.

**Palavras-chave:** massa alimentícia; talharim; farinha de linhaça; faseolamina.

## ABSTRACT

Currently there is an interest on the part of consumers with healthy food, aiming to prevent chronic diseases caused by poor eating habits. The development of new enriched food products, with claimed action on prevention or reduction of certain diseases, has been increasing the health benefits of consumers, besides having a potential market growth. The pasta is considered an essential item at the table of Brazilian, it can be basically made with wheat flour, it is an energetic food, but with some nutritional deficiencies. Thus, it is of fundamental importance to develop research on raw materials that partially replace wheat flour, or to add ingredients that improve the nutritional and sensorial quality of the product. To develop this study, linseed flour (*Linum usitatissimum* L.) was selected because they are rich in several essential nutrients, and Phaseolamine (*Phaseolus vulgaris* L.), which has been used as a phytoterapeutic by obese and diabetics. In this context, the objective of this work was to develop and characterize pasta added with phaseolamine (*Phaseolus vulgaris* L.) and linseed flour (*Linum usitatissimum* L.), evaluating the physical, chemical, and nutritional parameters. To verify the *in vivo* glycemic index of the pasta and the physiological behaviors of healthy mice, subject to the daily supplementation of the pasta. It was applied the Central Rotational Compound Design (CRCDD), where the independent variables were the content of phaseolamine, added in percentages ranging from 5 to 15%, and linseed flour added with percentages of 5 to 10%, calculated in relation to 100 g of wheat flour. For the formulation of the pasta there was no reduction of the wheat flour, 100 grams of the flour was added, and the other ingredients were calculated proportionally. The results of the physical parameters and cooking quality of the pasta in the development of the formulations through the CRCDD were analyzed by surfaces of response and their respective contour curves through analysis of variance (ANOVA) and *Tukey's* test. After checking the influence of treatment levels, the formulations were chosen according to the following technological criteria: cooking time, weight gain, volume increase and solids loss. The selected samples were submitted to physical and chemical analyzes food fiber, color and scanning electron microscopy (SEM). The glycemic index was evaluated *in vivo* using Swiss mice (*Mus musculus*) females, healthy, according to appropriate methodology, obtaining the area of the standard food (white bread) and food tests, being the calculation of the areas performed by the trapezoidal rule. During the *in vivo* experiment, parameters of fasting blood glucose, body weight changes, food efficiency ratio (FER) and some physiological aspects, such as the amount of feed and water consumed, were also observed. The results obtained in the hydration characteristics of the mixed flours

demonstrate that they had the capacity to absorb water and the swelling power reduced with water at 100 °C. In the parameters of pasta quality, there were no differences in weight and volume increase, but the solids content and cooking time were significantly reduced, characterizing them as good quality pasta. The composition of the noodles was also influenced by the addition of these ingredients: there was a reduction in carbohydrate content, significant increases in protein content (12.15% and 15.67%) and lipid content (8.9% and 9.3%). The amount of total dietary fiber, also, was significantly increased, in percentages that reached 41.70%, compared to the conventional type pasta. Analysis of images obtained by SEM verified that the enrichment did not bring damages to the surface and structure. The biological assays the values obtained for the Glycemic Index (GI) of the masses demonstrated the potential of these ingredients to reduce GI of food matrices, average GI of 36.58 and 23.17 were verified, classifying them as low glycemic index foods. During the monitoring of the physiological aspects of the mice, submitted to the daily administration of the noodles, the results demonstrated a significant reduction in fasting glycemia. Group 2 that received the formulation M1, containing 100 g of wheat flour, 10 g of phaseolamine and 3.96 g of linseed flour, obtained a mean reduction in basal glycemia of 23.96%. On the other hand, group 3, which was given the formulation M2, with 100 g of wheat flour, 15 g of phaseolamine and 5 g of linseed flour, reduced fasting glucose by 30.32%, both compared to the glycemia measured at baseline of the experiment, before starting the daily supplementation of the samples. Thus, pasta added with Faseolamine (*Phaseolus vulgaris* L.) and linseed flour (*Linum usitatissimum* L.) can be considered as an alternative to conventional pasta substitution, in view of nutritional enrichment, mainly of the worst fiber, and low glycemic index, and may help prevent the incidence of metabolic diseases.

**Keywords:** pasta; noodles; linseed flour; phaseolamine.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estruturas das proteínas, gliadina e glutenina e interação das mesmas (esquerda) Micrografia eletrônica de varredura mostra a interação das proteínas (direita). .....	40
Figura 2 – Fluxograma de desenvolvimento de massas alimentícias tipo talharim, enriquecidas com farinha de linhaça e faseolamina. ....	57
Figura 3 – Valores preditos pelo modelo <i>versus</i> valores observados pelo experimento para valores de IAA a 25°C. ....	69
Figura 4 – Análise de superfície de resposta e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre o IAA a 100°C. ....	71
Figura 5 – Valores preditos pelo modelo <i>versus</i> valores observados pelo experimento para valores de ISA a 25°C. ....	73
Figura 6 – Valores preditos pelo modelo <i>versus</i> valores observados pelo experimento para valores de ISA a 100°C. ....	75
Figura 7 – Valores preditos pelo modelo <i>versus</i> valores observados pelo experimento para valores de PI a 25°C. ....	76
Figura 8 – Análise de superfície de resposta e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre a PI a 100°C. ....	78
Figura 9 – Valores preditos pelo modelo <i>versus</i> valores observados pelo experimento para valores da Densidade Aparente. ....	81
Figura 10 – Análise de superfície de respostas e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre o valor de luminosidade (L*). ....	84
Figura 11 – Análise de superfície de resposta e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre o parâmetro a*. ....	86
Figura 12 – Valores preditos pelo modelo <i>versus</i> valores observados pelo experimento para valores de b*. ....	87
Figura 13 – Valores preditos pelo modelo <i>versus</i> valores observados pelo experimento para o parâmetro aumento de massa (AM). ....	88
Figura 14 – Valores preditos pelo modelo <i>versus</i> valores observados pelo experimento para o parâmetro aumento de volume (AV). ....	91
Figura 15 – Análise de superfície de resposta e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre o parâmetro de perda de sólidos. ....	93

Figura 16 – Análise de superfície de resposta e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre o tempo de cozimento. ....	98
Figura 17 – Microscopia eletrônica de varredura das amostras de faseolamina, farinha de linhaça e das massas alimentícias padrão (MP) e otimizadas (M1 e M2).....	111
Figura 18 – Valores médios da Glicemia em jejum dos animais obsevados no decorrer do experimento. ....	119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações técnicas da faseolamina ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	27
Tabela 2 – Composição nutricional da linhaça ( <i>Linum usitatissimum</i> L.).....	31
Tabela 3 – Consumo per capita de massas alimentícias no Brasil.....	35
Tabela 4 – Ranking percentual de vendas (mil toneladas) de massas alimentícias.....	36
Tabela 5 – Principais tipos de proteínas na farinha de trigo.....	39
Tabela 6 – Componentes da água para processamento de massas alimentícias.....	42
Tabela 7 – Formulação padrão de massa alimentícia tipo talharim.....	52
Tabela 8 – Variáveis e níveis do planejamento completo 2 <sup>2</sup> .....	53
Tabela 9 – Matriz do delineamento experimental com valores codificados ( $X_1$ e $X_2$ ) para faseolamina e farinha de linhaça, respectivamente.....	54
Tabela 10 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de IAA* a 100°C.....	70
Tabela 11 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta do valor de IAA* a 100°C.....	71
Tabela 12 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de PI* a 100°C.....	77
Tabela 13 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta do valor de PI* a 100°C.....	78
Tabela 14 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de luminosidade ( $L^*$ ) das farinhas mistas.....	82
Tabela 15 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta do valor de luminosidade ( $L^*$ ) das farinhas mistas.....	83
Tabela 16 – Coeficientes de regressão para a resposta do parâmetro $a^*$ .....	84
Tabela 17 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta do parâmetro $a^*$ .....	85
Tabela 18 – Coeficientes de regressão para as respostas dos valores de perda de sólidos (%)......	92
Tabela 19 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta da perda de sólidos (%)......	93
Tabela 20 – Coeficientes de regressão para a resposta do tempo de cozimento (minutos)...	96
Tabela 21 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta do tempo de cozimento (minutos). .....	97
Tabela 22 – Resultados das análises referentes aos parâmetros de qualidade de cozimento das formulações de massas alimentícias.....	100
Tabela 23 – Resultados das análises químicas das massas alimentícias.....	102
Tabela 24 – Resultados da análise colorimétrica das massas alimentícias.....	103
Tabela 25 – Resultados da composição centesimal e valor calórico das massas alimentícias.....	105



Tabela 26 – Resultados do teor de fibras insolúveis, solúveis e totais das massas alimentícias.....	109
Tabela 27 – Resultados do índice glicêmico (IG) das formulações das massas alimentícias.	115
Tabela 28 – Resultados do índice glicêmico (IG) das formulações das massas alimentícias.	118
Tabela 29 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de IAA* a 25°C.....	141
Tabela 30 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de ISA* a 25°C. ....	141
Tabela 31 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de PI* a 25°C. ....	142
Tabela 32 – Coeficientes de regressão para a resposta do parâmetro b*.....	142
Tabela 33 – Coeficientes de regressão para a resposta do parâmetro aumento de massa (AM).....	142

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACC	<i>American Association Cereal Chemists</i>
ABIMAPI	Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Bolos Industrializados
AM	Aumento de Massa
ANOVA	Análise de Variância
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
APH	$\alpha$ -Amilase Pancreática Humana
AV	Aumento de Volume
BPF	Boas Práticas de Fabricação
CEA	Coeficiente de Eficiência Alimentar
CRCD	<i>Central Rotational Composite Design</i>
DCCR	Delineamento Composto Central Rotacional
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FDI	Fibra Dietética Insolúvel
FDS	Fibra Dietética Solúvel
FER	<i>Food Efficiency Ratio</i>
GI	<i>Glycemic Index</i>
IAA	Índice de Absorção de Água
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IG	Índice Glicêmico
IMC	Índice de Massa Corpóreo
IPO	<i>International Pasta Organization</i>
ISA	Índice de Solubilidade em Água
LBBM	Laboratório de Biotecnologia e Biologia Molecular
M1	Massa 1 (Formulação 7)
M2	Massa 2 (Formulação 2)
MEV	Microscopia Eletrônica Varredura
mF	massa de Faseolamina em gramas (g)
mFL	massa de Farinha de Linhaça em gramas (g)
MP	Massa Padrão
PA	Peso da amostra

PI	Poder de Inchamento
PRC	Peso do Resíduo de Centrifugação
PRE	Peso do Resíduo de Evaporação
PS	Perdas de Sólidos
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SDG	Seicosolariciresinol Diglucosídeo
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
TC	Tempo de Cozimento
UI	Unidades de Inibição
WHO	<i>World Health Organization</i>
$\alpha$ AI1	Inibidor da $\alpha$ -Amilase Isoforma 1
$\alpha$ AI2	Inibidor da $\alpha$ -Amilase Isoforma 2

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	23
<b>2.1</b>	<b>Geral</b> .....	23
<b>2.2</b>	<b>Específicos</b> .....	23
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	24
<b>3.1</b>	<b>Inibidores da <math>\alpha</math>-amilase</b> .....	24
<b>3.1.1</b>	<i>Faseolamina (Phaseolus vulgaris L.)</i> .....	25
<b>3.2</b>	<b>Linhaça (Linum usitatissimum L.)</b> .....	29
<b>3.2.1</b>	<i>O uso da linhaça como ingrediente funcional</i> .....	31
<b>3.3</b>	<b>Massas alimentícias</b> .....	33
<b>3.3.1</b>	<i>Definições e cronologia</i> .....	33
<b>3.3.2</b>	<i>O consumo de massas alimentícias</i> .....	35
<b>3.3.3</b>	<i>Matérias-primas para fabricação de massas alimentícias</i> .....	36
<b>3.3.3.1</b>	<i>Farinha de trigo</i> .....	37
<b>3.3.3.2</b>	<i>Água</i> .....	41
<b>3.3.3.3</b>	<i>Ovos</i> .....	42
<b>3.3.3.4</b>	<i>Outros aditivos</i> .....	43
<b>3.3.4</b>	<i>Processamento de massas alimentícias</i> .....	44
<b>3.3.4.1</b>	<i>Mistura</i> .....	44
<b>3.3.4.2</b>	<i>Amassamento</i> .....	45
<b>3.3.4.3</b>	<i>Trefilação</i> .....	45
<b>3.3.4.4</b>	<i>Laminação</i> .....	46
<b>3.3.4.5</b>	<i>Secagem</i> .....	46
<b>3.3.4.6</b>	<i>Empacotamento</i> .....	47
<b>3.4</b>	<b>Desenvolvimento de produtos alimentícios</b> .....	47
<b>3.4.1</b>	<i>Enriquecimento de massas alimentícias</i> .....	49
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	51
<b>4.1</b>	<b>Material</b> .....	51
<b>4.2</b>	<b>Metodologia</b> .....	51
<b>4.2.1</b>	<i>Preparo das amostras</i> .....	52
<b>4.3</b>	<b>Análises físicas e colorimétricas das farinhas mistas de trigo, linhaça e faseolamina</b> .....	54

4.3.1	<i>Propriedades de hidratação</i> .....	54
4.3.2	<i>Densidade aparente</i> .....	56
4.3.3	<i>Cor das farinhas mistas</i> .....	56
4.4	<b>Processamento das massas</b> .....	56
4.5	<b>Análises da qualidade das massas alimentícias</b> .....	58
4.6	<b>Análise estatística do delineamento composto central rotacional (DCCR)</b> .....	59
4.7	<b>Análises físico-químicas, colorimétrica e caracterização das massas alimentícias otimizadas</b> .....	59
4.7.1	<i>Acidez titulável e potencial hidrogeniônico (pH) das massas alimentícias</i> .....	59
4.7.2	<i>Análise de cor das massas alimentícias</i> .....	60
4.7.3	<i>Composição centesimal das massas alimentícias</i> .....	60
4.7.3.1	<i>Umidade</i> .....	60
4.7.3.2	<i>Cinzas</i> .....	61
4.7.3.3	<i>Proteínas</i> .....	61
4.7.3.4	<i>Lipídeos</i> .....	61
4.7.3.5	<i>Carboidratos</i> .....	61
4.7.3.6	<i>Valor calórico</i> .....	62
4.7.3.7	<i>Teor de fibras dietética solúvel insolúvel e total</i> .....	62
4.8	<b>Microscopia eletrônica de varredura (MEV)</b> .....	62
4.9	<b>Ensaio biológico</b> .....	63
4.9.1	<i>Local</i> .....	63
4.9.2	<i>Animais</i> .....	63
4.9.3	<i>Preparo das amostras</i> .....	64
4.9.4	<i>Índice glicêmico (IG) in vivo</i> .....	65
4.9.5	<i>Coleta de dados</i> .....	66
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	67
5.1	<b>Análises físicas e colorimétricas das farinhas mistas</b> .....	67
5.1.1	<i>Índice de absorção de água (IAA) das farinhas mistas a 25°C e 100°C</i> .....	68
5.1.2	<i>Índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas mistas a 25°C e 100°C</i> .....	73
5.1.3	<i>Poder de Inchamento (PI) das farinhas mistas a 25°C e 100°C</i> .....	75
5.1.4	<i>Densidade aparente</i> .....	80
5.1.5	<i>Cor das farinhas mistas</i> .....	82
5.2	<b>Qualidade do cozimento das massas alimentícias</b> .....	87
5.2.1	<i>Aumento de peso</i> .....	88

5.2.2	<i>Aumento de volume</i> .....	90
5.2.3	<i>Perdas de sólidos</i> .....	91
5.2.4	<i>Tempo de cozimento</i> .....	96
5.3	<b>Análises físico-químicas das massas alimentícias</b> .....	101
5.3.1	<i>Potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável</i> .....	101
5.3.2	<i>Coloração das massas alimentícias</i> .....	103
5.3.3	<i>Composição centesimal das massas alimentícias</i> .....	105
5.3.3.1	<i>Teor de fibras dietética insolúvel, solúvel e total</i> .....	108
5.4	<b>Microscopia eletrônica de varredura (MEV)</b> .....	110
5.5	<b>Ensaio biológico</b> .....	114
5.5.1	<i>Índice glicêmico (IG) das massas alimentícias</i> .....	114
5.5.2	<i>Parâmetros fisiológicos</i> .....	117
6	<b>CONCLUSÃO</b> .....	120
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	122
	<b>ANEXO A – LAUDO DA FASEOLAMINA CONFORME ESPECIFICAÇÕES DO FORNECEDOR</b> .....	140
	<b>ANEXO B – INFORMAÇÕES ESTATÍSTICAS COMPLEMENTARES</b> .....	141
	<b>ANEXO C – CERTIFICADO DO COMITÊ DE ÉTICA PARA O USO DE ANIMAIS – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ</b> .....	143

## 1 INTRODUÇÃO

As massas alimentícias estão entre os alimentos mais consumidos mundialmente, fazem parte da mesa dos brasileiros, possuem alto índice de aceitabilidade, independentemente de classe social. O nosso país está entre os dez países com maior consumo *per capita* de massas alimentícias.

Por ser constituído basicamente por farinha de trigo, o macarrão pode ser considerado um alimento com elevado valor energético, rico em carboidratos complexos, porém apresenta deficiências do ponto de vista nutricional em relação às vitaminas, minerais e fibras, e em função da quantidade e qualidade de suas proteínas, as quais são deficientes em lisina e triptofano, aminoácidos essenciais (CAVALCANTE NETO, 2012).

Em virtude de sua importância alimentar, aceitabilidade e de valor acessível, além de ser um dos produtos mais consumidos diariamente, pode-se considerar o macarrão como ideal para adicionar ingredientes importantes à dieta.

O desenvolvimento de alimentos enriquecidos é um campo relevante na indústria, pois visa à melhoria da qualidade nutricional e ainda pode valorizar produtos já existentes no mercado, trazendo composição balanceada e/ou o aumento do valor nutritivo dos alimentos (XAVIER, 2013).

Visando o melhoramento nutricional de um alimento há dois modos de modificá-lo: melhorando uma formulação já existente, através de adições e/ou substituições de determinados ingredientes, ou desenvolvendo novos produtos enriquecidos, utilizando matéria-prima previamente selecionada e fonte de nutrientes essenciais.

Caso a substância a ser acrescentada caracterize-se como nutriente essencial, fornecendo saudabilidade ao consumidor, o alimento poderá ser classificado como funcional. Justificando tal classificação Anjo (2004) define “alimento funcional” como qualquer substância ou ingrediente de um alimento capaz de proporcionar benefícios à saúde, inclusive à prevenção e o tratamento de doenças.

A Linhaça (*Linum usitatissimum* L.) é uma cultura valorizada e importante produto agrícola, tanto na indústria alimentícia, como um ingrediente alimentar, quanto na indústria têxtil e na produção de tintas e vernizes, além de ter grande importância nas áreas de nutrição e saúde devido as suas propriedades nutricionais e funcionais (CUI, 1998).

Dentre os alimentos funcionais, o potencial associado à linhaça é devido a presença de componentes bio-ativos, tais como o ácido alfa-linolênico, lignanas, proteína de

alta qualidade, fibras dietéticas e compostos fenólicos (KAJLA, SHARMA e SOOD, 2015).

Diversas pesquisas concentraram-se em avaliar os compostos associados a fibras, as lignanas, em especial a lignana Seicosolariciresinol diglicosídeo (SDG), a qual é metabolizada por bactérias no colon de seres humanos, sintetizando as lignanas de mamíferos, enterodiol e enterolactona (KAJLA e SHARMA, 2015). Além dos estudos com foco nessa propriedade da linhaça, também, tem-se demonstrado que o seu consumo pode reduzir o colesterol total e o LDL (BIERENBAUM, REICHSTEIN e WATKINS, 1993; CUNNANE *et al.*, 1993), bem como as agregações plaquetárias (ALLMAN, PENA e PANG, 1995).

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa de grande importância na alimentação humana, sendo consumido muitas vezes no lugar de carnes devido ao seu valor proteico. É matéria-prima para obtenção de uma importante proteína responsável pela inibição de enzimas que degradam o amido, como a  $\alpha$ -amilase, denominada por Marshall e Lauda (1975) de faseolamina.

Os inibidores da enzima  $\alpha$ -amilase (faseolamina), extraídos do feijão, apresentam efeitos na digestão e absorção do amido, vêm sendo utilizados para auxiliar na redução de peso, bem como na dieta de pacientes portadores de diabetes mellitus não-insulino dependentes, com o objetivo de evitar o aumento do índice glicêmico no sangue (PEREIRA, 2011). É de grande relevância a inclusão desta proteína na alimentação desses indivíduos, tendo em vista melhorias nos índices e na saúde dos mesmos, porém as pesquisas e o desenvolvimento de produtos contendo faseolamina e/ou a farinha do feijão ainda são poucas.

Pelos motivos citados anteriormente e por considerar que as massas alimentícias fazem parte da dieta dos brasileiros, além de ser um alimento ideal para enriquecimento nutricional, o macarrão foi escolhido para ser o “veículo” dos ingredientes faseolamina e farinha de linhaça. Mas vale ressaltar que na produção de massas certos critérios devem ser levados em consideração, tais como: qualidades tecnológicas e de cozimento, baixo custo, facilidade no preparo, aspectos sensoriais e o valor nutricional.

Ao considerar todos os benefícios expostos, das farinhas de linhaça e faseolamina, reforça-se a justificativa deste estudo, cujos resultados poderão influenciar os setores de desenvolvimento de novos produtos das indústrias alimentícias. Esses ingredientes foram adicionados na formulação base de massa tipo talharim, com o objetivo de aproveitá-los tecnologicamente e agregar propriedades funcionais, apresentando potencial para a incorporação em outras matrizes alimentícias.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Desenvolver e caracterizar massas alimentícias, tipo talharim, adicionadas de faseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.) e farinha de linhaça (*Linum usitatissimum* L.).

### 2.2 Específicos

Avaliar os parâmetros físicos das formulações de farinhas mistas (farinha de trigo, farinha de linha e faseolamina), como os índices de absorção e solubilidade em água, poder de inchamento, densidade aparente e cor.

Elaborar massas contendo adição de percentuais crescentes de faseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.) e farinha de linhaça (*Linum usitatissimum* L.), utilizando o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) como ferramenta para o desenvolvimento das formulações.

Selecionar dentre as formulações desenvolvidas as que apresentarem as melhores características tecnológicas, levando em consideração a qualidade de cozimento das massas alimentícias, tipo talharim.

Verificar as características físicas e físico-químicas das formulações selecionadas.

Quantificar o teor de fibra dietética solúvel e insolúvel.

Observar a morfologia e microestrutura das massas alimentícias através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Avaliar o Índice Glicêmico (IG) esperado das massas alimentícias *in vivo*.

Observar os parâmetros fisiológicos dos camundongos submetidos à ingestão diária das massas alimentícias.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Inibidores da $\alpha$ -amilase

A terminologia “*low-carb*” tornou-se palavra habitual de indivíduos com peso acima do ideal ou praticantes de esportes, o número de produtos alimentícios com teor de carboidrato reduzido e de suplementos dietéticos contendo os tais “bloqueadores de amido”, destinados a auxiliar na perda de peso, aumentou significativamente nos últimos anos (CHOKSHI, 2006).

Os bloqueadores de amido são pensados para promover redução de peso, por interferir na digestão dos carboidratos complexos através da inibição da  $\alpha$ -amilase, enzima digestiva responsável pela degradação de carboidratos complexos em açúcares simples que podem ser absorvidos pelo intestino delgado (CHOKSHI, 2006). Essa inibição conduz a uma menor digestibilidade ou a uma digestão prolongada, de tal modo que a energia (calorias) derivada do carboidrato é reduzida. Tendo em vista essa redução, o índice glicêmico também tende a ser menor, portanto, a taxa de absorção corporal da energia, em forma de glicose, é reduzida (CELLENO *et al.*, 2007).

A  $\alpha$ -amilase, também denominada por  $\alpha$ -1,4-glucano-4-glucanohidrolase, é uma endoenzima monomérica, que atua no catabolismo do amido, através da quebra das ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4, hidrolisando-o em açúcares simples, tais como maltose, maltotriose e glicose. Pode ser encontrada em animais, plantas e microrganismos. Em mamíferos encontra-se na saliva e na secreção pancreática (PEREIRA, 2008; PEREIRA, 2011).

A  $\alpha$ -amilase pancreática humana (APH), também, é responsável por degradar polissacarídeos em oligossacarídeos menores, os quais irão ser posteriormente hidrolisados pelas  $\alpha$ -glicosidades intestinais. Este processo é um importante mecanismo de absorção de glicose. A APH é regulada pela ação do hormônio colecistoquinina (QIAN *et al.*, 2005).

Dificultar a digestão dos carboidratos complexos, através da inibição da  $\alpha$ -amilase humana, leva à redução da absorção e disponibilidade dos oligossacarídeos, podendo promover a perda ou manutenção do peso corpóreo, além de diminuir a glicemia pós-prandial. Portanto, controlar a atividade da APH pode representar uma alternativa no controle do nível da glicose sanguínea (NUMAO, 2004; CHOKSHI, 2007; PEREIRA, 2011).

Vale, também, ressaltar que inibir a  $\alpha$ -amilase, aumenta a quantidade de polissacarídeos não-absorvidos no intestino. Os quais permanecem no intestino e são

decompostos por enterobactérias, resultando na produção de gás e causando efeitos indesejáveis, como a extensão abdominal e flatulências (AOKI, 2010).

Os inibidores de  $\alpha$ -amilase ( $\alpha$ AI) são compostos que a inativam pela formação de complexo tipo enzima-inibidor. Baseando-se na natureza química, há três tipos de inibidores de  $\alpha$ AI, a saber: carboidratos nitrogenados microbianos, peptídeos microbianos e proteínas de vegetais superiores. Estudos sobre esses inibidores de  $\alpha$ AI naturais são importantes devido aos seus efeitos no controle de insetos específicos e na nutrição humana (LEE *et al.*, 2002). Na natureza podem-se encontrar sete formas moleculares de  $\alpha$ AI's com sequências de aminoácidos e estruturas semelhantes (SVENSSON, 2004).

Podendo ser encontrados em algumas plantas, cereais, embora em quantidade bastante reduzida, (FENG *et al.*, 1996), como por exemplo no trigo comum (*Triticum aestivum*), em leguminosas e no feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), e em outras famílias de vegetais (MARSHALL e LAUDA, 1975). Esses inibidores da  $\alpha$ -amilase ( $\alpha$ AI) são promissores aliados em alterar a absorção de glicose, exercendo efeito na redução da glicemia pós-prandial, sendo utilizados como alternativas no tratamento da obesidade e do diabetes mellitus não-insulino dependente (DM2) (PEREIRA, 2008).

No feijão, foi demonstrada a presença de duas isoformas de inibidores de  $\alpha$ -amilase, chamados  $\alpha$ AI1 e  $\alpha$ AI2, que diferem em suas especificidades contra diferentes enzimas  $\alpha$ -amilases (LEE *et al.*, 2002).

O inibidor  $\alpha$ AI1 atua na inibição das  $\alpha$ -amilases presentes na saliva humana, no pâncreas suíno e em insetos, tais como, o *Callosobruchus maculatus* F. e *Callosobruchus chinensis* L. (*Coleoptera: Bruchidae*). Já a isoforma  $\alpha$ AI2, tão somente, inibe a  $\alpha$ -amilase de insetos, mais especificamente dos *Zabrotes subfasciatus* (*Coleoptera: Bruchidae*) e não mostrou eficácia sobre a  $\alpha$ -amilase pancreática de suíno (SVENSSON, *et al.*, 2004).

### **3.1.1 Faseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.)**

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) está entre as leguminosas mais utilizadas no consumo humano e a principal matéria-prima para a obtenção da faseolamina. É uma importante fonte de energia e proteína, porém, devido à presença de determinados compostos, tais como os inibidores da tripsina, amilase, lectinas e saponinas, considerados antinutricionais, podem pode interferir na absorção de diversos nutrientes (BROUGHTON *et al.*, 2003; PEREIRA, 2008).

Em 1945 Bowman descobriu um dos compostos bioativos, porém não-nutritivo, do feijão, a isoforma 1 ( $\alpha$ A11) do inibidor da  $\alpha$ -amilase, o qual foi extraído e usado em vários produtos comerciais como “bloqueadores de amido” (BOWMAN, 1945). Mais tarde, em 1975, Marshall e Lauda isolaram uma proteína parcialmente purificada de feijão com propriedade de inibir a  $\alpha$ -amilase e a denominaram faseolamina (MARSHALL e LAUDA, 1975).

Na década de 1980, com a intensa comercialização, surgiram diversas controvérsias sobre esses inibidores, pois a maior parte consistia, principalmente, de simples extratos de feijão com baixa atividade antiamilásica e alto conteúdo de lectina e inibidores de tripsina, potencialmente danosos (LIENER *et al.*, 1984).

No entanto, foram desenvolvidos outros métodos melhorados para extração, tais como extração com dióxido de carbono supercrítico, fracionamento e tratamento térmico, os quais demonstraram eficácia dos bloqueadores de amido em seres humanos. Apesar dos relatos contrários, os inibidores encontrados no feijão demonstraram vantagem com relação à perda de peso (GOLDSTEIN, 1992; SKOP e CHOKSHI, 2006).

Estudos com relação à possíveis efeitos adversos ou toxicológicos, Silva *et al.* (2017) sensibilizaram camundongos, fêmeas, com dose de 100  $\mu$ g de faseolamina liofilizada, diluída em água, foram realizados os testes ELISA e *Western blotting*, para aferir a produção de imunoglobulinas. A resposta imunológica foi investigada e verificou-se que existem algumas proteínas imunogênicas na Faseolamina que induzem a síntese da imunoglobulina G (IgG), porém não houve produção das imunoglobulinas IgG1 e IgE, que são as classes causadores de reações alérgicas. Concluindo, portanto, que os animais sensibilizados não apresentaram reações adversas.

Com base em conceitos e pesquisas os inibidores de  $\alpha$ -amilase obtidos do feijão são legalmente mais aceitáveis do que os novos produtos farmacêuticos sintéticos. No entanto, a comercialização desses extratos do feijão, como suplementos dietéticos é de importância crítica, uma vez que autoridades reguladoras, como a *Food and Drug Administration* (FDA), consideram-nos como alimentos convencionais e os fabricantes não precisariam registrar para obter a aprovação do produto (PARIZA, 1996).

Embora tenha havido avanços nos estudos de vários aspectos do inibidor da  $\alpha$ -amilase, obtido a partir do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), poucas tentativas têm sido feitas para esclarecer e integrá-lo do ponto de vista nutricional (OBIRO *et al.*, 2008).

No Brasil, a faseolamina é comercializada e prescrita por profissionais habilitados

na forma de cápsulas que são manipuladas em farmácias magistrais. A faseolamina comercial é obtida de fornecedores de matérias-primas, com laudo e certificado de análise. A tabela 1 traz informações técnicas de um dos principais fornecedores deste insumo.

Tabela 1 – Informações técnicas da faseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.).

<i>Matéria-prima</i>	<i>Faseolamina</i>
Origem/procedência	México
Condições de armazenamento	Temperatura entre 15 a 30°C
Nome científico	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
Parte da planta	Fração de feijão seco
Descrição	Pó bege
Solubilidade	Insolúvel em água e em álcool
Densidade aparente	0,41 g/mL sem compactação
Perda por dessecação	4,71%
Granulometria	Máximo 80 mesh
Cinzas sulfatadas	3,88%
Contagem ativa	5500U

Fonte: PEREIRA, 2008.

A faseolamina é uma glicoproteína tetramérica, composta por duas subunidades  $\alpha$  e duas subunidades  $\beta$ , com pesos moleculares de 10,8 e 15,6 KDa, respectivamente. E o seu mecanismo de inibição é semelhante à de outros inibidores da enzima  $\alpha$ -amilase devido à alta similaridade de sequências de aminoácidos. Este efeito inibitório reduz o metabolismo de amido e a incidência de hiperglicemia (MOSCA *et al.*, 2008).

Segundo Grant *et al.* (1995), o inibidor de  $\alpha$ -amilase ( $\alpha$ AII) afeta o comportamento nutricional e metabólico em ratos. Contudo, estes efeitos estão relacionados com diversos fatores, como a pureza, a preparação, a dose e o tempo de exposição ao inibidor.

Pusztai *et al.* (1998) estudaram o efeito da inclusão de  $\alpha$ AII na dieta de ratos *Zucker* obesos, com ingestão diária de 20 e 40 mg de inibidor/rato, e observaram uma diminuição significativa no crescimento dos animais. O conteúdo lipídico foi altamente reduzido nestes ratos, talvez resultante de alterações no metabolismo lipídico.

Celleno *et al.* (2007) pesquisaram um suplemento comercial, contendo 445 mg de extrato de *Phaseolus vulgaris* L., obtido do feijão branco, o estudo randomizado foi realizado

em 60 voluntários (homens e mulheres) pré-selecionados, ligeiramente acima do peso. O suplemento e o placebo foram ingeridos durante 30 dias, após a refeição principal rica em carboidratos. Após os 30 dias, os indivíduos que receberam o extrato de *Phaseolus vulgaris* L. com uma dieta rica em carboidratos, de 2000 a 2200 calorias, tiveram redução significativa ( $p < 0,001$ ) do peso corporal, IMC (Índice de Massa Corpóreo), massa gorda, espessura do tecido adiposo e cintura, circunferências das coxas, mantendo a massa corporal magra, em comparação aos indivíduos que receberam o placebo.

Gallegos-Infante *et al.* (2010) analisaram os efeitos da adição de farinha de feijão comum, nos níveis de 15 e 30%, à massa de espaguete, quanto a qualidade de cozimento e o teor de fenólicos totais. Verificou-se que a farinha de feijão afetou o tempo de cozimento e as características de absorção da água, com redução do tempo ótimo de cozimento e redução da firmeza das massas. Notaram, também, um aumento aparente no teor de compostos fenólicos totais em função da farinha de feijão adicionada às formulações.

Oliveira *et al.* (2014) avaliaram o efeito protetor da faseolamina contra danos sob estresse oxidativo e deposição de colágeno no tecido cardíaco em associação com diabetes. Os testes foram realizados com ratos, com e sem diabetes, os animais foram divididos em grupos e tratados durante 20 dias com faseolamina comercial. O tratamento aumentou a atividade antioxidante em todos os grupos, e nos ratos diabéticos, houve as seguintes reduções, do estado hiperglicêmico, atividade da catalase e superóxido dismutase, e de lesões causadas por oxidação lipídica. Após os 20 dias observou-se redução da glicemia e perda significativa de peso.

Song *et al.* (2016) conduziram estudos para investigar o impacto do extrato de *Phaseolus vulgaris* L. sobre a obesidade e suas síndromes metabólicas, e se os efeitos protetores do extrato estavam associados à modulação da microbiota intestinal. Os testes foram conduzidos em ratos, um grupo foi suplementado com o extrato, 50 mg/kg. Os resultados mostraram que a suplementação com *Phaseolus vulgaris* L. reduziu significativamente o ganho de peso corporal induzido pela dieta com alto teor de gordura, melhorou a esteatose hepática, e a resistência à insulina em animais com alto teor de alimentos gordurosos na dieta. O tratamento também aumentou a microbiota de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*. Os autores demonstraram que a faseolamina protegeu os animais da obesidade induzida pela dieta, diminuindo o apetite e o peso corporal, os efeitos benéficos, também, foram associados à modulação da microbiota intestinal, o que implica que a *Phaseolus vulgaris* L. pode representar um potencial ingrediente funcional.

Pascale *et al.* (2018) avaliaram a atividade hipoglicemiantes de 21 tipos do feijão “*Fagioli di Sarconi*”, cultivados no sul da Itália. Foram analisadas as inibições das enzimas  $\alpha$ -glucosidade e  $\alpha$ -amilase, tendo como controle positivo o fármaco acarbose, prescrito pela medicina como redutor da glicemia. Os dados obtidos mostraram eficácia na redução da atividade da  $\alpha$ -glucosidade, superior à do fármaco de referência (Acarbose), com diferenças significativas entre os tipos. Porém para a inibição da  $\alpha$ -amilase os resultados foram inferiores ao da Acarbose, apesar de demonstrar efeito. Podendo-se, assim, concluir as vantagens de tal feijão para reduzir a hiperglicemia pós-prandial.

Um impasse tecnológico para aplicação da faseolamina em produtos alimentícios está na sua baixa estabilidade térmica. Pereira (2008) observou que o  $\alpha$ AI foi inibido a 95°C, por 20 minutos. Os resultados obtidos por Grant *et al.* (1995) constataram uma inibição completa do inibidor de  $\alpha$ -amilase de feijões da variedade *Kidney* tratados a 100°C, por 5 minutos. Já Iguti (1991), trabalhando com o extrato bruto de feijão variedade manteiga 74, obteve a inativação do inibidor após 80 minutos de aquecimento, a 70°C. Segundo Marshall e Lauda (1975) e Valencia (2000) o inibidor é completamente inativado a 100°C durante 10 minutos.

De acordo com Le Berre-Anton *et al.* (2000) o inibidor da  $\alpha$ -amilase não apresenta atividade a 0°C, tem o máximo da sua atividade nas temperaturas entre 22 e 37°C, com pouca alteração dentro deste intervalo, atribuíram também que é necessário um tempo de incubação de 10 minutos para a atividade ótima.

Portanto, é necessário caracterizar ainda mais o perfil de inativação térmica do inibidor, uma vez que muitos produtos aos quais pode ser incorporado requerem tratamento térmico durante o processamento (OBIRO *et al.*, 2008).

### **3.2 Linhaça (*Linum usitatissimum* L.)**

Linho (*Linum usitatissimum* L.), também conhecida como linhaça, é uma planta amplamente cultivada em todo o mundo, principalmente por suas sementes e fibras (CALDERELLI *et al.*, 2010). Cultura antiga, a linhaça vem sendo amplamente utilizada como alimento, mas inicialmente era utilizada como fibra e tecidos. São conhecidas cerca de 200 espécies de *Linum* (linho ou linhaça) (CARTER, 1993).

A linhaça pertence à família *Linaceae* (CARTER, 1993), planta herbácea, folhas estreitas e flores de coloração azul, vermelha ou branca. O fruto consiste de cápsula globosa,

da qual saem pequenas sementes brilhantes e planas (CREDIDIO, 2005). As sementes apresentam coloração que variam do amarelo dourado ao marrom avermelhado, possuem textura crocante e sabor de nozes (MORRIS, 2007; RUBILAR *et al.*, 2010). A coloração das sementes é determinada pela quantidade de pigmentos presentes, e pode ser alterada por práticas de reprodução agrícolas da planta (MORRIS, 2007). É importante salientar que as condições de armazenamento podem afetar a cor, alterando o uso final da linhaça (NOVELLO e POLLONIO, 2011).

A linhaça emergiu como um potencial ingrediente funcional sendo boa fonte de ácido  $\alpha$ -linolênico, lignanas, proteínas de alta qualidade, fibras solúveis e compostos fenólicos (OOMAH, 2001). Conforme Morris e Vaisey-Genser (2003) e Roy, Lundy e Eriksen. (2007) a linhaça é comercializada, principalmente, como semente lisa inteira ou moída grosseiramente na forma de farinha. O primeiro uso da linhaça pode ter sido como ingrediente adicionado a pães (STITT, 1994) e uso como laxante (JUDD, 1995). Esse ingrediente, atualmente, pode ser utilizado em diversos produtos alimentícios, como pães e biscoitos (MACIEL, PONTES e RODRIGUES, 2008), macarrão (LEE e LIP, 2003), em bolos (LEE, INGLET e CARRIERE, 2004), entre outros.

As sementes da cor marrom e dourada são praticamente idênticas em seu conteúdo de nutrientes (CANADIAN GRAIN COMMISSION, 2001). A composição nutricional da linhaça é apresentada na Tabela 2, podendo haver pequenas diferenças na composição química, devido ao manejo, ambiente de crescimento, genética e condições de processamento (MORRIS, 2007; GOPALAN *et al.*, 2004; PAYNE, 2000).



Tabela 2 – Composição nutricional da linhaça (*Linum usitatissimum* L.).

Nutrientes	Teor em 100 g de linhaça
Água (g)	6,5
Proteínas (g)	20,3
Lipídeos totais (g)	37,1
Minerais (g)	2,4
Fibra bruta (g)	4,8
Fibra total dietética (g)	24,5
Carboidratos (g)	28,9
Calorias (kcal)	530,0
Potássio (mg)	750,0
Cálcio (mg)	170,0
Fósforo (mg)	370,0
Ferro (mg)	2,7
Vitamina A (µg)	30,0
Vitamina E (mg)	0,6
Tiamina (B1) (mg)	0,23
Riboflavina (B2) (mg)	0,07
Niacina (mg)	1,0
Piridoxina (mg)	0,61
Ácido pantotênico (mg)	0,57
Biotina (µg)	0,6
Ácido fólico (µg)	112

Fonte: MORRIS (2007); GOPALAN *et al.* (2004); PAYNE (2000).

### 3.2.1 O uso da linhaça como ingrediente funcional

O interesse crescente no uso da linhaça e elaboração de subprodutos para alimentação humana, devido às suas promissoras características nutricionais e nutracêuticas. Sendo fonte valiosa de compostos bioativos, como os ácidos graxos insaturados, fibras dietéticas, compostos fenólicos, dentre outros citados anteriormente (HERCHI, ARRÁEZ-ROMÁN *et al.*, 2014).

A linhaça é rica em gordura, fibras e proteínas, possui composição média de 37%

de gordura, 29% de carboidratos, 25% de fibra alimentar total, 20% de proteína, 7% de umidade e 3% de cinzas. Ressalta-se que o teor de gorduras pode variar de 34-47%, dependendo da localização, cultivo e condições ambientais (OOMAH e MAZZA, 1998; MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003; DAUN *et al.*, 2003; FITZPATRICK, 2006).

O ácido graxo essencial  $\alpha$ -linolênico ( $\omega$ -3) é o principal, responsável por 40% a 60% do total de lipídeos do óleo da linhaça, seguido pelos ácidos oleico, linoleico, palmítico e esteárico (PELLIZZON *et al.*, 2007). Devido ao elevado teor  $\alpha$ -linolênico, a linhaça apresenta relação  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 bastante favorável de 0.3:1 (MORRIS e VAISEY-GENSER, 2003). Diversos estudos relatam os benefícios à saúde de todos os ácidos graxos da série  $\omega$ -3 (ALA, EPA e DHA), como prevenção de várias doenças, incluindo doenças cardiovasculares, hipertensão, aterosclerose, diabetes, câncer, artrite, osteoporose, doenças autoimunes e neurológicas (GOGUS e SMITH, 2010).

O teor de proteína da semente de linhaça pode variar de 20 a 30%, constituído, principalmente, de globulinas (80%) e glutelinas (20%) (HALL *et al.*, 2006). A maior parte da proteína, também, está concentrada nos cotilédones (RABETAFIKA *et al.*, 2011). O perfil de aminoácidos é comparável ao da soja e não contém glúten (HONGZHI *et al.*, 2004; OOMAH, 2001). Embora haja a presença de aminoácidos considerados limitantes, como a lisina, metionina e cistina, a linhaça é rica em arginina, ácido aspártico e ácido glutâmico (HALL *et al.*, 2006).

Apesar de conter, aproximadamente, 30% de carboidratos totais, a linhaça não pode ser considerada um alimento glicêmico em razão de estar isenta de amidos e de seu baixo teor de açúcares simples (1 a 2 g/100 g, dependendo da variedade). Os outros carboidratos da semente de linhaça são as fibras dietéticas, as quais não são alteradas pelo processo digestivo, portanto, não geram glicose ou energia direta (TRUCOM, 2006).

As fibras da linhaça incluem fibras dietéticas solúveis e insolúveis, cerca de 28 a 40% do peso total da semente corresponde à fibra total (em 100 g de peso seco) (CASTRO, BARROSO e SINNECKER, 2005; RUDKOWSKA e JONES, 2007). A proporção de fibra solúvel:insolúvel varia entre 20:80 e 40:60 (MORRIS, 2003; MAZZA e OOMAH, 1995). A maior fração de fibra insolúvel é constituída por celulose e lignina (VAISEY-GENSER e MORRIS, 2003).

A fibra dietética suprime o apetite pós-prandial, reduz a ingestão de alimentos, provocando redução de peso, apenas 10 g de linhaça na dieta proporciona a ingestão de 1 g de fibra solúvel e 3 g de fibra insolúvel. A porção insolúvel auxilia, ainda, a prevenir a

constipação, principalmente pelo aumento do volume fecal e pela redução do tempo de trânsito intestinal (GREENWALD *et al.*, 2001).

A linhaça contém 35 a 70 mg de flavonoides / 100 g (OOMAH e MAZZA, 1998). Dentre os fenólicos, destaca-se a presença das lignanas, que podem atuar como antioxidantes e fitoestrógenos, a linhaça contém até 800 vezes mais lignanas que outros alimentos vegetais (MAZUR *et al.*, 1996). O teor de lignanas é constituído principalmente por secoisolariciresinol diglucosídeo (SDG) (294-700 mg / 100 g), matairesinol (0,55 mg / 100 g), lariciresinol (3,04 mg / 100 g) e pinioresinol (3,32mg / 100 g) (TOURRE e XUEMING 2010, MILDER *et al.*, 2005). A secoisolariciresinol diglucosídeo (SDG), principal lignana encontrada na linhaça, é convertida, por bactérias do cólon humano, à enterodiol e enterolactona (compostos similares ao estrógeno), que são capazes de prevenir o desenvolvimento de tumores de mama e da próstata relacionados aos hormônios, assim como alterações do cólon não-hormonais (ADLERCREUTZ, 2007).

As fibras dietéticas, as lignanas e os ácidos graxos  $\omega$ -3, presentes na linhaça, têm um efeito protetor contra o risco de diabetes (ADLERCREUTZ, 2007). A suplementação da dieta de diabéticos tipo 2 com 10 g de pó de linhaça por um período de 1 mês reduziu a glicemia em jejum em 19,7% (MANI *et al.*, 2011).

### **3.3 Massas alimentícias**

#### **3.3.1 Definições e cronologia**

El-Dash e Germani (1994) descreveram a definição, para massas alimentícias, como sendo o produto obtido através da mistura de farinha ou semolina de trigo com água fria ou quente e que podem conter outros ingredientes como corantes e conservadores, sendo que a massa não passa por processos de fermentação e/ou aeração durante o processamento.

A resolução RDC nº263, de 22 de setembro de 2005, ressalta ainda que, as massas alimentícias são os produtos elaborados da farinha de trigo (*Triticum aestivum* L. e/ou de outras espécies do gênero *Triticum*), e/ou derivados de trigo *durum* (*Triticum durum* L.), e/ou derivados de outros cereais, leguminosas, raízes e/ou tubérculos, resultantes do processo de empasto e amassamento mecânico, sem fermentação (BRASIL, 2005).

As massas podem ser adicionadas de outros ingredientes, acompanhadas de complementos isolados ou misturados à massa, desde que não descaracterizem o produto. Os

produtos podem ser apresentados secos, frescos, pré-cozidos, instantâneos ou prontos para o consumo, em diferentes formatos e recheios. São designadas por nomes próprios de acordo com a sua forma, tipo e substâncias adicionais.

Quando obtida, exclusivamente, de derivados de farinha de trigo (gênero *Triticum*), pode ser designada de “Macarrão”. Se elaborada, exclusivamente, de derivados de farinha de trigo *durum* (*Triticum durum* L.), pode-se utilizar a expressão “*de trigo durum*” na designação. E caso haja substituição parcial da farinha de trigo, deve ser acrescentada à designação a expressão “*mista*” (BRASIL, 2005).

A cronologia das massas alimentícias apresenta diversas controvérsias, muitas são as teorias sobre sua origem. Pesquisas realizadas no Instituto de Geologia e Geofísica da Academia de Ciências de Beijing, sob o comando do professor Houyuan Lu mostraram que os primeiros registros em Chinês acerca do macarrão datam dos anos 25 a 220 d.C. Na versão mais comum, o macarrão teria sido trazido da China ao Ocidente por Marco Polo, após retornar de viagens à China em 1271. A palavra utilizada nos relatos era “macaronis”, que seria derivada do verbo “*maccari*”, de um antigo dialeto da Sicília, que significa achatar, que por sua vez vem do grego “*makar*” que quer dizer sagrado ou “*makària*” e significa caldo de carne enriquecido com pelotinhas de trigo e por cereais (ABIMAPI, 2018; IPO, 2018; WANKENNE, 2012).

Porém, a versão mais aceita pelos historiadores faz referência aos árabes, que seriam os pais do macarrão, levando-o à Sicília no século IX, quando conquistaram a maior ilha italiana. Os árabes chamavam o macarrão de “*itrjia*”, que era uma massa seca para melhor conservação nas longas travessias pelo deserto (WANKENNE, 2012).

Apesar das divergências com relação ao surgimento das massas, sabe-se que os maiores difusores e consumidores por todo o mundo, a partir do século XIII, foram os italianos, responsáveis pela criação de quinhentas variedades de tipos e formatos, incorporando ao produto um ingrediente nobre, a farinha de grano duro, que permite o cozimento correto, ficando naturalmente *al dente* (CAFÉ *et al.*, 2003).

Em 1914, o processo de secagem artificial permitiu que o macarrão estivesse disponível em todas as regiões da Itália. O grande desenvolvimento da massa italiana estava estreitamente ligado à exportação, que atingiu um nível recorde de 70 mil toneladas, muitas das quais foram enviadas aos Estados Unidos. Mais tarde, os países importadores começaram a produzir máquinas para fabricar seus próprios produtos de massa, a partir de então esse fenômeno ficou conhecido como “A Indústria de Massas” (IPO, 2016).

No Brasil, a introdução do macarrão em nossos hábitos alimentares, deu-se através dos imigrantes italianos, principalmente na região Sul, tendo sido trazido pela baía de Guanabara, no início do século XIX. Desde então esse alimento foi disseminado pelo país, e atualmente possui alto índice de aceitabilidade, fazendo parte da mesa dos brasileiros, independentemente da classe social a qual pertença (FERNANDES, 2000; IPO, 2016; WANKENNE, 2012).

O Dia Mundial do Macarrão foi criado no dia 25 de outubro de 1995, durante o *I World Pasta Congress* (Congresso Mundial de Macarrão), realizado em Roma, que reuniu as principais fabricantes do mundo. A partir daí, a data é comemorada em diversos países, com o objetivo de difundir os benefícios do macarrão e aumentar o consumo *per capita*. A cada cinco anos, o Congresso Mundial do Macarrão reúne fabricantes, fornecedores, pesquisadores e formadores de opinião, que analisam as tendências de mercado, matérias-primas, tecnologia, nutrição e ações para promover as massas alimentícias no mercado mundial (ABIMAPI, 2018).

### 3.3.2 O consumo de massas alimentícias

O consumo *per capita* anual de massas alimentícias no Brasil apresenta-se constante, com uma média de consumo de 5,5 kg/ano (Tabela 3). As massas frescas contribuem com em pequena parte desse consumo, seguidas pelas massas instantâneas e as massas secas com maior percentual de consumo (ABIMAPI, 2018).

Tabela 3 – Consumo *per capita* de massas alimentícias no Brasil.

<b>Tipos de massas (Kg/hab/ano)</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Massas secas	4,72	4,90	4,77	4,55
Massas instantâneas	0,92	0,92	0,87	0,12
Massas frescas	0,22	0,20	0,18	0,11
<b>Total de massas alimentícias</b>	<b>5,86</b>	<b>6,02</b>	<b>5,82</b>	<b>4,78</b>

Fonte: Associação Brasileira de Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Bolos Industrializados (ABIMAPI), 2018.

De acordo com estatísticas da Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Biscoitos Industrializados – ABIMAPI, dentre os dez países mais

consumidores de massas, o Brasil ocupa a quarta posição, com relação ao percentual de vendas de massas alimentícias (Tabela 4).

Tabela 4 – Ranking percentual de vendas (mil toneladas) de massas alimentícias.

<b>Ranking</b>	<b>Países</b>	<b>Vendas (%)</b>
1°	Itália	10,95%
2°	EUA	7,95%
3°	Rússia	6,92%
4°	Brasil	6,24%
5°	Alemanha	5,31%
6°	França	4,43%
7°	Peru	4,30%
8°	Irã	4,11%
9°	Egito	3,81%
10°	Argentina	3,05%

Fonte: Associação Brasileira de Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Bolos Industrializados (ABIMAPI), 2018.

Estudos para desenvolvimento de novos produtos, agregando valor nutricional e tecnológico, mudanças na forma de apresentá-los, além do aumento do poder aquisitivo da população, são fatores listados para possibilitar o aumento do consumo de massas alimentícias (ABIMAPI, 2018; REIS, 2013).

### ***3.3.3 Matérias-primas para fabricação de massas alimentícias***

A qualidade das massas alimentícias depende, além do processamento, da qualidade das matérias-primas utilizadas na sua fabricação e também da aplicação dos princípios de Boas Práticas de Fabricação (BPF). De acordo com El-Dash e Germani (1994) as massas são feitas com farinha ou semolina de trigo misturada com água. Outros ingredientes tais como, ovos,  $\beta$ -caroteno, extrato de espinafre, lipídeos, açúcares, aromatizantes, corantes e etc, podem ser adicionados para melhorar as características reológicas da massa, melhorar aspecto, cor, textura e/ou para elevar o valor nutritivo do produto final. As massas não sofrem nenhum processo de fermentação ou aeração durante o

processamento, após a moldagem, as massas adquirem as mais variadas formas, recebendo diversos nomes.

A qualidade da farinha e da água utilizadas na fabricação tem impacto significativo na qualidade e conservação do produto final, assim como a eficiência da secagem também influencia. Uma massa de boa qualidade tem o aspecto uniforme, semitransparente e é dura. O aroma e o sabor são característicos de massa não fermentada. Quando colocadas na água, não deverão turvá-la antes de ficarem cozidas e não poderão estar fermentadas ou rançosas (EL-DASH E GERMANI, 1994).

As características e funções dos ingredientes utilizados na elaboração de massas alimentícias podem ser assim descritas.

#### 3.3.3.1 Farinha de trigo

Segundo a RDC Nº 263/2005, da ANVISA, farinhas são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos (BRASIL, 2005).

A farinha de trigo é o principal constituinte dos produtos de panificação, de confeitaria, de bolos, biscoitos e de massas alimentícias. Sua qualidade depende da qualidade do grão, da moagem e da extração (LIMA, 2010).

A composição da farinha varia de acordo com o tipo de grão, origem e época do plantio. Em média, esse insumo é constituído de 70-75% de amido, 14% de água e 10-12% de proteínas. Apresenta também 2-3% de polissacarídeos não amiláceos e 2% de lipídeos, os quais estão em menor quantidade, mas são importantes na produção de alimentos derivados da farinha de trigo (BOBBIO e BOBBIO, 2001; GOESAERT *et al.*, 2005).

Dentre as variadas espécies do gênero *Triticum*, as mais utilizadas na indústria alimentícia são o trigo duro (*Triticum durum*) e o trigo comum (*Triticum aestivum*), ambos pertencem à família *Gramineae* (*Poaceae*). O trigo duro é mais raro que o comum, sendo cultivado apenas em algumas partes do mundo, tendo 55-60% de seus cultivares na região do Mediterrâneo (KILL, 2001; WISEMAN, 2001).

Os grãos de trigo são constituídos basicamente por três partes principais: o farelo, o endosperma e o germe. O farelo é o revestimento externo do grão e protege o endosperma e o germe, constitui, aproximadamente, 14% do grão. O germe é a menor parte do grão,

constituindo em média 3% do seu peso. O endosperma representa a maior parte, com cerca de 83%, composto basicamente de amido e na parte externa proteínas (ORTH e SHELLENBERGER, 1988). A farinha é basicamente o endosperma moído, segundo Gutkoski *et al.* (1999), o objetivo do processo de moagem é quebrar o grão cereal, retirar o máximo de endosperma (livre de farelo e germe) e reduzi-lo a farinha, isso ocorre em função das diferentes propriedades físicas do farelo, do germe e do endosperma.

O trigo comum é mais facilmente moído e tem um endosperma amiláceo “farinhento”, tornando-o ideal para o uso em pães. O trigo duro, por outro lado, tem um endosperma particularmente duro, resultando num produto grosseiro e amarelado, com poucas partículas finas. Durante séculos o trigo duro foi a matéria-prima preferida para fabricação de massas tanto caseiras quanto comerciais (KILL, 2001; WISEMAN, 2001).

Ao trigo comum (*Triticum aestivum*), faltam a dureza, a qualidade do glúten, e a coloração amarelada, para produzir massas com qualidade, portanto, tecnologicamente, o produto obtido da moagem do trigo “*Triticum durum*”, o qual é denominado de semolina, continua sendo o mais indicado para fabricação de massas alimentícias (KILL, 2001; EL-DASH e GERMANI, 1994).

A farinha obtida do trigo *durum* tem alto teor proteico, coloração amarelada, devido à presença de pigmentos carotenoides e tem qualidade de glúten, sendo adequada para produção de massas (MORETTO e FETT, 1999; PIZZINATO *et al.*, 1993).

A semolina obtida desse cultivar deverá ser a mais uniforme possível e com isso permitirá a obtenção de um produto final de boa qualidade (DICK E MATSUO, 1988; PIZZINATO *et al.*, 1993; EL-DASH e GERMANI, 1994). Na ausência da semolina aconselha-se o uso da farinha de trigo especial, que tem partículas que a farinha comum, coloração mais branca e uniforme (GUERREIRO, 2006).

No Brasil, denomina-se semolina a fração oriunda da moagem do trigo limpo e degerminado, compreendendo as partículas que passam pela peneira número 40 (0,420 mm) e são retidas pela peneira 60 (0,250 mm). O trigo tipo *durum*, pelo fato de ter textura dura, possibilita a obtenção da fração granulosa, semolina, que, geralmente, possui um tamanho menor que 0,840 mm, e apenas 3% menor que 0,150 mm (EL-DASH e GERMANI, 1994; GUERREIRO, 2006).

O tamanho das partículas influencia na capacidade de absorção de água pela farinha. As partículas menores da farinha absorvem proporcionalmente mais água, e mais rapidamente, que as partículas maiores. A uniformidade na granulometria é mais importante



que o próprio tamanho das partículas, pois favorece a distribuição uniforme da água pela massa. Portanto, deve-se dar preferência às farinhas com partículas de tamanho uniforme, sobretudo aquelas que passam pela peneira número 30 (0,600 mm) e ficam retidas na peneira número 60 (GUERREIRO, 2006).

Um importante componente da farinha de trigo, e que forma a base de sua utilização na produção de massas, são as proteínas, classificadas em solúveis e insolúveis (Tabela 5) (BOBBIO e BOBBIO, 2001). As albuminas e globulinas são solúveis, não formadoras de glúten, perfazem aproximadamente 15% das proteínas e são encontradas principalmente no germe e no farelo. Já as prolaminas (gliadinas) e glutelinas constituem cerca de 85%, são formadoras de glúten e estão presentes no endosperma (SWANSON, 2007). No trigo, estas últimas, estão presentes na proporção de 1:1, aproximadamente (BOBBIO e BOBBIO, 2001; NASCIMENTO, 2008).

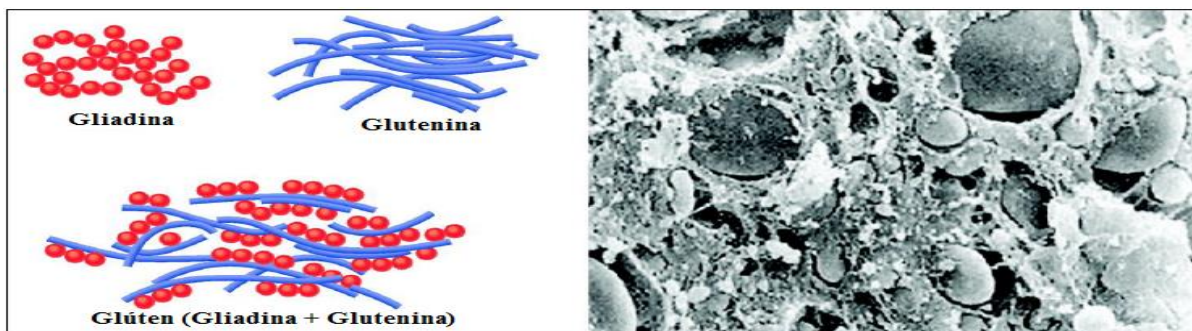
Tabela 5 – Principais tipos de proteínas na farinha de trigo.

<b>Proteínas</b>	<b>Peso Molecular</b>	<b>Solubilidade</b>
Albuminas	20.000-50.000	Solúveis em água
Globulinas	- 300.000	Solúveis em soluções salinas
Prolaminas (gliadinas)	20.000-50.000	Solúveis em água e álcool
Glutelina (gluteninas)	- 100.000	Parcialmente solúveis em água e soluções de ácidos diluídos

Fonte: BOBBIO e BOBBIO, 2001.

No processo de fabricação de massas, a água é adicionada à farinha, hidratando os grânulos e formando um complexo, através da formação de pontes de hidrogênio, de dissulfeto ( $--S—S--$ ) e ligações de Van der Waals, entre a água e as moléculas proteicas. Esta hidratação combinada à manipulação mecânica ou amassamento, faz com que as proteínas, gliadina e glutenina, se desdobrem e alinhem, formando o glúten (BOBBIO e BOBBIO, 2001; SWANSON, 2007). As estruturas das proteínas, gliadina e glutelina, podem ser visualizadas na Figura 1. Este complexo proteico, descrito por Swanson (2007) como uma rede fibrilar, coesiva, elástica e extensível, coberta por uma membrana proteica, é responsável pela manutenção da estrutura dos produtos de trigo, como pães e massas.

Figura 1 – Estruturas das proteínas, gliadina e glutenina e interação das mesmas (esquerda) Micrografia eletrônica de varredura mostra a interação das proteínas (direita).



Fonte: Physiological Reviews (FASANO, 2011).

A rede proteica formada possui propriedades viscoelásticas, que confere condições desejáveis para a produção de massas alimentícias, propiciando uma forma estável ao produto final, que não deverá quebrar durante o processo de secagem. Deve-se ressaltar que o teor e a qualidade do glúten é um ponto importante para elaboração de massas alimentícias (PIZINATTO *et.al.*, 1993).

Porém, Bobbio e Bobbio (2001) cita alguns fatores não-fisiológicos que podem alterar a formação e as características do glúten, a saber: o teor de água, que pode ser insuficiente, o excesso de manuseio mecânico que para o trigo mole, principalmente, diminui sua resistência, o excesso de oxidação, reduzindo drasticamente a extensibilidade, as enzimas proteolíticas que destroem a cadeia peptídica reduzindo ou destruindo a resistência do glúten, o excesso de agentes redutores, que destroem as propriedades mecânicas do glúten e a falta de lipídeos, afetando as propriedades mecânicas, principalmente a extensibilidade.

Um material farináceo, com alto teor de glúten e boa qualidade, contribui para uma hidratação mais uniforme e, durante a mistura, produz massas alimentícias mais fortes e elásticas. Essas massas apresentam um volume adequado após o cozimento, não deixam muito resíduo na água de cozimento e se mantêm firmes quando deixadas em água quente. Por outro lado, uma massa alimentícia com baixo teor de glúten e com qualidade de glúten fraco vai dar origem a um produto final deficiente em algumas de suas características. Um material farináceo com conteúdo demasiadamente elevado de glúten, também, pode apresentar problemas tecnológicos, pois neste caso terá que haver um processamento com baixa absorção de água, o que normalmente provoca a descoloração de produto, sua superfície se torna áspera e esticará muito durante o processo de extrusão. Portanto, para produtos de

boa qualidade, a farinha deverá ter um bom conteúdo de glúten aliado à sua boa qualidade (CIACCO, 1982; DICK e MATSUO, 1988).

Donnelly (1991) definiu que, para elaborar uma massa de boa qualidade, é necessário o uso de uma farinha com no mínimo 11% de proteínas.

Segundo Mariusso (2008) as características desejáveis para farinha de trigo de boa qualidade são: umidade abaixo de 14%, teor proteico de 11 a 14%, glúten forte (elástico e pouco extensível), baixo teor de cinzas, baixa atividade de  $\alpha$ -amilase, isento de partículas de germe e farelo, e ainda possuir granulometria uniforme (ausência de finos).

Sabanis *et al.* (2006) e Wood (2009) alegam que a substituição de mais de 30% da farinha de trigo por outras farinhas, que não contém glúten, afeta negativamente a matriz proteica, criando massas difíceis de processar, principalmente durante a extrusão, e, em geral, inaceitáveis.

### 3.3.3.2 Água

Para a indústria de massas alimentícias a água é imprescindível, é uma matéria-prima necessária à formação da massa, porque além de dissolver os ingredientes solúveis, hidrata o material farináceo, assegurando a formação da rede proteica, do glúten, e controla a consistência da massa (NUNES *et al.*, 2006; MARIUSSO, 2008).

É indispensável que se utilize água limpa, inodora, insípida, incolor e isenta de microrganismos, visto que a qualidade da massa depende, em grande parte, da sanidade da água empregada, com atenção especial para as massas frescas (EL-DASH E GERMANI, 1994; GUERREIRO, 2006).

Para a fabricação de massas é necessário que a água contenha baixo teor de sais minerais, os quais podem interagir com o glúten, influenciando na textura da massa (GUERREIRO, 2006; BENASSI, 1997). O excesso de sais, principalmente de cálcio e magnésio, pode alterar o sabor, tornando-o desagradável, e a cor das massas. As águas ricas em substâncias orgânicas, também, são prejudiciais à qualidade, pois tendem também a escurecer o produto. Deve-se, portanto, evitar águas superficiais, sujeitas à infiltração de resíduos de substâncias de origem animal e vegetal (CIACCO, 1982; MARIUSSO, 2008).

Portanto, para não haver alterações na qualidade do produto final, é importante que os componentes da água para processamento de massas alimentícias não ultrapassem os limites apresentados na tabela abaixo (Tabela 6).

Tabela 6 – Componentes da água para processamento de massas alimentícias.

<b>Componente</b>	<b>mg/L (máximo)</b>
Carbonato	180-220
Sulfato	70-90
Silicato	25-30
Nitrato ou nitrito	5-10
Cloreto	5-10
Matéria orgânica	10-40
Resíduo sólido	400-500

Fonte: Manual para produção de massas frescas – EMBRAPA, BENASSI, 1997.

A temperatura da água durante a mistura também é um fator importante na fabricação das massas. A farinha pode ser misturada com água morna (40 a 60°C) ou fria (a temperatura ambiente), a depender da granulometria e do tipo de processamento. Na extrusão descontínua, por exemplo, recomenda-se temperatura de 40°C a 60°C, neste tipo de processamento a água morna propicia não só uma massa mais macia e fácil de extrusar, como também realça a cor amarela. Já no processo de extrusão contínua é adequado o uso da água à temperatura ambiente, pois o calor gerado durante a mistura não é dissipado, podendo causar um superaquecimento da massa. A semolina com granulagem mais fina deve ser misturada a temperaturas mais baixas que aquelas com maior granulometria (CIACCO e YOON, 1986; EL-DASH e GERMANI, 1994).

### 3.3.3.3 Ovos

Inicialmente, o uso de ovos em massas frescas caseiras ocorria de maneira indiscriminada, sem determinar a quantidade necessária, posteriormente passou-se a empregá-los em indústrias de massas alimentícias com objetivo de alterar a cor e melhorar a textura, dando “liga” (ANTOGNELLI, 1980; BENASSI, 1997).

A adição de ovos interfere na qualidade das massas alimentícias nos seguintes aspectos, confere coloração amarelada, melhora a elasticidade, principalmente nas massas longas, reduzindo a quantidade de resíduo na água de cozimento e, conseqüentemente, a pegajosidade, além de aumentar o valor nutricional (ANTOGNELLI, 1980; GUERREIRO, 2006).

Durante a produção da massa, a albumina do ovo tem influência positiva sobre as proteínas da farinha, ajudando na formação da rede proteica e melhorando o envolvimento do amido por essa rede (GUERREIRO, 2006).

A quantidade de ovos adicionados à massa pode variar de um país para outro, conforme a legislação vigente. No Brasil, a legislação estabelece que a massa somente poderá ser exposta à venda com a designação “massa com ovos” se contiver no mínimo 450 mg de colesterol por quilo de massa, expresso em base seca, o que corresponde em média, a 3 ovos inteiros (clara e gema) ou 135 g de ovos por quilo de farinha, não podendo ser adicionado qualquer espécie de corantes (GUERREIRO, 2006; BRASIL, 2000; LEITÃO, 1990).

O uso de ovos pode trazer melhoras tecnológicas na elaboração da massa, porém exige uma atenção especial para evitar contaminações, segundo Guerreiro (2006), alguns cuidados devem ser tomados como, por exemplo, após quebrar os ovos, usá-los rapidamente, pois tanto na quebra manual, quanto na mecânica, há riscos de contaminação pelo contato com as mãos do manipulador ou por utensílios e equipamentos mal higienizados, não utilizar ovos deteriorados ou com rachaduras na casca. Para maior praticidade e segurança, aconselha-se o uso de ovos líquidos pasteurizados ou ovos desidratados, que oferece maior garantia, visto que os fornecedores já realizaram as análises microbiológicas necessárias ao controle desta matéria-prima, principalmente em relação à *Salmonellas*.

#### 3.3.3.4 Outros aditivos

No preparo das massas alimentícias podem-se utilizar também alguns aditivos como, emulsificantes, corantes e conservantes.

Os emulsificantes são importantes aditivos, atuam na redução da perda de sólidos na água de cozimento e melhoria da textura (adesividade e firmeza), além de melhorar a uniformidade, espessura, brilho e dureza das massas. O uso de emulsificantes proporciona também melhor controle do processo, devido à propriedade de lubrificação dos produtos amiláceos extrusados que facilita a passagem da massa através da matriz. Os mais utilizados na indústria alimentícia são os monoglicerídeos e os ésteres de ácidos, os quais são selecionados de acordo com as suas propriedades. A legislação brasileira limita o uso na concentração de 0,5 g sobre o produto seco (GUERREIRO, 2006; BRASIL, 2007).

Quanto aos corantes é permitido o uso dos naturais ou sintéticos (idênticos aos naturais), exceto em massas alimentícias com ovos ou com vegetais. Os mais comumente

utilizados são o urucum e o beta-caroteno. O beta-caroteno por tratar-se de um corante com valor elevado deve ser usado quando o objetivo primordial é o aumento do valor nutricional da massa, pois o mesmo apresenta atividade vitamínica (pró-vitamina A) (GUERREIRO, 2006; EL-DASH E GERMANI, 1994).

Outro aditivo que pode ser acrescentado é o conservante, utilizado, principalmente, para melhorar ou estender a “*shelf life*” do produto final. O objetivo é proteger as massas frescas da ação de fungos (mofo) durante a comercialização. A legislação em vigor permite o uso dos ácidos sórbico (fungistático) e propiônico (fungicida), bem como seus sais, como agentes conservadores em massas frescas (GUERREIRO, 2006; BRASIL, 2007).

### ***3.3.4 Processamento de massas alimentícias***

Basicamente, as etapas de processamento das massas consistem em: mistura, amassamento, moldagem e secagem. A etapa de moldagem pode ser realizada através de trefilação ou laminação, a depender do produto desejado e dos equipamentos disponíveis (EL-DASH e GERMANI, 1994).

Até cerca de 1935, a maioria das massas eram obtidas por processos descontínuos, onde a massa era misturada em lotes, amassadas em gramolas e extrusadas em prensas hidráulicas. Ainda na década de 1930 surgiram os extrusores contínuos e mais tarde, foram desenvolvidos os secadores contínuos, tornando, portanto, o processo contínuo, adotado por grande parte das indústrias de massas (CIACCO e YOON, 1992).

A seguir serão descritas as etapas básicas para fabricação de massas alimentícias.

#### ***3.3.4.1 Mistura***

A mistura dos ingredientes, primeira etapa do processo, consiste na homogeneização dos ingredientes secos (farinhas e aditivos) com os líquidos (água e ovos), devidamente dosados em proporções determinadas. A proporção da água deve ser ajustada cuidadosamente, pois esta proporção dependerá da variedade do trigo, do teor de proteína da farinha, da umidade inicial e da granulometria da mesma (EL-DASH E GERMANI, 1994; BENASSI, 1997). Ressalta-se que a farinha deve ser previamente peneirada, para remoção de

qualquer material estranho e que essa homogeneização deve durar aproximadamente 15 minutos (GUERREIRO, 2006).

A temperatura da água durante a mistura é outro fator que influencia na qualidade e eficiência do processo. Como citado anteriormente, a água poderá estar morna ou fria, dependendo da granulometria da farinha e do tipo de processamento. Se a temperatura for ligeiramente mais alta que a ambiente, o tempo necessário para a mistura será diminuído e a massa ficará mais plástica, facilitando a moldagem (EL-DASH e GERMANI, 1994; GUERREIRO, 2006).

A etapa de mistura, embora pareça simples, é uma operação de extrema importância, pois envolve as reações de hidratação das proteínas formadores do glúten e hidratação do amido, as quais desempenham papel fundamental no processo de empastamento e qualidade da massa alimentícia (CIACCO E YOON, 1982; MARIUSSO, 2008).

#### *3.3.4.2 Amassamento*

Esta etapa pode ser feita em batelada ou de forma contínua. Nos processos contínuos, o amassamento é feito no canhão do extrusor. Em equipamentos mais modernos, o amassamento é feito sob vácuo, pois a ausência de bolhas de ar dar ao produto uma aparência translúcida e homogênea. Caso o ar não seja removido, as pequenas bolhas formadas darão origem a pequenos pontos esbranquiçados no produto final, além de torná-lo menos resistentes às quebras (CIACCO E YOON, 1982; EL-DASH e GERMANI, 1994; BARBOSA, 2002).

Durante a mistura, os ingredientes são colocados em contato, mas é durante o amassamento que de fato, melhor, desenvolve-se a estrutura da massa, tornando-a homogênea (GUERREIRO, 2006). Nessa etapa ocorre a formação de um sistema coloidal complexo, envolvendo lipídeos, amidos, açúcares, minerais, proteínas e etc., o qual é responsável pelas características viscoelásticas necessárias para a produção de massas alimentícias (MATZ, 1970).

#### *3.3.4.3 Trefilação*

A trefilação trata-se de uma etapa que ocorre no processo de extrusão contínua, onde a massa alimentícia é empurrada por um parafuso ou rosca sem fim para a matriz/trefila

que por força diminui o diâmetro e aumenta o comprimento caracterizando o macarrão, ou dependendo do tipo de trefila utilizado podem-se obter produtos com outros formatos (GUERREIRO, 2006; BONATTO e KENNEDY, 2008).

Durante esse processo uma quantidade de calor considerável é gerada, devido ao atrito com o parafuso e com as paredes do cilindro. Para evitar o superaquecimento da massa, o canhão extrusor possui uma camisa por onde circula água fria, que mantém a temperatura da massa em torno de 50°C (EL-DASH e GERMANI, 1994; GUERREIRO, 2006). O macarrão sai da trefila e é cortado por facas rotativas que ficam acopladas na parte externa da matriz. A velocidade de rotação das facas é controlada por um motor independente e esta velocidade determinará o tamanho da massa que seguirá para a etapa de secagem (EL-DASH e GERMANI, 1994; BARBOSA, 2002).

#### *3.3.4.4 Laminação*

A laminação é o processo de moldagem mais tradicional, ocorre geralmente em bateladas, portanto trata-se de um processamento descontínuo. A massa obtida é laminada sucessivamente, passando através de uma série de cilindros lisos, que reduzem a espessura da massa, formando uma lâmina, até se obter a espessura desejada, com aparência lisa, uniforme e não quebradiça. Após a laminação a massa é cortada (EL-DASH e GERMANI, 1994; GUERREIRO, 2006).

A espessura da lâmina e o formato de corte da massa dependem do produto final que se deseja obter. Os formatos mais comuns são: talharim, lasanha, raviole, capelete e pastel (EL-DASH E GERMANI, 1994).

#### *3.3.4.5 Secagem*

Esta etapa é crítica, porém deve-se observar o tipo de massa que se deseja produzir, fresca ou seca. Visto que, para massas frescas há pouca ou nenhuma necessidade de secagem, já que é desejado um produto final o mais fresco possível (EL-DASH e GERMANI, 1994). Mas, caso seja necessário secá-las, deve-se realizar uma secagem parcial, com a finalidade de eliminar o excesso de água adsorvida na fase anterior do processamento (COMELLI, 2011). Após a secagem, devem possuir umidade máxima de 35% de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2005).



Para obtenção de massas secas o processo de secagem deve ser completo e tem o objetivo de reduzir a umidade da massa, que emerge da trefila com teor de 29 a 31%, para cerca de 12,5 a 13%, tornando o produto mais estável durante o armazenamento (CIACCO e YOON, 1982). Para as massas secas, este teor de umidade final garante a dureza, a permanência da forma do macarrão e a estocagem sem deterioração microbiana (BARBOSA, 2002).

#### *3.3.4.6 Empacotamento*

A função do empacotamento é manter o produto final livre de contaminações e protegê-lo de danos causados no transporte e armazenamento (EL-DASH e GERMANI, 1994).

As massas frescas são normalmente comercializadas em embalagens plásticas seladas, que devem evitar a passagem de água do ambiente para o produto e também a perda de água do produto para o ambiente, o que causaria o seu ressecamento. Essa troca de umidade pode ser minimizada com o uso de materiais de embalagens com baixa permeabilidade ao vapor d'água, como os filmes de polipropileno mono e biorientados (PP ou BOPP), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD) (CIACCO e YOON, 1982; GUERREIRO, 2006).

Independente do tipo de embalagem utilizada vale ressaltar, que ela protege o produto final, contribuindo para a vida útil, mas não poderá alterar e/ou recuperar a qualidade, pois esta é função das condições de processamento e da qualidade das matérias-primas utilizadas (GUERREIRO, 2006).

### **3.4 Desenvolvimento de produtos alimentícios**

A busca por novos produtos, consumidores cada vez mais exigentes e a competitividade organizacional são fatores que impulsionam as indústrias alimentícias à investir em pesquisa e desenvolvimento (P&D), com o objetivo de criar produtos de maior valor agregado, garantindo a manutenção e o sucesso de empresas que se mobilizam para acompanhar a onda de consumo de alimentos saudáveis e de preparo rápido (GOUVEIA, 2006).

O consumidor tende a ser mais seletivo e exigente na hora de optar pelo produto ou marca à sua disposição. Em virtude disso, as indústrias precisam inovar ou desenvolver produtos que antecipem essas necessidades, para surpreender o consumidor e ganhar mercado, frente à concorrência. Buscar o posicionamento dinâmico dos produtos no mercado (ou seja, atender as necessidades dos consumidores, que evoluem rapidamente), inovar tecnológica e estrategicamente para manter a empresa competitiva em relação à qualidade/custo de seus produtos, e desenvolver uma cultura organizacional voltada à inovação contínua (PEREIRA; ABREU; BOLZAN, 2002; ATHAYDE, 1999).

Nesse contexto, o desenvolvimento de um produto alimentício é considerado um processo complexo e de natureza multidisciplinar, que exige inter-relação entre a administração da empresa, a equipe de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e os setores de *marketing*, produção, compras, controle de qualidade, vendas, consumidores e fornecedores, a fim de obter o sucesso desejado (WILLE *et al.*, 2004).

No desenvolvimento e pesquisa de novos produtos é imprescindível otimizar parâmetros, como forma, cor, aparência, odor, sabor, textura, consistência e a interação dos diferentes componentes, a fim de corresponder as expectativas e aceitabilidade dos consumidores, pois um alimento além de seu valor nutritivo deve produzir satisfação e ser agradável ao consumidor, e isso é resultante do equilíbrio de diferentes aspectos de qualidade sensorial (ATHAYDE, 1999; MINIM, 2010; PENNA, 2001).

A expectativa é um dos principais fatores que determina a reação de um consumidor em relação aos produtos alimentícios, pois pode beneficiar ou prejudicar a percepção do produto pelo consumidor, mesmo antes do consumo. Além disso, as empresas necessitam conhecer o público alvo e o mercado, procurando sempre identificar as tendências e demandas, já que o objetivo de desenvolver novos produtos está inteiramente ligado ao fato de atender as expectativas e suprir as necessidades dos consumidores (BRANDÃO, 2002; NORONHA; DELIZA; SILVA, 2009).

A maioria das pesquisas e inovações em alimentos está associada à incorporação de novos corantes, aromas, amidos modificados e enzimas criadas pela indústria de ingredientes e aditivos, assim como micro-organismos probióticos, antioxidantes, imunopeptídeos, isoflavonas e outros componentes/ingredientes que melhoram as propriedades tecnológicas e/ou caracterizam os alimentos como funcionais (GOUVEIA, 2006).

Segundo Gutkoski *et al.* (2007) a busca por alimentos nutritivos e seguros aumenta mundialmente, e a ingestão correta de alimentos saudáveis é uma maneira de evitar ou mesmo sanar problemas relacionados à saúde. Dentre esses alimentos, estão os funcionais, que ganham crescente destaque frente a consumidores que se preocupam em cuidar do seu bem estar, por estarem ligados à promoção da qualidade de vida e bem-estar (CARVALHO, 2006).

Sendo assim, o mercado de alimentos funcionais tem crescido gradativamente e taxas anuais aumentam em aproximadamente 10%, revelando um campo fértil de pesquisa e oportunidades comerciais. No entanto, as inovações em alimentos no Brasil são ainda incipientes se comparadas ao estágio de pesquisas em empresas do Japão, dos Estados Unidos e da Europa (GOUVEIA, 2006).

#### **3.4.1 Enriquecimento de massas alimentícias**

Com base nessas informações e analisando o perfil de consumo *per capita* anual de massas alimentícias, o qual no ano de 2017 chegou a 5,82 kg / habitante, pode-se considerar que as massas tem uma forte tendência de ser associado a um alimento saudável e prático, fazendo com que o mercado desse produto seja beneficiado.

Embora seja carente em alguns nutrientes considerados indispensáveis à alimentação humana, do ponto de vista nutricional, é indiscutível, que o macarrão é um alimento rico em carboidratos complexos, faz parte do grupo de alimentos energéticos, compõe a base da pirâmide alimentar, apresentando um índice glicêmico entre baixo e moderado (HILGIB *et al.*, 2007).

Mesmo sendo um alimento popular e bastante consumido, em geral, a formulação tradicional desta massa é composta em sua maioria de farinha de trigo especial, que contém baixo valor nutricional em função da quantidade e qualidade de suas proteínas (cerca de 12,35% de proteína, sendo, apenas, 0,74 mg de lisina e 0,35 mg de metionina), aliada à deficiência em fibras (NICOLETTI *et al.*, 2007).

A proteína do trigo, bem como as proteínas do milho, sorgo, arroz e etc, apresentam um baixo “*Protein Efficiency Ratio*” (PER) por conta de sua deficiência em lisina e triptofano, aminoácidos essenciais (BARBOSA, 2002). Essas deficiências podem ser compensadas pela adição de outros ingredientes às massas alimentícias, podendo torná-las um item importante na alimentação.

Há dois modos de enriquecer, nutricionalmente, um alimento: melhorando a qualidade nutricional de um produto tradicional já existente, ou desenvolvendo novos produtos enriquecidos, utilizando matéria-prima adequada. Segundo Café *et al.* (2003) a prática de enriquecimento de farinhas e outros alimentos básicos é adotada em vários países desde meados do século XX.

Um exemplo de enriquecimento ou fortificação deu-se através da Resolução RDC Nº 344, de 13 de dezembro de 2002, onde se tornou obrigatória a fortificação das farinhas de trigo e milho com ferro e ácido fólico. A escolha dessas farinhas deu-se pelo fato de serem consumidas por praticamente toda a população, direta ou indiretamente, através de seus derivados, como massas, pães e biscoitos (BRASIL, 2002; CAFÉ *et al.*, 2003; WANKENNE, 2012).

De acordo com esta Resolução cada 100 g de farinha de trigo, por exemplo, deve fornecer no mínimo 4,2 mg de ferro e 150 mcg de ácido fólico. Todos os produtos derivados (pães, massas, bolos, biscoitos) devem ser produzidos com farinha de trigo fortificada com esses dois micronutrientes e deve constar a informação no rótulo, bem como suas respectivas quantidades na Tabela Nutricional Obrigatória e na lista de ingredientes (BRASIL, 2002).

Caso a adição seja tecnologicamente inviável, afetando a qualidade do produto final, a fortificação pode ser suspensa. Porém, no processo de elaboração de todos os tipos de macarrão a fortificação não afetou as características finais dos produtos e atualmente é possível encontrar ferro e ácido fólico em quantidades seguras neste alimento (WANKENNE, 2012).

Considerando essa realidade, ao longo dos anos, surgiram diversos estudos com fontes alternativas de ingredientes que possam ser adicionados à farinha de trigo para o preparo das massas e que ofereçam outros nutrientes importantes ao organismo humano, aumentando, portanto, o valor nutricional.

Ajila *et al.* (2010) prepararam macarrões incorporando cascas de manga em pó, em três níveis diferentes (2,5; 5,0 e 7,5%), o teor total de fibra alimentar aumentou de 8,6 para 17,8%, o conteúdo de polifenóis e carotenoides aumentaram de 0,46 para 1,80 mg/g e de 5 para 84 µg/g, respectivamente. Apresentaram, portanto, melhoras significativas das propriedades antioxidantes. Sensorialmente o macarrão com 5% de cascas de manga resultou em produto com boa aceitabilidade.

Fogagnoli e Seravalli (2014) elaboraram macarrões, tipo massa fresca, com adição da farinha de casca de maracujá nas concentrações de 5 e 8% e observaram um aumento no teor de fibras, porém afetou negativamente a elasticidade da massa.

Melissa Slinkard (2014) realizou estudos da fortificação de massas com adição das farinhas de grão de bico e quinoa. A farinha de grão de bico determinou um maior efeito no aumento do teor de proteínas, lipídeos, fibras, cinzas e aminoácidos, enquanto que a farinha de quinoa teve pouco ou nenhum efeito sobre a composição nutricional da pasta, nas concentrações usadas.

Mercier *et al.* (2015) realizaram estudos para avaliar a estabilidade oxidativa de massas, tipo lasanha, enriquecidas com linhaça nas proporções de 10 e 20%, durante o processamento térmico. A adição de linhaça melhorou a qualidade nutricional da lasanha devido à presença de ácidos graxos da série ômega-3, lignanas e fibras.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Material**

Massa tipo talharim foi desenvolvida de acordo com a *American Association of Cereal Chemists* – AACC (2000).

Os ingredientes para elaboração da massa: farinha de trigo, sal e ovos, azeite de oliva, e a linhaça (*Linum usitatissimum* L.) foram adquiridos no comércio local de Fortaleza, Ceará.

A Faseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.) foi adquirida em São Paulo, oriunda de exportação pela empresa Acetar Bio-Tech, de origem chinesa. Com características próximas as descritas na Tabela 1, pó fino, coloração bege, teor de umidade de 3,45%, densidade aparente de 0,51 g/mL e com atividade inibitória da  $\alpha$ -amilase de 3275 unidades/g, conforme laudo (Anexo 1) encaminhado pelo fabricante (Lote: TYW170108).

### **4.2 Metodologia**

Para o desenvolvimento das formulações foi utilizado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para desenvolver as formulações, o qual se fez necessário, tendo

em vista o número de variáveis independentes presentes em estudos de desenvolvimento de novos produtos e/ou processos (RODRIGUES e IEMMA, 2005).

A farinha da linhaça e as massas foram processadas no Laboratório de Cereais do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza.

#### **4.2.1 Preparo das amostras**

Inicialmente foi realizado o processamento das sementes de linhaça marrom (*Linum usitatissimum* L.) para obtenção da farinha, 1 kg de sementes foi triturado em processador Arno, após foi peneirado em peneira de 20 *mesh*, com abertura de 0,841 mm. Foi possível obter um rendimento de 85,66% de farinha de linhaça.

A Tabela 7 apresenta os percentuais dos ingredientes comuns para o desenvolvimento de uma massa alimentícia tipo talharim padrão, desenvolvida à base de trigo sem substituição da farinha de trigo.

Tabela 7 – Formulação padrão de massa alimentícia tipo talharim.

<b>INGREDIENTES *</b>	<b>%</b>
<b>Farinha de trigo</b>	100,00
<b>Sal</b>	1,5
<b>Ovo</b>	60,00
<b>Azeite de oliva</b>	3,00

Fonte: elaborada pelo autor.

\*Em % de massa base seca.

Foram elaboradas as farinhas mistas, com o auxílio de uma balança analítica, pesou-se cada ingrediente, seguindo os percentuais de adição da faseolamina e da farinha de linhaça para cada formulação, de acordo com o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), presente na Tabela 9, os quais foram calculados em relação a 100 g de farinha de trigo.

Para elaboração das massas alimentícias, os ingredientes, tais como ovos, azeite de oliva e sal, foram recalculados e adicionados com base nas proporções mostradas na Tabela 7. Após a pesagem dos ingredientes sólidos e medição de volume dos ingredientes líquidos,

estes foram previamente misturados separadamente, para facilitar a homogeneização da mistura.

A Tabela 8 apresenta os valores codificados e reais das variáveis que foram estudadas no planejamento experimental, utilizando o fatorial  $2^2$  completo, totalizando 11 ensaios, sendo quatro fatoriais (combinações dos níveis -1 e +1), quatro pontos axiais ( $-\alpha$  e  $+\alpha$ ) e três repetições no ponto central (0) para estimativa do erro padrão.

A Tabela 9 apresenta a matriz do planejamento, onde o valor de  $\alpha$ , que são os pontos axiais, foram calculados em função do número de variáveis independentes ( $n=2$ ), através da equação 1.

$$\alpha = (2^n)^{1/4} = 1,41 \quad (1)$$

Tabela 8 – Variáveis e níveis do planejamento completo  $2^2$ .

Variáveis Independentes	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	$-\alpha = -1,41$	-1	0	+1	$+\alpha = +1,41$
<b>Faseolamina* (%) – X<sub>1</sub></b>	2,93	5	10	15	17,07
<b>Farinha de linhaça* (%) – X<sub>2</sub></b>	3,96	5	7,50	10	11,04

Fonte: elaborada pelo autor.

\*Em relação à adição à farinha de trigo nas formulações padrão de massa alimentícia tipo talharim (base 100% de farinha de trigo).

Tabela 9 – Matriz do delineamento experimental com valores codificados ( $X_1$  e  $X_2$ ) para faseolamina e farinha de linhaça, respectivamente.

Ensaio	$X_1$	$X_2$	Faseolamina* (%)	Farinha de linhaça* (%)
<b>F1</b>	-1	-1	5	5
<b>F2</b>	+1	-1	15	5
<b>F3</b>	-1	+1	5	10
<b>F4</b>	+1	+1	15	10
<b>F5</b>	-1,41	0	2,93	7,50
<b>F6</b>	+1,41	0	17,07	7,50
<b>F7</b>	0	-1,41	10	3,96
<b>F8</b>	0	+1,41	10	11,04
<b>F9</b>	0	0	10	7,50
<b>F10</b>	0	0	10	7,50
<b>F11</b>	0	0	10	7,50

Fonte: elaborada pelo autor.

\*Em relação à adição à farinha de trigo nas formulações padrão de massa alimentícia tipo talharim (base 100% de farinha de trigo).

### 4.3 Análises físicas e colorimétricas das farinhas mistas de trigo, linhaça e faseolamina

Após a produção das farinhas mistas (farinha de trigo, faseolamina e farinha de linhaça) as mesmas foram embaladas em sacos plásticos com fecho hermético, de polietileno de baixa densidade, e armazenadas em geladeira ( $T = 5 \pm 2^\circ\text{C}$ ), até o momento das análises.

#### 4.3.1 Propriedades de hidratação

Foram realizadas as análises de propriedades de hidratação das matérias-primas separadamente, farinha de trigo, faseolamina, farinha de linhaça e, posteriormente, das farinhas mistas.

Seguindo a metodologia explanada por Bae *et al.*(2014), com algumas modificações. Inicialmente pesou-se 0,5 g de cada amostra, misturou-a com 20 mL de água durante 15 minutos, em seguida foi realizada a centrifugação a 4.000 rpm por 20 minutos e o sobrenadante foi posto para secar em estufa a  $105^\circ\text{C}$ , até peso constante. As análises foram realizadas em duas temperaturas diferentes, com água a  $25^\circ\text{C}$  e  $100^\circ\text{C}$ . Três parâmetros foram



calculados pelas equações a seguir (HEO *et al.*, 2013):

O índice de absorção, após os procedimentos foi calculado conforme a Equação 2:

$$IAA = \frac{PRC}{PA} \quad (2)$$

Onde:

IAA – Índice de absorção de água (g gel/g de matéria seca);

PRC – Peso do resíduo de centrifugação (úmido) (g);

PA – Peso da amostra (g) (base seca);

O índice de solubilidade foi calculado pela relação entre o peso do resíduo da evaporação e o peso seco da amostra, conforme a Equação 3:

$$ISA = \frac{PRE}{PA * 100} \quad (3)$$

Onde:

ISA – Índice de solubilidade em água (%);

PA – Peso da amostra (g) (base seca);

PRE – Peso do resíduo de evaporação (g).

E o poder de inchamento (PI), conforme a Equação 4.

$$PI = \frac{PRC}{\{PA * (1 - ISA (\%)) - 100\}} \quad (4)$$

Onde:

PRC – Peso do resíduo de centrifugação (úmido) (g);

ISA – Índice de solubilidade em água (%);

PA – Peso da amostra (g) (base seca).

### **4.3.2 Densidade aparente**

A densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ) das farinhas de trigo, de linhaça, faseolamina e farinhas mistas foram obtidas seguindo os procedimentos adotados por Alvim (2005) e Takeiti (2007), através do método gravimétrico. Desse modo, pesou-se 10 g de cada amostra e inseriu-a em uma proveta de 25 mL, previamente calibrada, em ambiente com temperatura de 20°C. A proveta foi preenchida lentamente, com auxílio de um funil, a fim de evitar a compactação ou perdas nas paredes da proveta, o que causaria influência no valor obtido. A prévia calibração das provetas, quanto ao volume real, foi realizada com água destilada, na mesma temperatura.

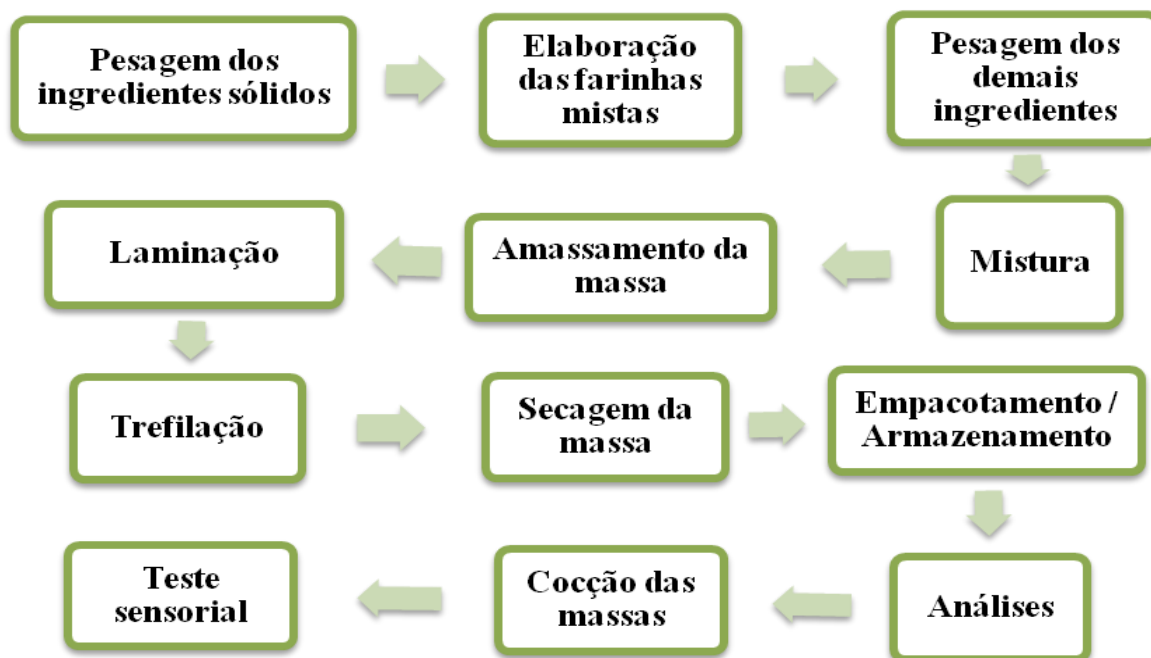
### **4.3.3 Cor das farinhas mistas**

A quantificação objetiva de cor foi realizada utilizando o colorímetro Konica Minolta spectrophometer, modelo CR410, onde foram avaliados três parâmetros de cor: L\*, a\* e b\*. O valor de L\* indica a luminosidade, variando do branco (L=100) ao preto (L=0). O valor de a\* caracteriza colorações do vermelho (+a\*) ao verde (-a\*), já o valor de b\* indica colorações nas regiões que vão do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*) (COMISSION INTERNATIONAL DE L'ECLAIRAGE, 1986).

## **4.4 Processamento das massas**

O desenvolvimento dos macarrões tipo talharim seguiu o fluxograma descrito na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma de desenvolvimento de massas alimentícias tipo talharim, enriquecidas com farinha de linhaça e faseolamina.



Fonte: elaborada pelo autor.

Para o preparo das massas alimentícias foram utilizadas as farinhas mistas, elaboradas com as proporções dos ingredientes anteriormente listados na Tabela 9, exceto a formulação padrão, a qual se utilizou somente farinha de trigo. Os demais ingredientes seguiram as proporções de quantidades padrões para elaboração de talharim, apresentadas, anteriormente, na Tabela 7.

Inicialmente, realizou-se o ajuste da granulometria das farinhas mistas a 20 *mesh*, em seguida foi realizada a mistura dos ingredientes sólidos em um misturador (marca Lieme), acrescentando-se logo após os líquidos, com adição de água em pequenas quantidades até atingir uma massa consistente e homogênea.

O amassamento e laminação da massa foram realizados com o auxílio de uma máquina semi-portátil do modelo Máquina e Macarrão Hercules PM 30-000 Inox. A qual foi cilindrada quatro vezes, nas espessuras de 7, 6, 5, 4 mm e, em seguida, foi trefilada na forma talharim.

Os macarrões obtidos foram colocados em bandejas para secagem em estufa com temperatura e tempo controlados, a 50°C por 1 hora. Após esse período, deixaram-se as massas esfriar, em temperatura ambiente ( $T = 25 \pm ^\circ\text{C}$ ), depois foram acondicionadas em embalagem de polietileno de baixa densidade, com fecho hermético, e armazenadas,

separadamente por formulação, em freezer ( $T = -18 \pm 2^\circ\text{C}$ ) até análises posteriores.

#### **4.5 Análises da qualidade das massas alimentícias**

As massas alimentícias foram avaliadas com relação aos aspectos de qualidade de cozimento de acordo com os parâmetros recomendados pela AACC (2000). Os referidos parâmetros são:

**4.5.1 Tempo de cozimento:** foi determinado pelo cozimento de 10 g de amostra em 200 mL de água destilada em ebulição, até atingir a qualidade visual adequada em consequência da gelatinização do amido em toda a seção da massa. Esse ponto foi determinado pela compressão de amostras do produto cozido, a cada 30 segundos entre as duas lâminas de vidro até o desaparecimento do eixo central (AACC, 2000).

**4.5.2 Aumento da massa do produto cozido:** foi determinado pela pesagem da amostra antes e após o cozimento. Pesou-se 10 g de macarrão cru, submeteu-o ao cozimento, levando-se em consideração o tempo para o cozimento ideal de cada amostra, o qual foi obtido na análise anterior. A água de cozimento foi drenada para uso em análise posterior, aguardou-se 3 minutos e em seguida o macarrão cozido foi pesado. O valor do aumento da massa é a razão entre a massa da pasta cozida e a massa da pasta crua (10 g), expresso em porcentagem (CAVALCANTE NETO, 2012).

**4.5.3 Aumento do volume do produto cozido:** o aumento do volume das massas foi determinado através dos volumes das massas antes e após o cozimento. Pesou-se 10 g de massa crua, imergiu-a em cerca de 140 mL de hexano e em seguida, mediu-se o volume de hexano deslocado pela massa crua. O mesmo procedimento foi repetido para obter o volume deslocado pela massa cozida. O aumento do volume das massas foi, portanto, determinado pela razão do volume deslocado pelas massas cozida e crua, em percentual (AACC, 2000).

**4.5.4. Perda de sólidos na água de cozimento:** foi determinada pela secagem de 25 mL da água de cozimento da massa, em estufa a  $105^\circ\text{C}$  até peso constante. Para tal análise, pesou-se 10 g de macarrão cru, submeteu-o ao cozimento, com volume inicial de água de 200 mL, considerando o tempo ótimo, drenou-se a água, retirando uma alíquota de 25 mL. O

resultado foi expresso em porcentagem de sólidos perdidos, conforme a equação 5 (AACC, 2000).

$$Sol. (\%) = \frac{Peso\ do\ resíduo\ evaporado\ (g) \times Volume\ da\ água\ de\ cozimento\ (mL) \times 100}{Peso\ da\ amostra\ (g) \times Volume\ da\ alíquota\ (mL)} \quad (5)$$

#### **4.6 Análise estatística do delineamento composto central rotacional (DCCR)**

Os resultados obtidos dos parâmetros de qualidade das massas desenvolvidas através do DCCR das formulações de farinhas mistas (farinha de trigo, farinha de linhaça e faseolamina) foram analisados por superfícies de repostas e suas respectivas curvas de contorno, através da análise de variância - *Analysis of Variance* (ANOVA), teste de médias ao nível de 5% de significância e análise de regressão, utilizando o *software* STATISTICA 7.0.

Para verificar diferenças mínimas significativas entre as amostras foi realizado o teste de comparação de médias, teste de Tukey onde se calcula o valor da diferença mínima significativa (dms) entre as médias das amostras (MINIM, 2010).

Após realizar a análise estatística foi possível escolher as melhores amostras, através das respostas do teste de cozimento das formulações, tendo em vista os seguintes critérios: tempo de cozimento, aumento de peso, aumento de volume e perda de sólidos.

As demais análises citadas abaixo foram realizadas, somente, para as formulações que, estatisticamente, obtiverem os melhores valores tecnológicos.

#### **4.7 Análises físico-químicas, colorimétrica e caracterização das massas alimentícias otimizadas**

As massas alimentícias escolhidas, após avaliação dos parâmetros de qualidade de cozimento, foram submetidas às análises dos seguintes parâmetros: acidez titulável, potencial hidrogeniônico (pH), cor e composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos).

##### **4.7.1 Acidez titulável e potencial hidrogeniônico (pH) das massas alimentícias**

As análises foram realizadas conforme protocolo descrito pelo Instituto Adolf

Lutz (2008).

Para a acidez titulável, inicialmente, as amostras foram trituradas, separadamente, em cadinhos de porcelana. Pesou-se 10 g de cada amostra e transferiu-as para um Erlenmeyer de 250 mL, foram dissolvidas em água destilada, até atingir o volume de 100 mL. A solução foi agitada com auxílio de agitador magnético e após agitação foram acrescentadas 2 gotas do indicador Fenolftaleína e 1 mL de solução saturada e neutra de cloreto de cálcio. Em seguida, a solução foi titulada com hidróxido de sódio (NaOH), com concentração de 0,01 molar. Para o cálculo foi medido o volume de NaOH gasto para neutralizar a solução, expressando-se o resultado em mL de NaOH/100g de matéria seca (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008).

Para medir o potencial hidrogeniônico (pH) foram diluídas 10 g de cada amostra em 90 mL de água destilada, foram homogeneizadas através de agitação. A leitura do pH foi realizada utilizando um pHmetro digital, previamente, calibrado com as soluções tampões de pH 4 e pH 7 (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 2008)

#### ***4.7.2 Análise de cor das massas alimentícias***

A determinação de cor dos macarrões foi obtida com auxílio do colorímetro Konica Minolta spectrophometer, modelo CR410, onde foram avaliados três parâmetros de cor: L\*, a\* e b\*. O valor de L\* indica a luminosidade, variando do branco (L=100) ao preto (L=0). O valor de a\* caracteriza colorações do vermelho (+a\*) ao verde (-a\*), já o valor de b\* indica colorações nas regiões que vão do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*) (COMMISSION INTERNATIONAL DE L'ECLAIRAGE, 1986).

#### ***4.7.3 Composição centesimal das massas alimentícias***

A composição das massas, que foram escolhidas após as análises da qualidade de cozimento, foi determinada seguindo a metodologia recomendada pela *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 2000), as determinações foram feitas em triplicata.

##### ***4.7.3.1 Umidade***

Foi determinada por gravimetria, baseando-se na remoção de água por aquecimento. Inicialmente, as cápsulas de porcelana foram secas e taradas em estufa a  $105 \pm$

5°C, depois se adicionou alíquotas de cada amostra, previamente pesadas em balança analítica. Em seguida, foram postas para secagem em estufa, com circulação de ar, a temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  por 5 h (AACC, 2000).

#### **4.7.3.2 Cinzas**

Foram determinadas através da queima total da matéria orgânica com o auxílio de um mufla. Cada amostra foi inserida em um cadinho de porcelana, anteriormente tarado em mufla a  $550^\circ\text{C}$ . As amostras permaneceram no forno à temperatura de  $550^\circ\text{C}$ , até ignição total do material orgânico e peso constante (AACC, 2010).

#### **4.7.3.3 Proteínas**

O teor de proteínas foi obtido através do método Kjeldahl, o qual se baseia na digestão da amostra com ácido sulfúrico e mistura catalisadora contendo sulfato de cobre e sulfato de potássio para acelerar a reação. Determinando-se o nitrogênio (N) total, a proteína bruta foi calculada utilizando-se o fator 5,70, para conversão de nitrogênio em proteína (AACC, 2010).

#### **4.7.3.4 Lipídeos**

Foram determinados pelo método de *Soxhlet* utilizando hexano como solvente para a extração da fração lipídica. Alíquotas de cada amostra foram pesadas em cartuchos de celulose e inseridos no extrator *Soxhlet*. Após completa a extração, a porção lipídica foi separada da micela por destilação do solvente e determinada gravimetricamente em balança analítica (AACC, 2010).

#### **4.7.3.5 Carboidratos**

Foram obtidos por diferença no qual se calcula a porcentagem de umidade, proteínas, lipídeos, fibras e cinzas, e o restante considera-se carboidrato, conforme a equação abaixo.

$$\% \text{Carboidratos} = 100 - (U + L + P + F + C) \quad (6)$$

Onde:

U: % de umidade;

L: % de lipídeos;

P: % de proteínas;

F: % de fibra total;

C: % de cinzas.

#### **4.7.3.6 Valor calórico**

Foi calculado utilizando os coeficientes de ATWATER (carboidratos = 4,0; lipídeos = 9,0; proteínas = 4,0), conforme equação abaixo:

$$\text{Energia (Kcal/100 g)} = 4 \times P + 4 \times C + 9 \times L \quad (7)$$

Onde:

P: Proteínas;

C: Carboidratos;

L: Lipídeos.

#### **4.7.3.7 Teor de fibras dietética solúvel insolúvel e total**

As frações de fibras dietéticas insolúveis (FDI) e solúveis (FDS) das massas alimentícias foram determinadas pelo método enzimático-gravimétrico, descrito na metodologia oficial da AOAC (2010), método 991.43. Foi utilizado um analisador automático de fibra alimentar, da ANKOM *Technology* (ANKON<sup>TDF</sup> *Dietary Fiber Analyzer*), modelo TDFI. O teor de fibra alimentar total (FAT) foi obtido pela soma das frações insolúveis e solúveis, como preconizado no mesmo método.

### **4.8 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)**

As observações da morfologia e microestrutura das seções longitudinal e transversal das massas selecionadas foram analisadas em Microscópio Eletrônico de



Varredura FEI®, Inspect F50, na Central Analítica da Universidade Federal do Ceará (UFC). As amostras foram fixadas em *stubs* de alumínio, utilizando-se uma fita dupla face, os mesmos foram banhados com filme de ouro (10 nm) e analisadas com voltagem de aceleração de 20 kV.

## **4.9 Ensaio biológico**

O ensaio biológico foi realizado com o objetivo de avaliar o Índice Glicêmico Esperado (IG) das massas alimentícias, e paralelamente, foram coletados outros dados, tais como a glicemia, o peso dos animais, bem como os consumos de ração e água.

### **4.9.1 Local**

O planejamento e a execução do ensaio obedeceram às recomendações do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Biotecnologia e Biologia Molecular (LBBM), localizado na Universidade Estadual do Ceará, em parceria e sobre orientação da Prof<sup>a</sup> Dra. Maria Izabel Florindo Guedes.

Os animais ficaram em ambiente exclusivo para roedores, confinados em gaiolas apropriadas, no biotério do Laboratório de Biotecnologia e Biologia Molecular (LBBM), com baixo nível de ruído, temperatura controlada ( $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), sob ciclo de claro-escuro de 12/12 horas.

O estudo foi, previamente, submetido à avaliação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Ceará e aprovado sob o número 1110342/2018 (Anexo 3).

### **4.9.2 Animais**

O estudo foi desenvolvido com 30 camundongos albinos *Swiss mice* (*Mus musculus*), fêmeas, saudáveis, em fase de crescimento, com aproximadamente 4 a 5 semanas e com peso médio variando entre 20 a 27 gramas. Foram procedentes do Biotério do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM), da Universidade Federal do Ceará

(UFC).

O ensaio teve duração de 57 dias, como citado anteriormente, durante o experimento os camundongos ficaram em gaiolas de polipropileno, com ar filtrado e renovado. Os cuidados de higienização das caixas, tais como troca da maravalha e lavagem, foram acompanhados diariamente e realizados sempre que necessário, por tratador único.

Inicialmente, os animais permaneceram por sete dias adaptando-se às condições do laboratório, as quais são controladas conforme citado acima. Foi utilizada uma ração adequada e balanceada, fornecida pelo biotério central da Universidade Estadual do Ceará (UECE). Água e alimentação foram disponibilizadas *ad libitum*, somente durante esse período de adaptação.

Após a habituação, os camundongos foram repesados e distribuídos aleatoriamente em três grupos, contendo 10 animais cada, com a atenção para que o peso médio entre os grupos não exceda uma diferença de 5 gramas (*Association of Official Analytical Chemists – AOAC*).

Os grupos foram separados de forma que cada recebesse uma amostra diferente, sendo: Grupo 1 (Formulação controle - MP) e os Grupos 2 e 3 (Formulações previamente selecionadas, M1 e M2, com base nos testes de cozimento).

#### **4.9.3 Preparo das amostras**

Os animais do Grupo 1 receberam a massa padrão (MP), contendo somente farinha de trigo (100 g), para fins de comparações com as massas otimizadas. O grupo 2 recebeu a formulação 7 (M1), preparada com 100 gramas de farinha de trigo, 10 gramas de Faseolamina e 3,96 gramas de Farinha de Linhaça. Já para o grupo 3 foi administrado a formulação 2 (M2), com 100 gramas de farinha de trigo, 15 gramas de Faseolamina e 5 gramas de Farinha de Linhaça.

As massas alimentícias foram cozidas em água destilada, levando em consideração o tempo ótimo de cozimento, para as formulações controle (Massa padrão – MP) e selecionadas (Formulação 7 – M1 e Formulação 2 – M2). Após o cozimento foram maceradas até atingir uma pasta homogênea e diluídas (1:1), para que fosse possível administração por gavagem com auxílio de uma cânula de aço inox com diâmetro de 1.0 mm.

Para o cálculo da dose, consideraram-se estudos anteriormente citados, além da

recomendação mínima de 1g/dia de faseolamina, para haver efeito inibitório da  $\alpha$ -amilase em um adulto com peso médio de 70 kg, o que para o animal é equivalente a 1mg/g do peso corpóreo do camundongo (OBIRO *et al.*, 2008; PEREIRA, 2011).

As soluções das massas foram, portanto, preparadas na concentração de 1g mL<sup>-1</sup>, e o volume foi administrado de acordo com o peso de cada animal, através do procedimento de gavagem.

Dessa forma, foi realizada a gavagem com o volume, considerando 10 $\mu$ L/g de peso do camundongo, correspondente a dose calculada em função do peso corporal aferido a cada três dias, ressaltando que as soluções de massas alimentícias foram administradas diariamente por um período de 57 dias.

#### **4.9.4 Índice glicêmico (IG) *in vivo***

Foi mensurado o índice glicêmico (IG) das massas seguindo os protocolos descritos pela *Food and Agriculture Organization / World Health Organization* (FAO/WHO, 1998) e por Brouns *et al.* (2005).

Durante os procedimentos para os cálculos dos IG's os animais eram previamente submetidos ao jejum de 12 horas e realizado a aferição da glicemia de jejum, através de uma gota de sangue da extremidade da cauda, utilizando o glicosímetro portátil (*Accu-Chek*<sup>®</sup> - *Active*).

Para a determinação do IG foi utilizado como alimento padrão o pão branco, tipo forma, o mesmo foi adquirido no comércio local. Foram retiradas as bordas, depois foi desidratado em micro-ondas, controlando o tempo, com o objetivo de evitar o processo de dextrinização, foram 2 sessões de 1 minuto cada e, por fim, foi triturado até obtenção de uma farinha fina, a qual foi diluída com água destilada.

As massas alimentícias controle (Massa padrão – MP) e as duas otimizadas (M1 e M2) foram cozidas no tempo ótimo, anteriormente estabelecido, maceradas e diluídas em água destilada.

A princípio, para o cálculo da área da curva glicêmica do alimento padrão (pão branco), todos os animais receberam três doses do pão branco, em dias alternados. A administração foi realizada através de gavagem, utilizando cânula de aço inoxidável e seringa, respeitando-se o limite de volume máximo de 1 mL por animal.

Antes de administrar as soluções foi aferida a glicemia em jejum e logo após,

também, foram coletadas amostras de sangue, de cada animal, através de punção caudal, para construção da curva de glicose plasmática, as coletas, após administração das formulações, foram nos tempos 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos.

Depois de calcular a área do alimento padrão para cada animal, iniciou-se a administração das amostras controle (MP) e as duas otimizadas (Formulações selecionadas, M1 e M2), também com o auxílio de cânula e seringa.

Os cálculos das áreas das curvas dos alimentos testes (Formulações MP e selecionadas, M1 e M2) foram realizados conforme procedimentos semelhantes aos do pão, também em dias alternados e coletadas amostras do sangue, antes da administração e após nos mesmos tempos de 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos.

Calculou-se, geometricamente, para cada animal a área sob a curva, usando a regra trapezoidal, como a área incremental sob a curva da resposta glicêmica, ignorando as áreas abaixo da linha base (*Ignoring the area below baseline* – IUAC) ou linha do jejum (FAO/WHO, 1998; BROUNS *et al.*, 2005).

O IG foi calculado, individualmente, com os valores médios das áreas das curvas obtidas para o pão e para os alimentos testes, através da seguinte fórmula:

$$IG = \frac{\text{Área da curva do alimento teste}}{\text{Área da curva do alimento padrão}} \times 100 \quad (8)$$

Posteriormente, foi calculado o valor médio do Índice Glicêmico para cada massa alimentícia.

#### **4.9.5 Coleta de dados**

O peso corporal dos animais foi mensurado, conforme descrito por Brites *et al.* (2011), pesando-os, individualmente a cada três dias. A fim de monitorar o ganho ou redução de peso, bem como o determinar o consumo alimentar. Com esses dados foi, também, avaliado o coeficiente de eficiência alimentar (CEA) ou *Food Efficiency Ratio* (FER) das massas alimentícias.

O CEA ou FER é definido a partir da correlação entre a média de ingestão alimentar e o ganho de peso médio, como mostra a equação abaixo:

$$\text{CEA ou FER (\%)} = \frac{\text{Ganho de peso}}{\text{Consumo alimentar}} \quad (9)$$

Para acompanhar a ingestão alimentar, a ração foi pesada, também, a cada três dias. Onde se colocava 200g de ração e após 3 dias era repesado o que restava na caixa, sendo este valor dividido pelo número total de animais presentes na gaiola e, então, dividido por 3 (número de dias do acompanhamento), para obter a consumo alimentar individual.

Paralelamente, foi também observado o perfil de consumo hídrico de cada grupo. Colocando-se 500 mL de água e aferindo a cada 3 dias, em recipiente com marcação volumétrica. O valor obtido, diminuindo o volume inicial (500 mL) e o volume final, foi dividido por 3, para avaliar o consumo de água diário.

A glicemia de jejum dos camundongos, também, foi verificada semanalmente, no mesmo dia e horário, totalizando oito aferições, após o início do experimento. Ressaltando que, a priori, foi também aferida a glicemia dos animais, imediatamente, antes do início da suplementação, sendo os valores expressos em mg/dL. O sangue foi coletado por meio da técnica da extremidade caudal e foi utilizado o glicosímetro portátil (*Accu-Chek<sup>®</sup> - Active*).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análises físicas e colorimétricas das farinhas mistas

Os resultados obtidos nos testes de qualidade tecnológica e análise de cor das farinhas mistas, contendo farinha de trigo, faseolamina e farinha de linhaça, estão listados abaixo, com os respectivos gráficos de superfícies de respostas e curvas de contorno de cada propriedade tecnológica, definidas pelo projeto experimental, estabelecidas como variáveis dependentes em função das variáveis independentes do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).

Á nível industrial para produção de alimentos com maior estabilidade e baixo teor de umidade, o índice de absorção de água (IAA) é um fator chave na escolha das matérias-primas. A umidade dos ingredientes influencia nas propriedades de textura da massa e do produto final. Assim como, a maior retenção de água afeta a qualidade, impacta nos atributos sensoriais e pode induzir o crescimento microbológico (RAMÍREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2014).

A capacidade de absorção de água representa o teor de água que fica ligada as

proteínas e carboidratos, após imersão, excessiva, em água, e quando aplicada uma força centrífuga ou pressão. Já a solubilidade está correlacionada à capacidade do ingrediente dissolver-se em um líquido e é influenciada pela quantidade de grupos hidrofílicos e hidrofóbicos presentes na superfície da substância a ser solubilizada, das interações intermoleculares, e entre essas moléculas e o líquido (HERNANDÉS-DIAS *et al.*, 2007; FIORDA, 2011).

O poder de inchamento, também, é um índice importante a ser observado, além de ser facilmente aplicado por tratar-se de um teste rápido para prever a qualidade do macarrão, principalmente parâmetros relacionados à textura. Os aspectos texturais de macarrão instantâneo, por exemplo, foram significativamente correlacionados com as propriedades de inchamento da farinha de trigo. Geralmente, a superfície lisa e elástica do macarrão pode estar associada a um maior poder de inchamento (LI *et al.*, 2012).

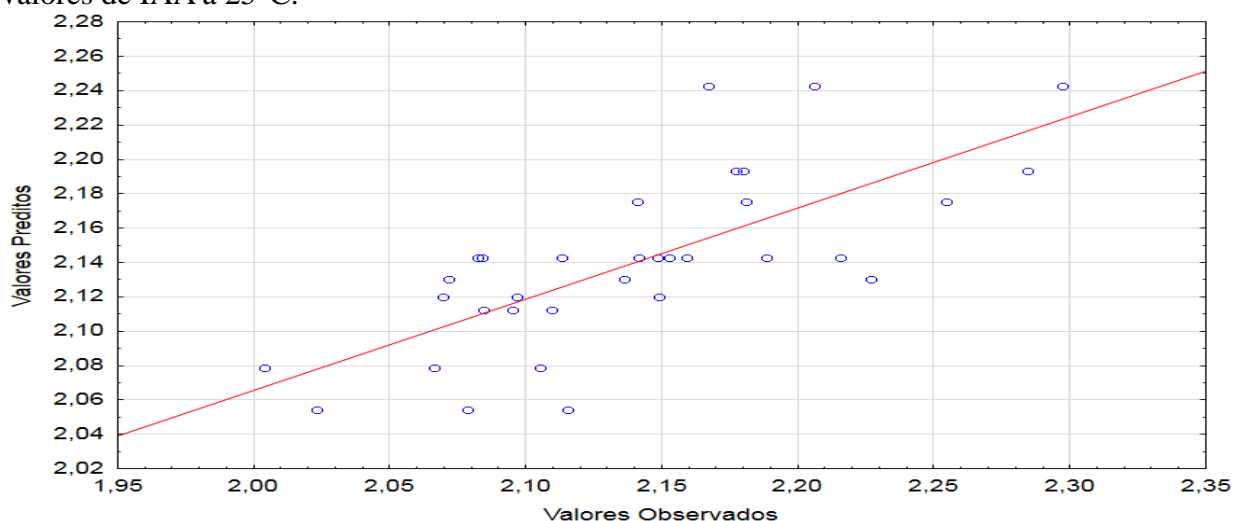
### **5.1.1 Índice de absorção de água (IAA) das farinhas mistas a 25°C e 100°C**

Ao analisar, individualmente, os insumos constituintes da farinha mista foram encontrados os seguintes valores médios de IAA a 25°C, 2,1, 3,5 e 4,4 para as farinhas de trigo, faseolamina e de linhaça, respectivamente, expressos em g de gel / g de matéria-seca.

Porém, observando-se o grau de associação entre as variáveis independentes (Faseolamina e Farinha de linhaça) e a variável dependente, Índice de Absorção de Água (IAA) a 25°C, verificou-se que a correlação é muito baixa, obtendo um modelo matemático que explicaria apenas 53% ( $R^2 = 0,53076$ ) da correlação entre os parâmetros para justificar os valores encontrados de IAA a 25°C. Embora, no teste F, fosse possível não rejeitarmos a hipótese de adequabilidade, visto que  $F_{calc\ 3,89} > F_{tab2,31}$ .

A baixa ou nula relação de causa e efeito, entre as variáveis, fica ainda mais evidente no gráfico abaixo, onde é possível notar a variabilidade e dispersão dos valores observados *versus* valores preditos (Figura 3).

Figura 3 – Valores preditos pelo modelo *versus* valores observados pelo experimento para valores de IAA a 25°C.



Fonte: dados da pesquisa.

Contudo, observado os coeficientes de regressão para a resposta da variável IAA a 25°C, na Tabela 29, inserida no Anexo 2, pode-se destacar que apenas dois coeficientes foram significativos, sendo eles, a constante do intercepto e o fator linear (L) para a adição de farinha de linhaça.

Que, embora pequena, a influência da farinha de linhaça, apontou correlação linear positiva (0,09), podendo ser explicada pelo valor do IAA da mesma, visto que dentre as demais matérias-primas utilizadas, mostrou-se com maior índice (4,4 g gel/g de farinha mista).

Abaixo está apresentado na Tabela 10 um resumo estatístico para o índice de absorção de água (IAA), desta vez com água a temperatura de 100°C, em função das variáveis Faseolamina e Farinha de linhaça, dispondo os coeficientes de regressão linear (L) e quadrático (Q) para cada um dos elementos, de onde resulta a equação 10. Podemos notar que alguns fatores foram significativos, dentre eles a Faseolamina (Q) e a Farinha de linhaça (L), com os coeficientes 2,25 e 0,41, respectivamente.

Tabela 10 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de IAA\* a 100°C.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro puro	t(24)	P-valor
<b>Média</b>	4,34	0,11	39,81	0,00
<b>Faseolamina<sup>1</sup> (L)</b>	0,22	0,13	1,68	0,11
<b>Fasolamina<sup>1</sup>(Q)</b>	2,25	0,16	14,15	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(L)</b>	0,41	0,13	3,09	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(Q)</b>	0,02	0,16	0,14	0,89
<b>Faseolamina x Farinha de Linhaça</b>	-0,30	0,19	-1,58	0,13

Fonte: elaborada pelo autor.

IAA\* - índice de absorção de água das farinhas mistas contendo farinha de trigo, faseolamina e farinha de linhaça, com água a temperatura de 100°C.

L: Fator linear de regressão.

Q: Fator quadrático de regressão.

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ )

<sup>1</sup> g/100 g Farinha de trigo.

Matematicamente, os valores obtidos, pelo IAA a 100°C, podem ser explicados pela equação abaixo:

$$IAA \text{ a } 100^{\circ}C = 4,34 + 0,22m_F(L) + 0,41m_{FL}(L) + 2,25m_F(Q) + 0,02m_{FL}(Q) - 0,3m_Fm_{FL} \quad (10)$$

Onde:

IAA: Índice de Absorção de Água;

$m_F$ : massa de Faseolamina em gramas;

$m_{FL}$ : massa de Farinha de Linhaça em gramas.

Na Tabela 11, observa-se que a análise de variância satisfaz as condições necessárias para validar o modelo matemático, descrito acima, o coeficiente de determinação foi de 0,895 e o F calculado foi superior ao tabelado. Portanto, a equação 10 explica em 89% a variabilidade entre os parâmetros utilizados para entender os valores de IAA a 100°C.



Tabela 11 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta do valor de IAA\* a 100°C.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado
<b>Regressão</b>	23,40	8	2,92	27,30
<b>Resíduos</b>	4,47			
<b>Erro puro</b>	2,57	24	0,11	
<b>Total</b>	27,87	32		

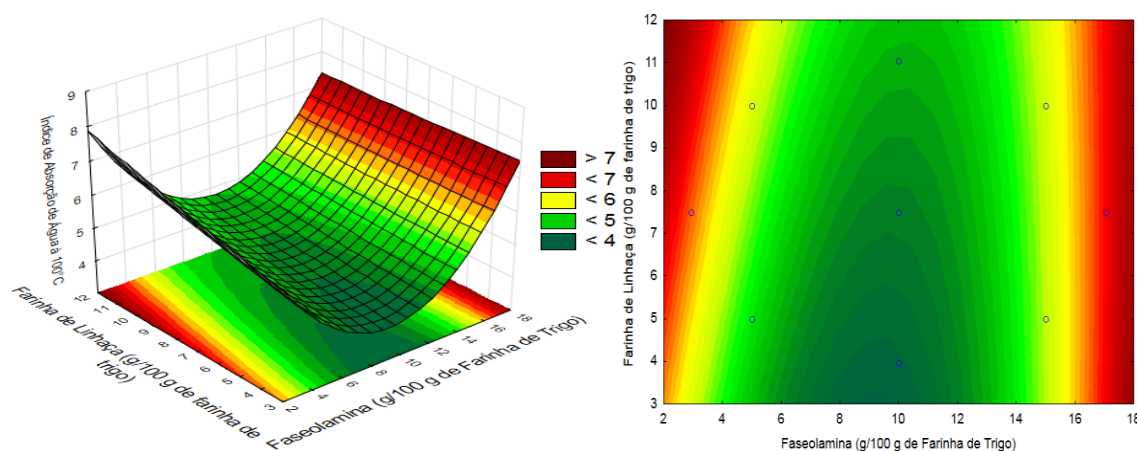
Fonte: elaborada pelo autor.

IAA\* - índice de absorção de água das farinhas mistas contendo farinha de trigo, faseolamina e farinha de linhaça, com água a temperatura de 25°C.

% variável explicada ( $R^2$ ) = 0,89521 ;  $F_{tab}$  = 2,31.

Analisando a superfície de resposta podemos destacar a influência da faseolamina nos valores de IAA (Índice de Absorção de Água) a 100°C obtidos, observando que a sua adição, entre os intervalos de 6 a 12 g de faseolamina / 100g de farinha de trigo, diminui o valor do IAA da farinha mista.

Figura 4 – Análise de superfície de resposta e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre o IAA a 100°C.



Fonte: dados da pesquisa.

Podemos notar, também, que ao aumentar o teor de farinha de linhaça, tem-se um incremento no IAA a 100°C. Fenômeno que, mais uma vez, pode ser explicado pelas propriedades das matérias-primas, que a esta temperatura apresentaram os seguintes valores de IAA, 6,5, 5,3 e 3,7 para as farinhas de linhaça, faseolamina e de trigo, respectivamente, expressos em g de gel/g de matéria seca.

O maior IAA da farinha de linhaça, 4,4 e 6,5, nas temperaturas de 25°C e 100°C, nesta ordem, pode estar atribuído à presença de compostos não-amiláceos, mais hidrofílicos, incluindo as fibras alimentares. Vale ressaltar, também, que esse acréscimo após a fervura da água (100°C) está relacionado ao aumento da quantidade de amido gelatinizado. Portanto,

pode-se considerá-la como uma matéria-prima que tende a aumentar a absorção de água do produto final (BAE, *et al.*, 2014).

O IAA está relacionado com a viscosidade de pasta a frio, uma vez que somente grânulos de amido danificados absorvem água a temperatura ambiente e incham, resultando em incremento da viscosidade (FIORDA, 2011; HEO *et al.*, 2013). Sendo, portanto, um dos principais fatores que afetam a interação das farinhas com a água, como sugerido por Chiang e Yeh (2002), que mostraram uma correlação positiva ( $R^2 = 0,93$ ) entre o índice de absorção de água e o nível de amido danificado presente nas farinhas de cereais.

Siddiq *et al.* (2013) ao obter farinha de duas variedades diferentes de feijões, pelo método de extrusão, observaram que ao aumentar a temperatura do processo ocorre um incremento no IAA, conforme os estudos anteriores. O mesmo ocorreu em pesquisa realizada por Ai *et al.* (2016) que avaliaram o efeito de pós de feijões obtidos por extrusão. Compararam os pós extrusados com farinha de feijão não submetida ao tratamento e notaram que os pós absorveram uma quantidade de água significativamente maior, efeito, parcialmente, atribuído a gelatinização do amido causada pela extrusão.

Wani *et al.* (2013) estudaram as propriedades funcionais de quatro variedades diferentes de feijões comuns, da Índia, a capacidade de absorção de água foi analisada com água a temperatura de 90°C, não houve diferença significativa entre os cultivares, sendo a média de 2,6 a 2,7, valor menor que o encontrado para a faseolamina (5,3) neste trabalho.

Pourabedin *et al.* (2017), ao analisar os efeitos da adição de farinha de linhaça nas propriedades tecnológicas para elaboração de torrada Iraniana, constataram um aumento na absorção de água à medida que aumentavam o percentual de farinha de linhaça.

Na Figura 4, também, é possível perceber que o incremento acima de 14 gramas de faseolamina, aumenta o IAA das farinhas mistas, fator que pode ser explicado pelo teor de proteínas, visto que a faseolamina trata-se de uma glicoproteína extraída do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), além da presença de outros compostos hidrofílicos (LIU, CHEN e XU, 2017).

Liu, Chen e Xu (2017) ao elaborar um biscoito *gluten-free*, utilizando as farinhas de feijão e de amaranto, verificaram que as farinhas mistas com maior proporção de farinha de feijão (1:3 – amaranto: farinha de feijão) obtiveram o maior valor de IAA. Fato que, segundo Qiu *et al.* (2017), está correlacionado a estrutura das fibras e suas propriedades hidrofílicas, além do teor de proteínas presente nas farinhas de leguminosas e alguns cereais.

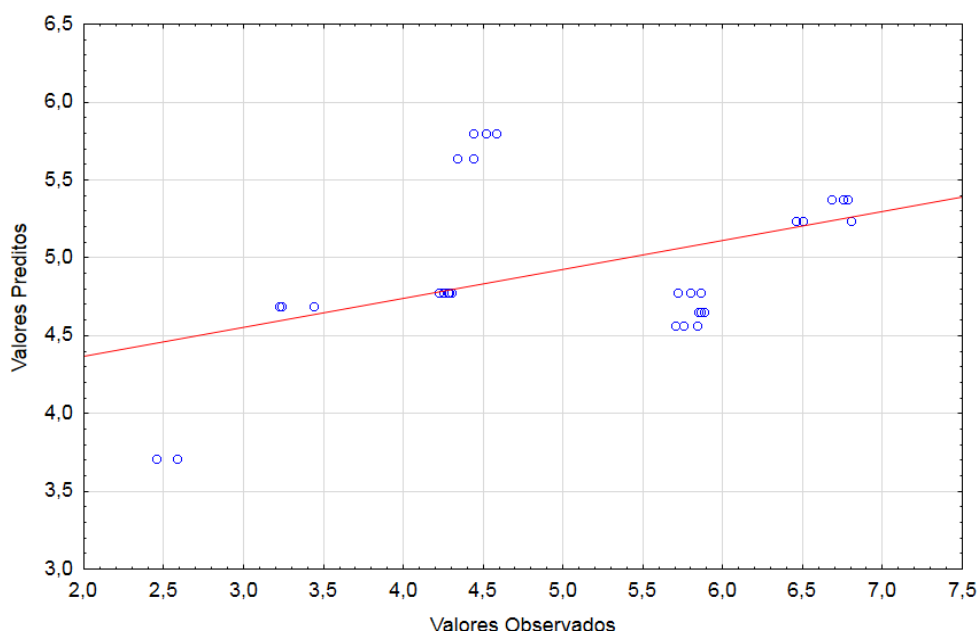
He *et al.* (2018) extraíram a proteína do feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) e a

modificaram com métodos de PEGlação, que consiste em uma ligação covalente do polietilenoglicol (PEG) à proteína, para melhorar suas propriedades funcionais. Ao analisar a capacidade de retenção de água dos isolados proteicos, verificou-se uma sutil redução do IAA após a modificação. O valor encontrado, pelos autores, para a proteína não submetida à PEGlação é o mais próximo ao obtido nesse estudo, 6 g de gel/g de isolado proteico e 5,3 g de gel/g de faseolamina, respectivamente.

### 5.1.2 Índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas mistas a 25°C e 100°C

Para a análise do índice de solubilidade em água (ISA) não foi possível concluir que o modelo matemático proposto satisfizesse as pressuposições do mesmo, tendo em vista que o coeficiente de explicação ( $R^2$ ) foi extremamente baixo, ( $R^2$ ) = 0,18631, não se obtendo uma qualidade do ajustamento da reta de regressão à nuvem de pontos (Figura 5).

Figura 5 – Valores preditos pelo modelo versus valores observados pelo experimento para valores de ISA a 25°C.



Fonte: dados da pesquisa.

Dentre os fatores da regressão para a resposta do valor de ISA a 25°C, tão somente, a média ou constante do intercepto foi significativa (4,80) (Tabela 30 - Anexo 2). Embora, através do teste F, que apresentou significância ao nível de 95% de confiança, seja

possível não rejeitarmos a hipótese de que as variâncias são homogêneas, visto que  $F_{\text{calc } 29,73} > F_{\text{tab } 2,31}$ . Mas com a baixíssima correlação entre as variáveis independente (Faseolamina e Farinha de linhaça) e dependente (ISA a 25°C), e a alta dispersão dos pontos, ratifica-se a nula relação de causa e efeito entre as mesmas.

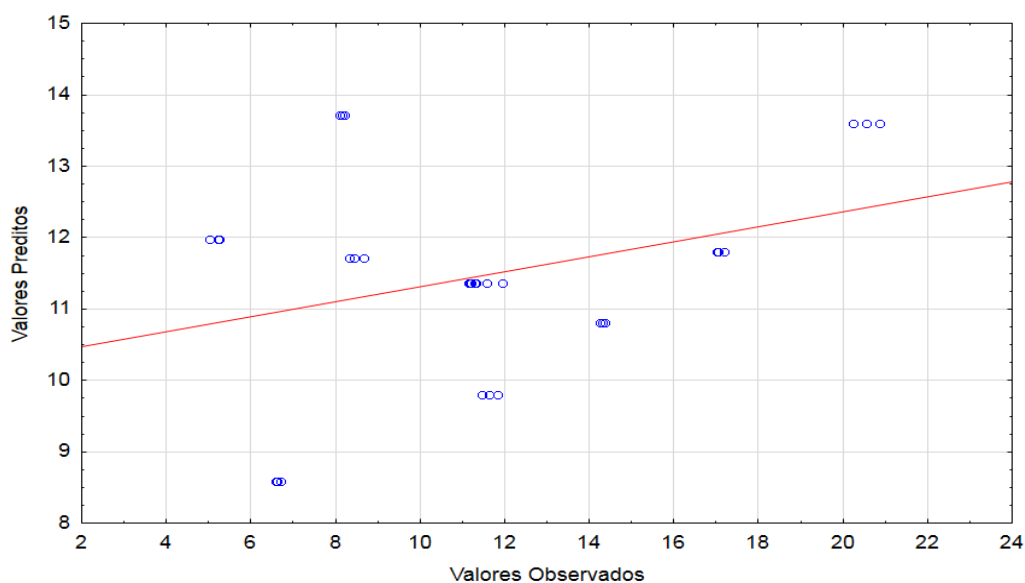
Para os insumos, individualmente, foram encontrados os seguintes valores de ISA a 25°C, 3,87%, 10,74% e 18,02% para as farinhas de trigo, faseolamina e linhaça, respectivamente. Bae *et al.* (2014) encontraram valores de ISA maiores para farinha de trigo (5,8%), para a farinha composta de trigo e trigo integral, na proporção 1:1, foi observado um percentual de 6,8%, já para a farinha, somente, com trigo integral, de 7,9%, podendo ser possível perceber que, com o incremento no teor de fibras, o índice de solubilidade em água também aumentou.

Liu *et al.* (2017) identificaram um teor de 15,1% para o índice de solubilidade de uma farinha de feijão-comum, valor maior ao observado para a faseolamina (proteína extraída do feijão) no presente trabalho. E ao elaborarem uma farinha mista com trigo, amaranto e feijão, verificaram que o acréscimo de farinha de feijão levou a redução do ISA.

Vale notar que o percentual de solubilidade em água é, notoriamente, maior para a faseolamina (18,02%), fator explicado pelo teor proteico, uma vez que o número de grupos aminos, polares, influência nessa capacidade. Porém, na elaboração da farinha composta esse valor atinge uma média de 4,8%, ratificando que a formação do complexo proteína-amido, reduz a solubilidade da farinha mista.

Ao aumentar a temperatura da água para 100°C, novamente, não houve associação plausível entre as variáveis independentes (Faseolamina e farinha de linhaça) e dependente (ISA a 100°C). O diagrama de dispersão abaixo (Figura 6) evidencia claramente a ausência de correlação, além do baixíssimo valor encontrado para o coeficiente de determinação  $R^2 = 0,10513$ , não sendo, portanto, possível aclarar um modelo matemático com adequabilidade para os valores de ISA a 100°C, encontrados nesse trabalho.

Figura 6 – Valores preditos pelo modelo versus valores observados pelo experimento para valores de ISA a 100°C.



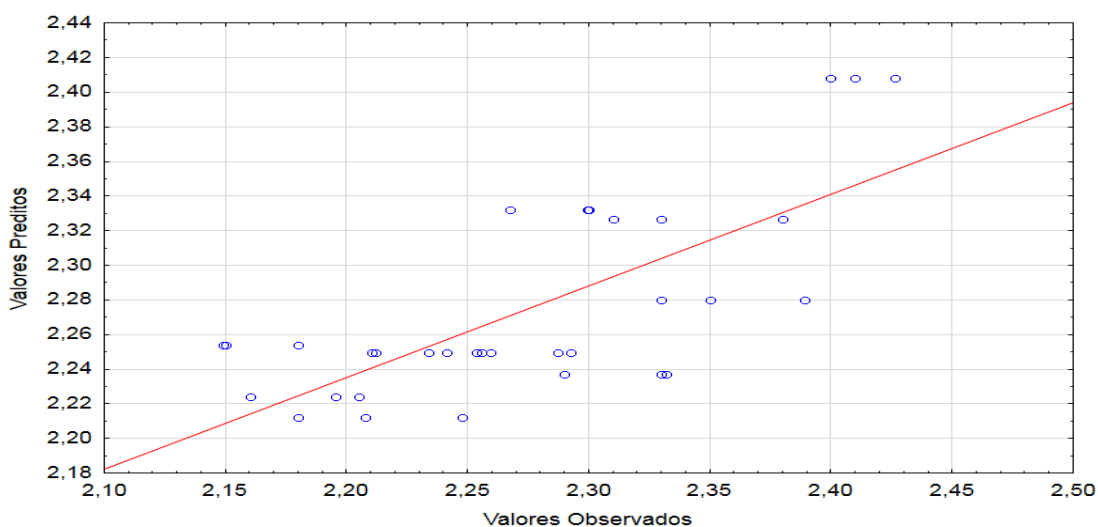
Fonte: dados da pesquisa.

A 100°C os percentuais encontrados para as matérias-primas foram estes, 19,56%, 21,09% e 28,02% para a farinha de linhaça, farinha de trigo e faseolamina, nessa ordem. Bae *et al.* (2014), a mesma temperatura, observaram o valor de 24,3% para a farinha de trigo, 23,5% para a mistura 1:1 das farinhas de trigo comum e integral, e 23,2% para farinha integral.

### 5.1.3 Poder de Inchamento (PI) das farinhas mistas a 25°C e 100°C

Para a análise do poder de inchamento a 25°C, também, não houve correlação às variáveis independentes. Após realizar a ANOVA verificou-se que o modelo matemático apenas explicaria 53% dos dados encontrados, o baixo valor da variável explicada ( $R^2 = 0,52833$ ) não permite a viabilidade do mesmo. Embora, o teste F tenha demonstrado haver homogeneidade entre os dados ( $F_{\text{calc}} 30,79 > F_{\text{tab}} 2,31$ ). Observando o gráfico de dispersão, vê-se a baixa relação causa e efeito das variáveis aos valores observados para o PI a 25°C (Figura 7).

Figura 7 – Valores preditos pelo modelo versus valores observados pelo experimento para valores de PI a 25°C.



Fonte: dados da pesquisa.

Vale ressaltar que todos os fatores da regressão foram significativos, como se pode observar na Tabela 31, no Anexo 2. O poder de inchamento apresentou correlação linear e quadrática positivas para a adição de farinha de linhaça, com os coeficientes 0,08 e 0,03, o que pode estar, novamente, relacionado às características da mesma, visto que apresentou o maior PI (5%), dentre os outros insumos da farinha mista. Os valores encontrados para a farinha de trigo foi 2,2% e para a faseolamina 4,5%.

Bae *et al.* (2014) observou um PI a 25°C de 2% para a farinha de trigo, o percentual aumentou, significativamente, para a farinha integral, 2,4%, evidenciando o papel das fibras e gomas no poder de inchamento.

Com o aquecimento da água a 100°C, o poder de inchamento apresentou correlação linear e quadrática positiva, para as adições de faseolamina e farinha de linhaça. Dentre os quais, a maioria, foram significativos, como se pode observar no resumo estatístico apresentado na Tabela 12, abaixo.

Tabela 12 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de PI\* a 100°C.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro puro	t(24)	P-valor
<b>Média</b>	4,60	0,06	73,52	0,00
<b>Faseolamina<sup>1</sup> (L)</b>	0,10	0,08	1,28	0,21
<b>Fasolamina<sup>1</sup>(Q)</b>	2,82	0,09	30,95	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(L)</b>	0,18	0,08	2,30	0,03*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(Q)</b>	0,39	0,09	4,26	0,00*
<b>Fasolamina x Farinha de Linhaça</b>	-0,15	0,11	-1,40	0,18

Fonte: elaborada pelo autor.

PI\* - poder e inchamento das farinhas mistas contendo farinha de trigo, faseolamina e farinha de linhaça, com água a temperatura de 100°C.

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

Os valores encontrados para o poder de inchamento a 100°C podem ser explicados pela equação abaixo:

$$PI \text{ a } 100^{\circ}C = 4,60 + 0,1m_F(L) + 0,18m_{FL}(L) + 2,82m_F(Q) + 0,39m_{FL}(Q) - 0,15m_Fm_{FL} \quad (15)$$

Onde:

PI: Poder de inchamento;

$m_F$ : massa de Faseolamina em gramas;

$m_{FL}$ : massa de Farinha de Linhaça em gramas.

A análise de variância, demonstrada na tabela abaixo, satisfaz as condições necessárias para validação do modelo matemático, o coeficiente de determinação foi de 0,90997 e o F calculado de 132,43, bem superior ao tabelado. Portanto, pode-se considerar que a equação, descrita acima, explica 90% da variação entre os parâmetros em relação aos valores obtidos pelo PI a 100°C, destacando a adequabilidade e a alta correlação entre as variáveis.

Tabela 13 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta do valor de PI\* a 100°C.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado
Regressão	37,29	8	4,66	132,43
Resíduos	1,11			
Erro puro	0,84	24	0,04	
<b>Total</b>	<b>38,40</b>	<b>32</b>		

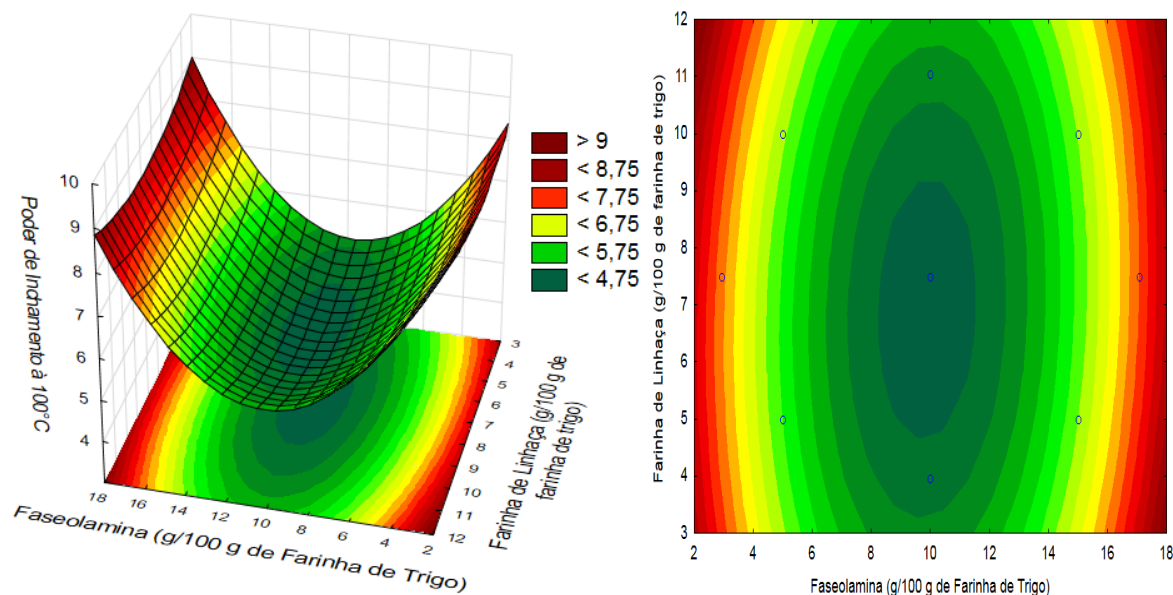
Fonte: elaborada pelo autor.

PI\* - poder e inchamento das farinhas mistas contendo farinha de trigo, faseolamina e farinha de linhaça, com água a temperatura de 100°C.

% variável explicada ( $R^2$ ) = 0,90997;  $F_{tab}$  = 2,31

Analisando a superfície de resposta e curvas de contorno, podemos destacar a influência da faseolamina nos valores obtidos pelo PI (Poder de Inchamento) a 100°C. É possível observar que entre as variações de 6% a 14% de adição de faseolamina, o PI da farinha mista diminui (Figura 8).

Figura 8 – Análise de superfície de resposta e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre a PI a 100°C.



Fonte: dados da pesquisa.

Esse comportamento para o poder de inchamento era esperado, visto que efeito semelhante foi verificado no IAA a 100°C. E, uma vez que, o PI mostra-nos o grau de absorção de água nos grânulos de amido na farinha, de modo que os mesmos aumentam de tamanho, indicando o nível de exposição da estrutura / matriz interna dos grânulos à ação da água (Omohimi *et al.*, 2014). Portanto, observamos a correlação do PI e do IAA com teor de



amido danificado, conforme já citado anteriormente.

E analisando a influência da faseolamina no IAA e PI, ambos a 100°C, podemos notar que a mesma exerce alguma interação, com efeito protetor, nos grânulos de amido da farinha mista, resultando em menos inchaço.

Chung *et al.* (2008) analisaram o comportamento das farinhas de três tipos de feijões, cultivados no Canadá, e dos seus respectivos amidos. E observaram considerações importantes, o poder de inchamento aumentou com o incremento da temperatura, o maior percentual de inchaço foi observado para os amidos variando de 20,7 a 24,4%, enquanto que para as farinhas variou de 8,8 a 9,4%, com água a 90°C. Interessante pontuar que o percentual de proteínas no amido dos feijões foi zero, já nas farinhas foi de 23,1 a 26,6%, esse valor do PI pode ser atribuído às proteínas e outros componentes presentes na farinha de feijão.

Wani *et al.* (2013) avaliaram as propriedades de hidratação, com água a 90°C, das farinhas de feijões-da-índia, de quatro diferentes cultivares, e encontraram valores de PI que variaram entre 6,6 a 8,2%, próximo ao observado neste trabalho para faseolamina, com uma média de 9,4%. Além disso, na análise de temperatura de pasta (temperatura em °C na qual a curva de viscosidade da pasta inicia a formação da curva ascendente), os autores observaram que a farinha que apresentou a maior temperatura de pasta (°C) foi àquela obtida do feijão com percentual de proteínas, significativamente, maior ( $p \leq 0,05$ ) que os demais.

Visto que, a viscosidade é influenciada pelas taxas de exsudação da amilose, grânulos inchados e formação do complexo amilose-lipídeo, o estudo acima concluiu que a farinha do feijão com maior teor proteico, pode induzir um aumento da interação proteína e amido, e, conseqüentemente, retardar o inchaço, levando a uma maior temperatura de pasta (WANI, *et al.*, 2012).

Observando a superfície de resposta vê-se que, novamente, o incremento de farinha de linhaça, na farinha composta, aumenta o PI, o mesmo foi constatado para a análise do índice de absorção de água, fato que pode ser explicado pela presença de fibras.

Diferente do observado neste estudo, Bae *et al.* (2014) encontraram valor menor de PI (10,2%) para a mistura, na proporção 1:1, das farinhas de trigo comum e trigo integral, e diminuiu para a farinha totalmente integral (9,7%).

Julianti *et al.* (2017) analisaram as propriedades funcionais das farinhas mistas, contendo batata-doce, amido de milho e soja, e observaram maiores valores de PI nas farinhas com teores elevados de batata-doce e amido de milho, e redução do PI ao aumentar a quantidade de farinha de soja, o que pode estar correlacionado as porções hidrofóbicas

presentes nas proteínas da soja.

Ainda, com relação ao efeito das proteínas e outros compostos sobre os grânulos de amido, Kumar *et al.* (2018) avaliaram o efeito de ingredientes lácteos, como concentrado proteico de soro de leite, lacto albumina e leite em pó desnatado, sobre as características da farinha de aveia. E verificou redução, significativa, no poder de inchamento para as misturas de aveia e leite em pó desnatado, fato que foi atribuído à presença de caseínas, sais minerais e lactose e no leite em pó. E destacaram o efeito da caseína em reforçar a estrutura do grânulo de amido, minimizando, portanto, a quebra e o inchaço, resultando em maior estabilidade.

Em suma, após as análises das propriedades de hidratação das farinhas mistas e dos insumos que as compuseram, separadamente, pôde-se verificar que as mesmas podem ser utilizadas como ingrediente para diversos produtos alimentícios. Uma vez que na temperatura de 25 °C nenhuma das características (IAA, ISA e PI) foram significativamente afetada pelas adições de faseolamina e farinha de linhaça, desta forma, pode-se dizer que o teor de amido danificado presente é mínimo, fator de qualidade para as farinhas, pois não necessitam de quantidades adicionais de água para atingirem a consistência correta.

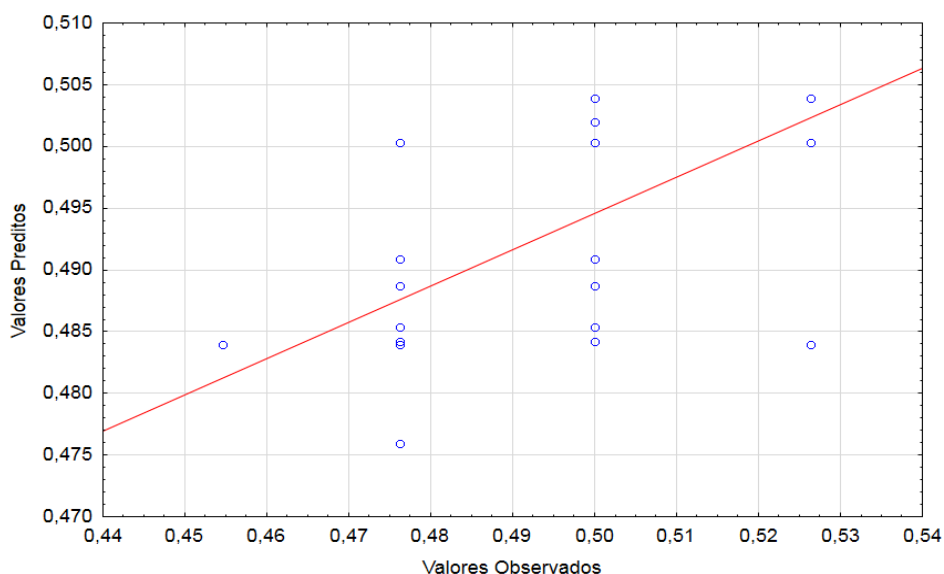
Após o aumento da temperatura, ainda é possível verificar que o índice de absorção de água e o poder de inchamento são influenciados e reduzidos pela presença de faseolamina na composição das farinhas mistas, o menor IAA irá auxiliar na produção de alimentos de baixa umidade.

#### **5.1.4 Densidade aparente**

As variáveis independentes, faseolamina e farinha de linhaça, não tiveram influência, significativa, na densidade aparente das farinhas mistas. Na análise de variância das respostas obtidas não há possibilidade de ajustar um modelo matemático para explicar os valores da densidade aparente, visto o baixo valor da variável explicada  $R^2 = 0,29$ , além disso, o teste F também demonstrou rejeição da hipótese de adequabilidade com  $F_{\text{calc } 1,60} < F_{\text{tab } 2,31}$ .

Na figura abaixo se observa a dispersão dos valores observados, este comportamento pode ser explicado pelo alto número de fatores não significativos, não havendo um ajustamento dos pontos à reta de regressão.

Figura 9 – Valores preditos pelo modelo versus valores observados pelo experimento para valores da Densidade Aparente.



Fonte: dados da pesquisa.

O tamanho das partículas é o principal fator que contribui para determinar densidade aparente das farinhas. Outro aspecto de influência é a composição centesimal, os lipídeos são críticos para a densidade volumétrica e expansão. Na presença de lipídeos, as partículas, tendem a se aproximar, pois os triglicerídeos podem atuar como coadjuvantes na aglomeração de moléculas de carboidratos e proteínas, isoladamente ou em conjunto, permitindo maior densidade aparente.

Durante a moagem das sementes, o teor de gordura pode interferir na redução do tamanho das partículas, pois podem agir como lubrificantes, bem como ajudar a manter as moléculas de água, possivelmente por interações polares entre ligações éster de triglicerídeos. Isso explica porque as farinhas desengorduradas tendem a apresentar menor densidade aparente (JOSHI; LIU e SATHE, 2015).

Analisando os insumos, separadamente, o maior valor de densidade foi observado para a farinha de linhaça, 0,6 g/mL, o que pode ser explicado pelo teor de lipídeos da mesma. Os valores encontrados para farinha de trigo foram de 0,54 g/mL e para a faseolamina de 0,39 g/mL.

Joshi *et al.* (2015) ao analisar diversas farinhas de sementes, dentre elas algumas oleaginosas, observou, mais fortemente, essa correlação da densidade com a presença de lipídeos. Encontraram para a farinha de trigo valor próximo a 0,8 g/mL, superior ao verificado nesse trabalho.

Ribeiro (2014) encontrou uma densidade aparente de 0,5 g/mL para a farinha de trigo, resultando similar ao observado nesse trabalho. Porém, para a farinha de linhaça dourada, observou um valor bem inferior, de 0,29 g/mL, possivelmente correlacionada ao tamanho das partículas.

Kaur *et al.* (2017) observaram um valor de densidade aparente para a farinha de linhaça de 0,58 g/mL, bem próximo ao encontrado nesse estudo (0,6 g/mL).

### 5.1.5 Cor das farinhas mistas

No teste colorimétrico das farinhas mistas (farinha de trigo, faseolamina e linhaça), verificou-se que quase todos os efeitos foram significativos, ao nível de 5% de significância, para o parâmetro L, que indica a intensidade de iluminação da amostra.

Na tabela abaixo está descrito o resumo estatístico para a regressão do valor de L\* em função das variáveis Faseolamina e Farinha de linhaça, dispondo os coeficientes de regressão linear (L) e quadrático (Q).

Tabela 14 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de luminosidade (L\*) das farinhas mistas.

Fatores	Coefficiente de regressão	Erro puro	t(24)	P-valor
<b>Média</b>	91,04	0,12	742,62	0,00
<b>Faseolamina<sup>1</sup>(L)</b>	-1,17	0,15	-7,81	0,00*
<b>Fasolamina<sup>1</sup> (Q)</b>	0,07	0,18	0,41	0,69
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup> (L)</b>	-2,22	0,15	-14,81	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup> (Q)</b>	-0,16	0,18	-0,89	0,38
<b>Fasolamina x Farinha de Linhaça</b>	0,96	0,21	4,54	0,00*

Fonte: elaborada pelo autor.

L\* - medida de luminosidade, variando do branco (L\* = 100) ao preto (L\* = 0).

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup> g/100 g Farinha de trigo.

O modelo matemático para explicar os valores obtidos para o parâmetro L\* das farinhas mistas é definido por:

$$\text{Luminosidade}(L^*) = 91,04 - 1,17m_F(L) - 2,22m_{FL}(L) + 0,07m_F(Q) - 0,16m_{FL}(Q) + 0,96m_Fm_{FL} \quad (16)$$

Onde:

$m_F$ : massa de Faseolamina em gramas;

$m_{FL}$ : massa de Farinha de Linhaça em gramas.

Verificou-se que a relação entre a Luminosidade e os fatores lineares da Farinha de Linhaça e Faseolamina apresentaram efeitos negativos, devido à coloração escura destas matérias-primas, visto que a faseolamina, embora apresente coloração bege, tem opacidade visível e a farinha de linhaça coloração marrom-escura, que, quando em contato com a farinha de trigo, promove o seu escurecimento, justificando a redução da luminosidade da farinha mistura.

Para verificar a adequabilidade dos coeficientes de regressão foi aplicada a análise de variância, apresentando um coeficiente de determinação de 0,77054, o que representa um bom ajuste dos dados obtidos experimentalmente ao modelo matemático gerado e apresentado na equação 16. E, através do teste F, ratifica-se, também, a validação do modelo, visto que o valor do F calculado foi superior ao tabelado (Tabela 15).

Tabela 15 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta do valor de luminosidade ( $L^*$ ) das farinhas mistas.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado
<b>Regressão</b>	49,75	8	6,22	45,97
<b>Resíduos</b>	3,29			
<b>Erro puro</b>	3,25	24	0,14	
<b>Total</b>	53,04	32		

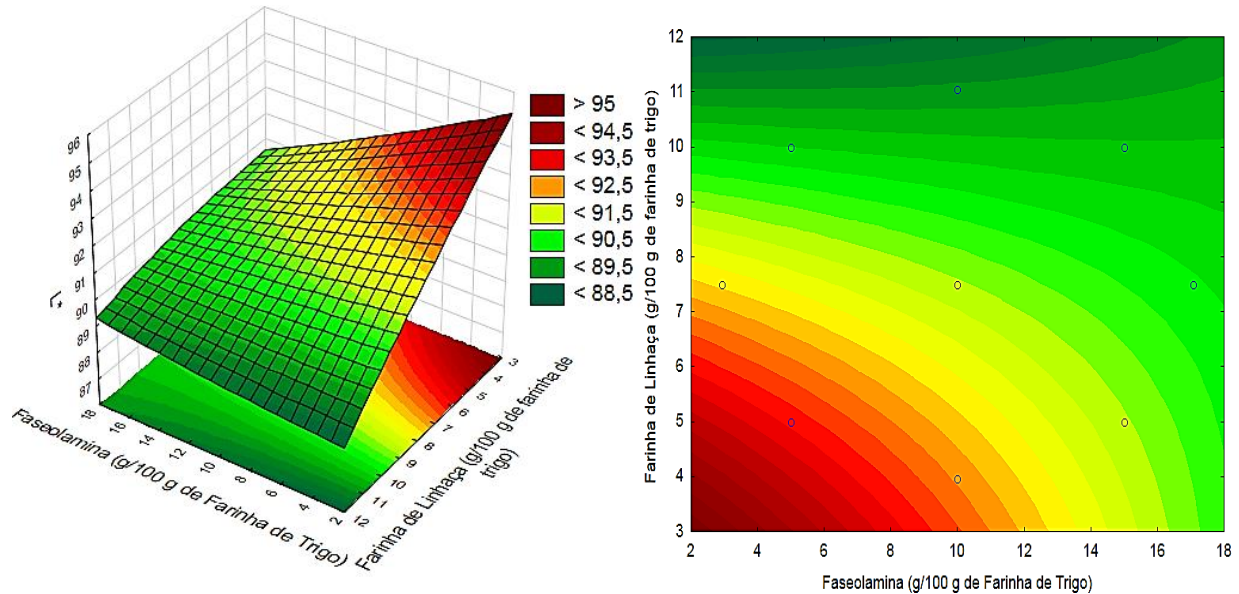
Fonte: elaborada pelo autor.

$L^*$  - medida de luminosidade, variando do branco ( $L^* = 100$ ) ao preto ( $L^* = 0$ ).

% variável explicada ( $R^2$ ) = 0,77054;  $F_{tab} = 2,31$ .

A figura 10 apresenta o gráfico de superfície de resposta para os valores de luminosidade  $L^*$  e valores adicionados de faseolamina e farinha de linhaça. A curva de contorno gerada mostrou que a adição de farinha de linhaça e faseolamina em maiores percentuais gerou amostras com menor luminosidade ( $L^*$ ).

Figura 10 – Análise de superfície de respostas e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre o valor de luminosidade ( $L^*$ ).



Fonte: dados da pesquisa.

Através da curva de contorno, pode-se verificar a influência das variáveis independentes no valor de  $L^*$ , vê-se que a farinha de linhaça contribui bastante para a baixa luminosidade da amostra.

O comportamento entre as variáveis independentes sobre o parâmetro  $a^*$ , onde o valor negativo representa a intensidade da cor verde, e  $a^*$  positivo representa a intensidade do vermelho, está descrito na tabela abaixo.

Tabela 16 – Coeficientes de regressão para a resposta do parâmetro  $a^*$ .

Fatores	Coefficiente de regressão	Erro puro	t(27)	P-valor
<b>Média</b>	-0,40	0,01	-35,62	0,00*
<b>Faseolamina<sup>1</sup> (L)</b>	0,28	0,01	20,83	0,00*
<b>Faseolamina<sup>1</sup>(Q)</b>	-0,08	0,02	-4,85	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(L)</b>	0,36	0,01	26,48	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(Q)</b>	0,03	0,02	1,72	0,10
<b>Faseolamina x Farinha de Linhaça</b>	-0,14	0,02	-7,34	0,00*

Fonte: elaborada pelo autor.

$a^*$  - caracteriza a coloração na região do verde ( $-a^*$ ) ao vermelho ( $+a^*$ ).

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup> g/100 g Farinha de trigo.

Vê-se que quase todos os fatores de regressão foram significativos, exceto o fator quadrático para a adição de farinha de linhaça. Podemos destacar que a interação entre os fatores em estudo indica que as farinhas mistas apresentam tendência à coloração esverdeada por conta de a relação média ser negativa (-0,40).

O modelo matemático para explicar os valores de  $a^*$  é definido por:

$$a^* = -0,40 + 0,28m_F(L) + 0,36m_{FL}(L) - 0,08m_F(Q) + 0,03m_{FL}(Q) - 0,14m_Fm_{FL} \quad (17)$$

Onde:

$m_F$ : massa de Faseolamina em gramas;

$m_{FL}$ : massa de Farinha de Linhaça em gramas.

Através da análise de variância verificaram-se as condições necessárias para validar o modelo matemático descrito acima, o coeficiente de determinação foi de 0,9784, indicando que a equação 17 explica 97% das variações apresentadas pelas interações dos fatores, e pelo teste F, visto que  $F_{calc} > F_{tab}$  (Tabela 17).

Tabela 17 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta do parâmetro  $a^*$ .

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado
<b>Regressão</b>	1,36	8	0,17	135,99
<b>Resíduos</b>	0,04			
<b>Erro puro</b>	0,03	24	0,00	
<b>Total</b>	1,40	32		

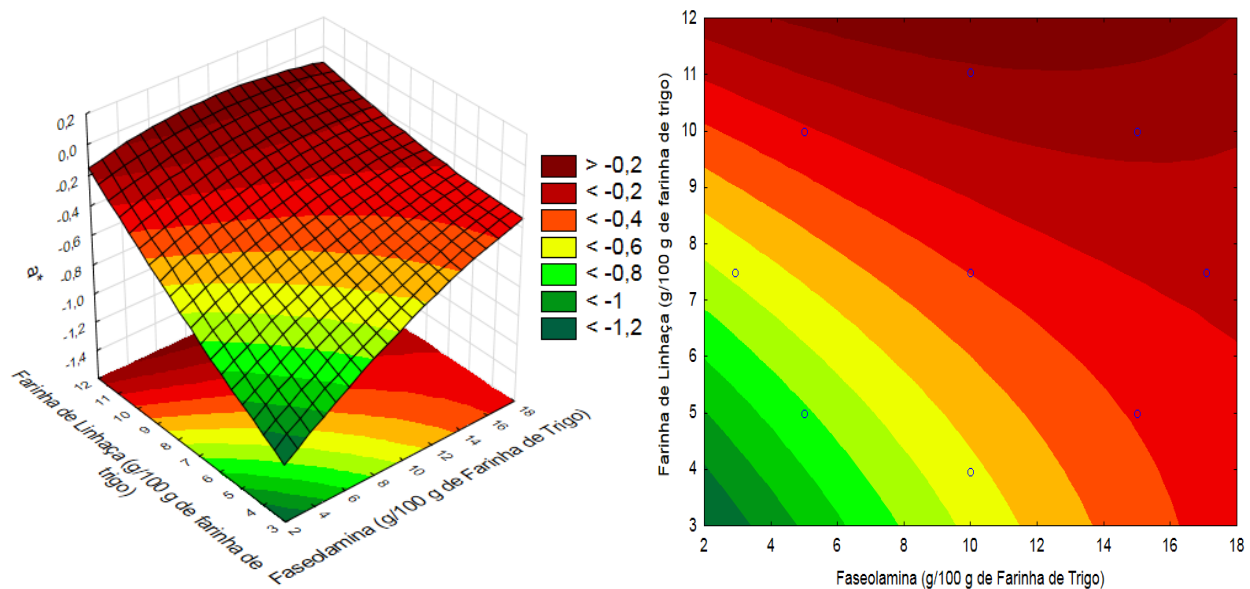
Fonte: elaborada pelo autor.

$a^*$  - caracteriza a coloração na região do verde ( $-a^*$ ) ao vermelho ( $+a^*$ ).

% variável explicada ( $R^2$ ) = 0,9784;  $F_{tab}$  = 2,31.

Na figura 11, observa-se a superfície de resposta para os valores adicionados de faseolamina e farinha de linhaça em relação ao parâmetro de cor  $a^*$ . A curva de contorno obtida mostrou que, somente é possível que as farinhas mistas apresentem coloração mais avermelhada, com o incremento das variáveis independentes, acima de 11 g e 16 g para farinha de linhaça e faseolamina, respectivamente.

Figura 11 – Análise de superfície de resposta e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre o parâmetro  $a^*$ .



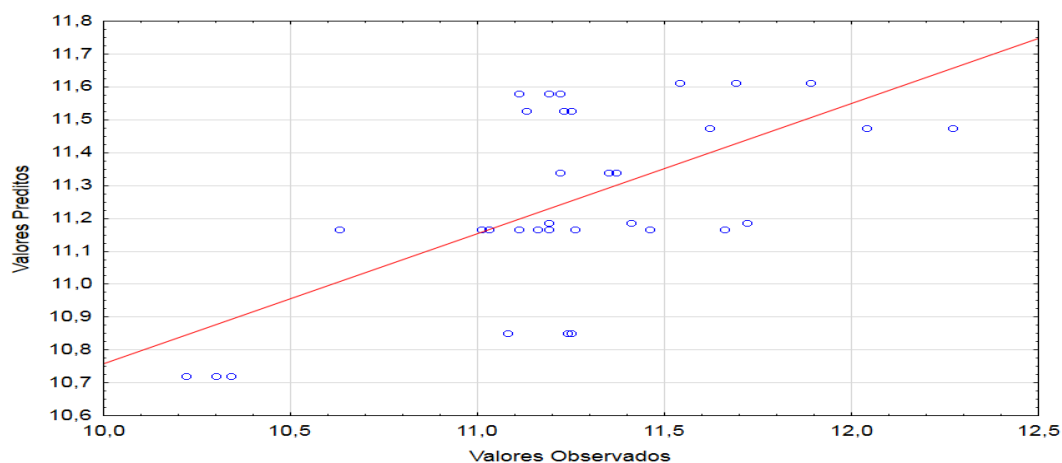
Fonte: dados da pesquisa.

Já para o parâmetro  $b^*$ , que indica a variação entre os tons de cor azul ( $b^*$  negativo) e os tons amarelos ( $b^*$  positivo), não houve correlação de causa e efeito com as variáveis independentes, Faseolamina e Farinha de linhaça, embora quatro coeficientes de regressão tenham sido significativos, dentre eles o fator linear para adição de faseolamina e o fator quadrático para farinha de linhaça (Tabela 32 – Anexo2).

O modelo proposto por esses coeficientes apresenta uma baixa adequabilidade, com o valor de  $R^2$  baixo, de 0,39613. O gráfico de dispersão abaixo evidencia a falta de ajuste para explicar o comportamento obtido pelo fator  $b^*$  no experimento (Figura 12).



Figura 12 – Valores preditos pelo modelo versus valores observados pelo experimento para valores de  $b^*$ .



Fonte: dados da pesquisa.

A cor das farinhas é uma característica de qualidade importante para elaboração de muitos produtos de panificação, por exemplo, a coloração amarela intensa é um fator preferencial para produção de massa com trigo *durum*, enquanto que para o pão ou para o macarrão branco Chinês essa coloração é um defeito (HIDALGO; FONGARO e BRANDOLINI, 2017).

Kaur *et al.* (2017) observaram os seguintes valores para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , nessa ordem, 59,1; 6,06 e 14,3 para a coloração da farinha de linhaça e 84,2; 0,51 e 6,94 para a farinha de trigo. E verificaram que os biscoitos elaborados com a mistura dessas duas farinhas, apresentavam menor valor de  $L^*$  à medida que se aumentava o percentual de farinha de linhaça.

## 5.2 Qualidade do cozimento das massas alimentícias

A seguir são apresentados os resultados obtidos nos testes de cozimento das massas alimentícias, com os respectivos dados estatísticos de cada critério de qualidade definido pelo estudo, determinados pelas interações das variáveis dependentes em função das variáveis independentes (Faseolamina e Farinha e de linhaça) do DCCR.

Os parâmetros de qualidade das massas são definidos pelo comportamento durante a após o cozimento das mesmas, sendo de grande importância para a aceitabilidade comercial. Além do sabor e odor, incluem-se nesses critérios o tempo de cozimento, o teor de água absorvida, as propriedades reológicas da massa, tais como firmeza, mastigabilidade e

elasticidade, e as características da superfície, como pegajosidade, desintegração e perda de sólidos (MENEGASSI e LEONEL, 2006).

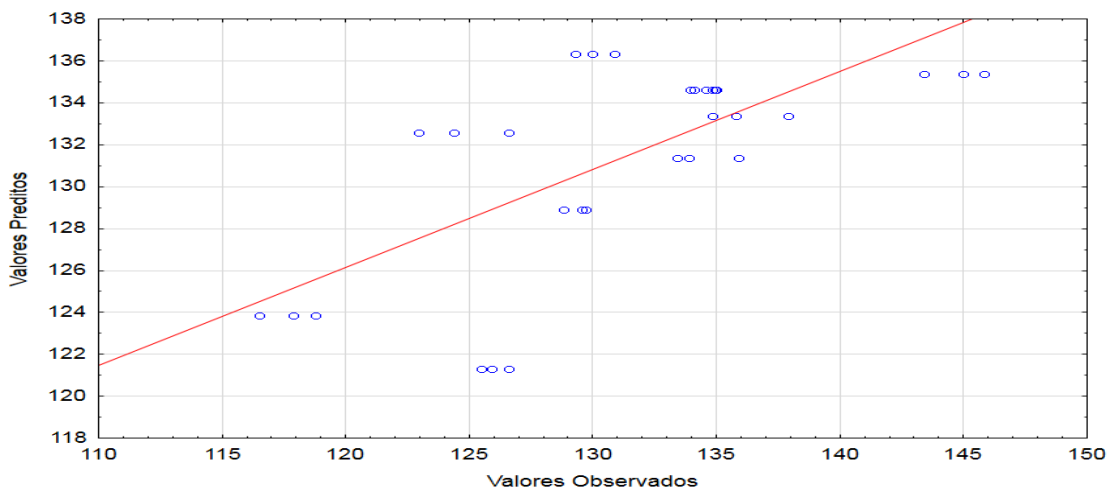
Um macarrão, produzido com farinha de trigo, é definido por diversos autores como sendo um produto com qualidade de cozimento e textura aceitáveis, quando o mesmo apresenta baixa perda de sólidos, aumento da sua massa acima de duas vezes do seu peso seco, estrutura firme e íntegra após o cozimento e baixa aderência ou pegajosidade (SOZER, 2009).

### 5.2.1 Aumento de peso

O parâmetro aumento de massa (AM) não foi alterado, significativamente, pelas variáveis independentes, Faseolamina e Farinha de linhaça. Não sendo, portanto, possível definir um modelo com adequabilidade para explicar os valores obtidos, uma vez que o coeficiente de explicação apresentou um valor de 0,46806, ou seja, a proposta de um modelo matemático para essa variável dependente, AM, apenas explicaria 47% dos dados encontrados para a interação entre as variáveis.

Embora, ao realizar a análise de variância, obtenha-se no teste F, a possibilidade de não rejeitarmos a hipótese de que as variações são homogêneas, visto que o F calculado (191,51) foi bem superior ao tabelado (2,31). Mas ao analisar o gráfico abaixo, vê-se a alta dispersão dos valores observados sobre a linha de adequabilidade do modelo.

Figura 13 – Valores preditos pelo modelo versus valores observados pelo experimento para o parâmetro aumento de massa (AM).



Fonte: dados da pesquisa.

Verificando-se os coeficientes de regressão, observou-se que apenas alguns apresentaram significância, sendo eles, o fator linear para a adição de farinha de linhaça e a interação entre as variáveis independentes. Mas, vale notar, que o coeficiente linear da farinha de linhaça (8,13), corrobora positivamente para o aumento do peso, já a interação entre a faseolamina e a farinha de linhaça, que também apresentou fator significativo, impacta negativamente no AM (-6,91) (Tabela 33 – Anexo 2), fato que pode estar relacionado com o conteúdo de fibras insolúveis que apresentam poder de inchamento e podem reter maior quantidade de água nos macarrões e promover o aumento de peso.

O aumento de peso das massas está diretamente relacionado com a capacidade de absorção de água nas massas, que pode interferir na qualidade de textura da massa alimentícia após o cozimento, pois a maciez é proporcional ao teor de água absorvida, e depende também do formato do macarrão (BHATTACHARYA; ZEE e CORKE, 1999).

Alguns autores são divergentes quanto ao percentual ideal de aumento do peso das massas alimentícias à base de trigo, Kruger *et al.* (1996), por exemplo, citou que o AM deve ser na ordem de 160 a 180 g /100 g, já Donnelly (1979) relatou um incremento de 200% a 250% com relação ao peso da massa crua. Hummel (1966), porém, fez menção a um aumento de peso do macarrão, de no mínimo, 100%.

Embora, os valores obtidos nesse experimento não tenham apresentado diferenças significativas, ressalta-se que a média de aumento de peso das formulações foi de 134,64%, valor que segundo o critério de Hummel (1966), está acima do mínimo aceitável.

Moura (2011) verificou a qualidade de macarrões produzidos com farinha mista de arroz e linhaça (80:20) pré-gelatinizada, farinha de arroz e farinha de linhaça. Os menores percentuais de AM foram verificados nas massas com valores intermediários das farinhas mistas pré-gelatinizada (37 a 48 g) e de arroz (46 a 58 g), e com os menores valores de farinha de linhaça (5 a 11 g). Enquanto que os maiores percentuais de AM, acima de 120%, foram obtidos nas massas com menores teores das farinhas pré-gelatinizada (35 a 37 g) e de arroz (48 a 52 g), e maiores de farinha de linhaça (10 a 15 g). Esses resultados mostram que há correlação da adição de farinha de linhaça ao aumento do peso, ratificando o coeficiente de regressão linear positivo e significativo encontrado nesse trabalho para esta variável (8,13).

Liu *et al.* (2016) avaliaram os efeitos da incorporação de uma emulsão de carne bovina, de 15 a 45%, às massas alimentícias, objetivando enriquecer o teor proteico das mesmas. E observaram que os macarrões com 30 e 45% de emulsão bovina apresentaram um índice de aumento de peso, significativamente, menor (72 e 75g /100 g), que o controle (101

g/100 g), esses dados ficaram ainda mais notórios nas imagens do MEV, onde se vê menos grânulos de amido nas massas com maior teor de carne, fato que pode ser explicado pela rede proteica formada nos macarrões com emulsão bovina ter limitado a absorção de água pelos grânulos de amido.

Petitot *et al.* (2010) observaram a qualidade de cozimento de espaguete adicionados com farinha mista de ervilha e feijão tipo fava e obtiveram um menor AM de 166%, para as massas com 35% da farinha mista, quando comparado com a massa controle, 192%.

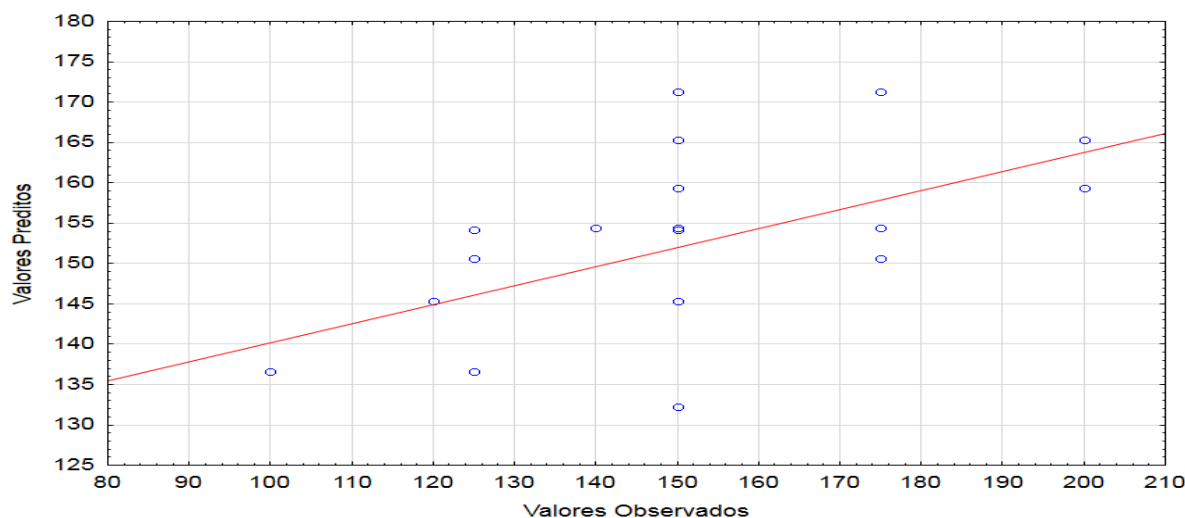
Gallegos-Infante *et al.* (2010) verificaram que a inclusão de farinha de feijão-comum ao macarrão reduziu o teor de água absorvida e, portanto, menor foi o aumento do peso para as massas com maior percentual de farinha de feijão, quando comparadas a massa controle. Mas, além disso, observaram que a temperatura de secagem do macarrão também exerce influência sobre esse parâmetro, portanto, não somente as proteínas desempenham papel importante na absorção de água pelas massas.

Patiño-Rodríguez *et al.* (2018) produziram espaguete sem glúten utilizando as farinhas de banana verde, grão-de-bico e milho. As massas obtidas, embora ricas em fibras, não apresentaram diferenças significativas no aumento do peso, comparado à massa comercial. Resultado similar ao obtido nesse trabalho, indicando que todas as amostras retiveram a mesma quantidade de água em sua estrutura, não causando influência no AM.

### **5.2.2 Aumento de volume**

Semelhante ao comportamento para o aumento de peso, as variáveis independentes (Faseolamina e Farinha de linhaça), também, não exerceram influência no volume das massas cozidas. O coeficiente de determinação para essa variável dependente foi baixíssimo,  $R^2 = 0,23604$ , não havendo a possibilidade de predizer um modelo para explicar a correlação de causa e efeito. O que pode ser observado no diagrama de dispersão abaixo, com diversos pontos distantes da reta, também conhecidos como *outliers*.

Figura 14 – Valores preditos pelo modelo versus valores observados pelo experimento para o parâmetro aumento de volume (AV).



Fonte: dados da pesquisa.

A média de aumento de volume (AV) para as massas cozidas foi de 154,46%, embora não significativa, observa-se influência similar à ocorrida no parâmetro do AM. O AV também possui relação à capacidade de adsorção de água das massas e depende do formato, portanto, consequentemente aumento de peso e de volume são dois parâmetros estritamente correlacionados.

Villeneuve *et al.* (2013) verificaram reduções no diâmetro e densidades de massas elaboradas com farinha de linhaça, em percentual de 15% e 30%, secas em temperaturas distintas. Os menores valores de AV foram observados para os macarrões secos a 80°C, ratificando, novamente, a influência da temperatura de secagem nesses parâmetros. As menores densidades, e consequentemente, menor aumento de volume, após cozidos, foram obtidos pelas massas com 30% de farinha de linhaça.

Gonçalves (2010) também não obteve diferença, estatisticamente significativa, para o aumento do volume de massas alimentícias elaboradas com as farinhas de yacon e de arroz, submetidas ao processo de extrusão. A autora encontrou valores que variaram de 150% a 277%, com um coeficiente de explicação de, apenas, 0,39.

### 5.2.3 Perdas de sólidos

Na Tabela 18 estão listados os coeficientes de regressão para os valores obtidos no parâmetro de perdas de sólidos (PS) durante o cozimento das massas.

Tabela 18 – Coeficientes de regressão para as respostas dos valores de perda de sólidos (%).

<b>Fatores</b>	<b>Coefficiente de regressão</b>	<b>Erro puro</b>	<b>t(24)</b>	<b>P-valor</b>
<b>Média</b>	0,27	0,00	71,93	0,00*
<b>Faseolamina<sup>1</sup> (L)</b>	-0,06	0,00	-12,18	0,00*
<b>Fasolamina<sup>1</sup>(Q)</b>	-0,11	0,01	-19,37	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(L)</b>	0,09	0,00	18,60	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(Q)</b>	-0,02	0,01	-3,15	0,00*
<b>Faseolamina x Farinha de linhaça</b>	0,04	0,01	6,16	0,00*

Fonte: elaborada pelo autor.

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ )

<sup>1</sup> g/100 g Farinha de trigo.

Através dos coeficientes da tabela acima, é possível descrever o modelo descrito na equação 18.

$$\text{Perda de sólidos} = 0,27 - 0,06m_F(L) + 0,09m_{FL}(L) - 0,11m_F(Q) - 0,02m_{FL}(Q) + 0,04m_Fm_{FL} \quad (18)$$

Onde:

$m_F$ : massa de Faseolamina em gramas;

$m_{FL}$ : massa de Farinha de Linhaça em gramas.

Pode-se verificar que todos os efeitos foram significativos para a perda de sólidos, demonstrando correlação linear e quadrática negativas para a adição de faseolamina, com os coeficientes -0,06 e -0,11, e fator quadrático, também, negativo para a adição de farinha de linhaça, -0,02. Mas, ressalta-se que a interação entre as duas variáveis independentes possui efeito positivo no parâmetro para perda de sólidos na água de cozimento.

Na análise de variância, descrita na tabela abaixo, afere-se a relação entre as variáveis em estudo, apresentando um coeficiente de determinação de 0,70956, ou seja, o modelo matemático, demonstrado na equação 18, explica cerca de 70% da variabilidade entre os fatores para entender os resultados obtidos. O teste F, também, demonstra a adequabilidade do modelo, uma vez que  $F_{\text{calc}} > F_{\text{tab}}$ , portanto não se rejeita a hipótese de homogeneidade (Tabela 19).

Tabela 19 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta da perda de sólidos (%).

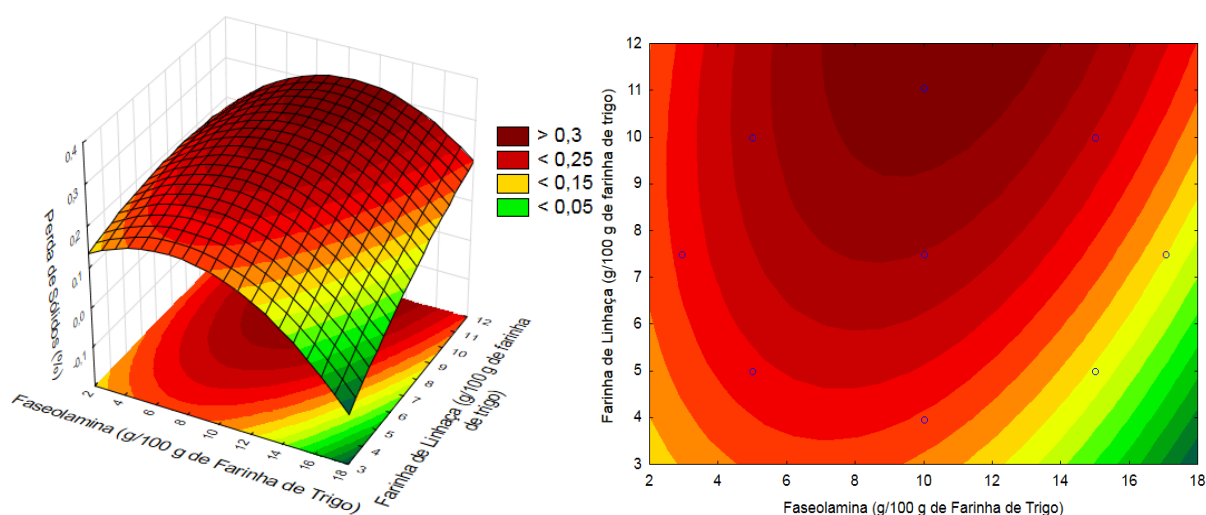
Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado
Regressão	0,17	8	0,02	158,44
Resíduos	0,00			
Erro puro	0,00	24	0,00	
<b>Total</b>	<b>0,17</b>	<b>32</b>		

Fonte: elaborada pelo autor.

% variável explicada ( $R^2$ ) = 0,70956;  $F_{\text{tab}} = 2,31$ .

Analisando a superfície de resposta e curvas de contorno é possível verificar a interação entre as duas variáveis (Figura 15).

Figura 15 – Análise de superfície de resposta e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre o parâmetro de perda de sólidos.



Fonte: dados da pesquisa.

Observando a superfície de resposta pode-se notar que os maiores percentuais de perdas de sólidos foram nas formulações com 4 a 12 g de faseolamina, podendo haver perdas entre 0,15 e 0,25% de sólidos na água de cozimento. Na curva de contorno nota-se a influência negativa da farinha de linhaça, mesmo em pequenas quantidades.

A superfície de resposta mostrou uma tendência de ponto de máximo de perda de sólidos em quantidades de faseolamina entre 8 e 12 g, e de farinha de linhaça entre 9 e 12 g, ou seja, em quantidades extremas de adição das variáveis independentes há maiores percentuais de perdas, acima de 0,3%.

Importante observar, na curva de contorno, que a adição de faseolamina acima de 14 g induz a redução no teor de sólidos perdidos na água de cozimento. Fato relevante, uma vez que esse parâmetro está dentre os primordiais na qualidade de massas alimentícias. Hummel (1966) classificou as massas com perdas de sólidos de até 6 g / 100 g como massas de trigo de boa qualidade, até 8 g / 100 g, massas de média qualidade e valores iguais ou superiores a 10 g / 100 g, massas de qualidade ruim. Donnelly (1979), também, considerou 8% como sendo um valor máximo aceitável para PS. Outros autores reduziram esse valor aceitável para 7% (DICK e YOUNGS, 1988).

O valor médio de PS na água, das formulações em estudo, foi de 0,27%, portanto todos os macarrões analisados estão dentro do parâmetro aceitável e classificável como sendo de boa qualidade de cozimento. Esse comportamento pode ser explicado pelo conteúdo de fibras e proteínas, que auxiliam na formação de uma rede proteica, aprisionando as moléculas e evitando perdas de sólidos na água (CHILLO, 2010).

Na elaboração de massas adicionadas de isolados proteicos e fibras, extraídos de ervilhas, Muneer *et al.* (2018), encontraram resultados em que um aumento na absorção de água e redução na perda de sólidos, foi observado nos macarrões com maior teor de fibra, comportamento que foi explicado pela composição química das fibras e, em particular, de cotilédones, que possuem conhecida capacidade de reter água. A menor retenção de água, com conseqüente maior PS, foi observada no macarrão produzido somente com o isolado proteico. Um declínio no percentual de perdas foi obtido para todas as amostras com misturas de proteína e fibras em comparação àquela somente com proteínas.

Há de se considerar que, as proteínas do trigo *durum* são compostas principalmente por gluteninas e gliadinas que, durante o processamento, formam ligações dissulfeto intra e intermoleculares, levando a formação da rede tridimensional de glúten, responsável pelas propriedades de textura das massas. Em contraste, as proteínas das leguminosas, como por exemplo, feijões, ervilha, fava e etc., compõem-se principalmente de globulinas, solúveis em soluções salinas e albuminas, solúveis em água. Portanto, a adição de farinhas sem capacidade de formação de glúten, diminui a força do mesmo e provavelmente enfraquece a estrutura do espaguete, como conseqüência a perda de sólidos na água será maior (PETITOT *et al.*, 2010).

Petitot *et al.* (2010) ao elaborar diferentes massas alimentícias com adições de



35% de farinha de ervilha e 35% de farinha de fava, e submetidas ao tratamento de secagem, obtiveram reduções nos percentuais de perdas de sólidos, com os valores de 6,1 % e 5,9%, para as massas com ervilha e com fava, respectivamente.

Já Patiño-Rodríguez *et al.* (2018) ao adicionar as farinhas de banana verde, grão-de-bico e milho, para produção de espaguete *glúten-free* obtiveram perdas de sólidos bastante superiores, variando de 14,25% e 15,41%, o comportamento foi atribuído a ausência da rede de glúten na massa, fazendo com que os sólidos se soltem mais facilmente para a água de cozimento.

Gallegos-Infante *et al.* (2010) também obtiveram maiores perdas com o incremento de farinha de feijão comum às massas alimentícias, substituições de 15% e 30%. Para adição de 15%, os valores de PS variaram de 14,20% a 14,91%, e com 30% de farinha de feijão, foram de 19,44% a 21,56%. Os menores valores foram obtidos para os macarrões secos a uma temperatura maior, de 80°C.

Um fator que pode explicar os valores encontrados nesse trabalho, média de 0,27% de perdas de sólidos, quando comparados aos observados na literatura, deve-se a adição da faseolamina e farinha de linhaça, sem substituição da farinha de trigo, ou seja, o percentual foi adicionado com base em 100 g de farinha de trigo, o que pode ter contribuído para a formação de uma rede de glúten com maior resistência e estabilidade, uma vez que os trabalhos acima substituíam parcialmente ou total a farinha de trigo *durum*.

Perdas menores e aceitáveis foram observadas por Moura (2011), valores abaixo de 3,6% para as formulações com maior teor de farinha de arroz (52 a 60 g) e menores quantidades de farinha de linhaça (5 a 7 g) e a farinha mista, dessas, pré-gelatinizada (35 a 43 g). E valores acima de 4,8% nas massas com quantidades intermediárias da farinha mista pré-gelatinizada (45 a 49 g), maiores da farinha de linhaça (11 a 15 g) e menores de farinha de arroz (40 a 42 g). Como encontrado, também, nesse trabalho os menores PS estão nas regiões dos macarrões produzidos com percentual de farinha de linhaça abaixo de 6 g / 100 g de farinha de trigo.

Desta forma, a inclusão da faseolamina e da farinha de linhaça, por adicionarem um maior conteúdo de sólidos às formulações de macarão, também proporcionam maior perda de sólidos não ligados a outros componentes insolúveis em água durante o cozimento.

### 5.2.4 Tempo de cozimento

Os dados estatísticos dos resultados obtidos para os tempos de cozimento das formulações do delineamento estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Coeficientes de regressão para a resposta do tempo de cozimento (minutos).

Fatores	Coefficiente de regressão	Erro puro	t(24)	P-valor
<b>Média</b>	13,56	0,17	79,87	0,00*
<b>Faseolamina<sup>1</sup> (L)</b>	-3,64	0,21	-17,51	0,00*
<b>Fasolamina<sup>1</sup>(Q)</b>	0,59	0,25	2,38	0,03*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(L)</b>	2,50	0,21	12,02	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(Q)</b>	-1,49	0,25	-6,03	0,00*
<b>Faseolamina x Farinha de linhaça</b>	1,50	0,29	5,10	0,00*

Fonte: elaborada pelo autor.

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup> g/100 g Farinha de trigo.

Para o tempo de cozimento (TC) vê-se que todos os coeficientes foram significativos, importante ressaltar a interação linear negativa à adição de faseolamina, contribuindo para redução de tempo.

O tempo de cozimento apresentou correlação linear positiva e quadrática negativa para a adição de farinha de linhaça, com os coeficientes de regressão 2,50 e -1,49. O tempo ideal de cozimento depende principalmente das taxas de penetração da água e da gelatinização do amido (LIU, *et al.*, 2016).

O tempo de cozimento (TC) é importante para a textura e as características nutricionais das massas alimentícias, além de também influenciar no custo energético do processo (PATIÑO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2018).

Através dos coeficientes de regressão, descritos na Tabela 20, foi possível modelar uma equação para expressar o tempo de cozimento em função das variações dos níveis variáveis independentes, dada pela equação abaixo:

$$TC = 13,56 - 3,64m_F(L) + 2,50m_{FL}(L) + 0,59m_F(Q) - 1,49m_{FL}(Q) + 1,5m_Fm_{FL} \quad (19)$$

Onde:

TC: Tempo de Cozimento (minutos);

$m_F$ : massa de Faseolamina em gramas;

$m_{FL}$ : massa de Farinha de Linhaça em gramas.

A análise de variância apresentou as condições necessárias para validar o modelo matemático descrito acima, apresentando um ótimo coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,93231$ , portanto a equação 19 explica 93% das variações no comportamento dos resultados obtidos pelo TC das massas alimentícias. O teste F também foi significativo ao nível de 95% de confiança, de maneira que, não rejeitamos a hipótese de homogeneidade (Tabela 21).

Tabela 21 – Análise de Variância (ANOVA) para a resposta do tempo de cozimento (minutos).

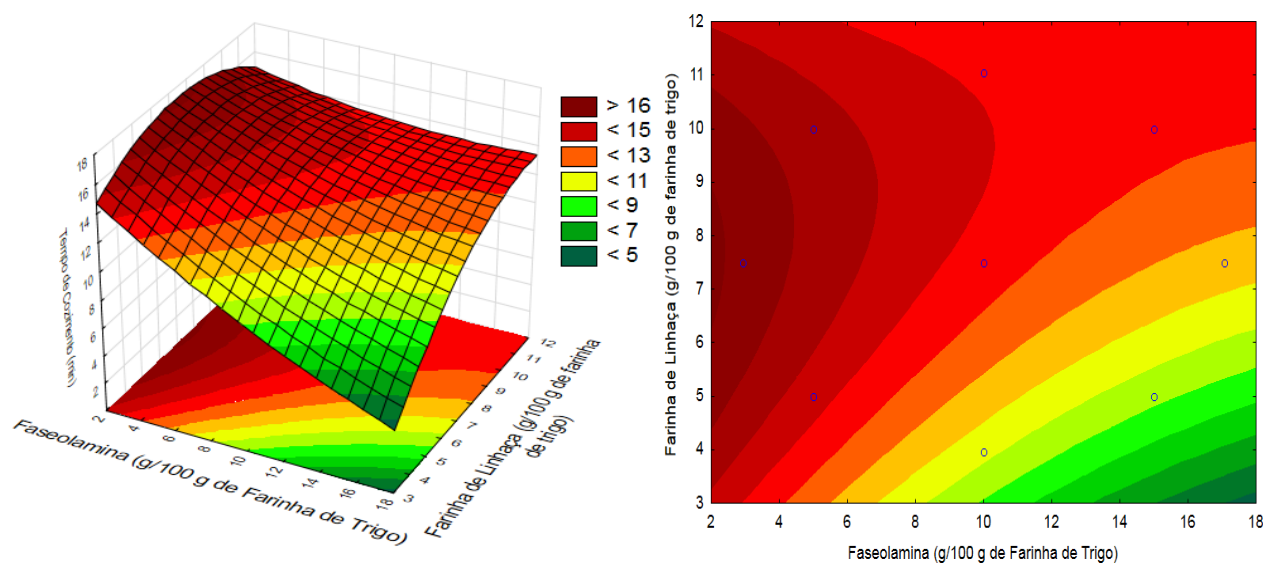
Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado
<b>Regressão</b>	138,38	8	17,30	66,72
<b>Resíduos</b>	9,66			
<b>Erro puro</b>	6,22	24	0,26	
<b>Total</b>	148,05	32		

Fonte: elaborada pelo autor.

% variável explicada ( $R^2$ ) = 0,93231;  $F_{tab} = 2,31$ .

Analisando a superfície de resposta podemos destacar que o tempo de cozimento aumenta com o incremento da farinha de linhaça, o que já era esperado. Podemos, ainda, notar que a adição de faseolamina produz um pequeno efeito na redução do TC (Figura 16).

Figura 16 – Análise de superfície de resposta e curvas de contorno para os efeitos da Faseolamina e Farinha de linhaça sobre o tempo de cozimento.



Fonte: dados da pesquisa.

Podemos observar, na curva de contorno, que a adição de faseolamina nas quantidades de 8 g a 18 g, tem influência na redução do tempo de cozimento, sendo possível obter massas com cozimento abaixo de 11 minutos.

Embora, a formação de uma rede proteica mais complexa, possa limitar a entrada de água no grânulo de amido, e possivelmente retardar o início da gelatinização, aumentando o TC, como verificado por Liu *et al.* (2016), que ao incrementar emulsão de carne bovina ao espaguete, obteve um aumento no tempo ideal de cozimento. Há estudos que sugerem existência de interação proteínas-fibras pode influenciar no cozimento, pois o maior teor de polissacarídeos não-amiláceos pode reduzir a compactação da rede e auxiliar na transferência de calor durante o cozimento, diminuindo o tempo necessário para cozedura (PATIÑO-RODRÍGUEZ *et al.*, 2018). Isso pode explicar a redução do TC, observado no presente estudo, ao aumentar o percentual de faseolamina nas massas alimentícias.

O tempo médio de cozimento, até o desaparecimento da linha central, ou seja, para gelatinizar o amido, observado nesse trabalho foi de 13,56 minutos e, vale ressaltar, que os macarrões ficaram com textura *al dente* e consistentes, aspecto que Muneer *et al.* (2018) sugerem a existência das interações proteínas e fibras. Diferentemente, desses resultados, por exemplo, Petitot *et al.* (2010) ao fortificar uma massa com farinha de ervilha, obteve após o cozimento um macarrão desintegrado.

O último autor, acima citado, obteve um TC de 8,5 minutos para espaguete com 35% de farinha de feijão, tipo fava, e 8,7 minutos para fortificação com 35% de farinha de ervilha, ambos reduziram, quando comparados ao controle (9,3 min.). Esta redução no cozimento veio acompanhada de uma menor absorção de água, causando uma incoerência para explicá-la. Portanto, os autores justificaram uma possível ruptura física da matriz do glúten devido à presença de fibras, o que pode ter facilitado a penetração da água, embora em menor quantidade, mas até o ponto central das massas (CHILLO *et al.*, 2008; PETITOT *et al.*, 2010).

Patiño-Rodríguez *et al.* (2018) encontrou valores similares ao observado nesse estudo, para macarrão com adição das farinhas de banana verde, grão-de-bico e milho, foram obtidos tempo de cozimento entre 12 e 13,5 minutos. Giuberti *et al.* (2015), também obtiveram tempos de cozimento bem próximos à média aqui verificada (13,56 min.), para o espaguete, sem glúten, elaborado com farinha de arroz e farinha de feijão comum (80:20) o TC foi de 9,9 minutos, e na proporção de 60:40, foi de 11,1 minutos.

Com comportamento semelhante ao desse trabalho, Moura (2011) teve os menores tempos de cozedura, abaixo de 7 minutos, para os macarrões com os baixos percentuais de farinha de linhaça (5 a 7 g / 100 g de farinha de trigo), e maiores TC, acima de 10 minutos, nas massas com teores intermediários da linhaça (7 a 10 g / 100 g de farinha de trigo).

A Tabela 22 apresenta os resultados das análises de qualidade das massas alimentícias, referentes aos seguintes critérios: aumento de peso, aumento de volume, perdas de sólidos e tempo de cozimento. As médias dos resultados das formulações foram comparadas entre si pelo teste de *Tukey*, onde os valores na mesma coluna com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5%.

Tabela 22 – Resultados das análises referentes aos parâmetros de qualidade de cozimento das formulações de massas alimentícias.

Formulação <sup>2</sup>	Aumento de peso (%)	Aumento de volume	Perda de sólidos (%)	Tempo de cozimento (min.)
<b>F1</b>	122,43 <sup>a</sup> ± 6,62	141,67 <sup>a</sup> ± 14,43	0,21 <sup>abc</sup> ± 0,06	14,83 <sup>bce</sup> ± 0,29
<b>F2</b>	131,77 <sup>a</sup> ± 3,64	166,67 <sup>a</sup> ± 28,87	0,11 <sup>a</sup> ± 0,01	9,00 <sup>a</sup> ± 0,87
<b>F3</b>	138,90 <sup>a</sup> ± 16,62	166,67 <sup>a</sup> ± 28,87	0,28 <sup>bc</sup> ± 0,08	15,50 <sup>bc</sup> ± 0,50
<b>F4</b>	131,00 <sup>a</sup> ± 9,60	141,67 <sup>a</sup> ± 28,87	0,17 <sup>abc</sup> ± 0,02	12,67 <sup>df</sup> ± 0,58
<b>F5</b>	131,00 <sup>a</sup> ± 6,62	141,67 <sup>a</sup> ± 14,43	0,20 <sup>abc</sup> ± 0,07	16,33 <sup>b</sup> ± 0,58
<b>F6</b>	130,40 <sup>a</sup> ± 12,37	158,33 <sup>a</sup> ± 14,43	0,20 <sup>abc</sup> ± 0,04	12,17 <sup>d</sup> ± 0,29
<b>F7</b>	120,26 <sup>a</sup> ± 4,67	116,67 <sup>a</sup> ± 14,43	0,16 <sup>ac</sup> ± 0,02	10,11 <sup>a</sup> ± 0,29
<b>F8</b>	144,33 <sup>a</sup> ± 12,95	140,00 <sup>a</sup> ± 17,32	0,32 <sup>b</sup> ± 0,07	14,17 <sup>cef</sup> ± 0,29
<b>F9</b>	130,50 <sup>a</sup> ± 5,90	146,67 <sup>a</sup> ± 5,77	0,31 <sup>bc</sup> ± 0,03	13,33 <sup>def</sup> ± 0,29
<b>F10</b>	135,57 <sup>a</sup> ± 5,98	158,33 <sup>a</sup> ± 14,43	0,27 <sup>bc</sup> ± 0,08	13,50 <sup>def</sup> ± 0,50
<b>F11</b>	130,00 <sup>a</sup> ± 11,14	158,33 <sup>a</sup> ± 14,43	0,28 <sup>bc</sup> ± 0,04	13,83 <sup>ef</sup> ± 0,76

Fonte: elaborada pelo autor.

<sup>1</sup>Letras distintas na mesma coluna apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>F1 (5% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça); F2 (15% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça); F3 (5% de faseolamina e 10% de farinha de linhaça); F4 (15% de faseolamina e 10% de farinha de linhaça); F5 (2,93% de faseolamina e 7,5% de farinha de linhaça); F6 (17,07% de faseolamina e 7,50% de farinha de linhaça); F7 (10% de faseolamina e 3,96% de farinha de linhaça); F8 (10% de faseolamina e 11,04% de farinha de linhaça); F9 (10% de faseolamina e 7,5% de farinha de linhaça); F10 (10% de faseolamina e 7,5% de farinha de linhaça); F11 (10% de faseolamina e 7,5% de farinha de linhaça).

Analisando as médias pode-se notar, como já citado anteriormente, que as variáveis independentes, Faseolamina e Farinha de linhaça, não tiveram influência significativa sobre o aumento de peso e volume das massas. Já para o parâmetro de perda de sólidos na água de cozimento, os menores percentuais foram obtidos para as formulações F2, F4 e F7, não houve diferença significativa entre as formulações F1, F4, F5 e F6, e entre F9, F10 e F11.

O tempo de cozimento também foi influenciado significativamente pelas variáveis independentes, o menor tempo foi de 9 minutos para a F2, seguido pela F7 com 10,11 minutos. Essas formulações não diferem, significativamente, entre si, porém diferem de todas as demais, essas massas, possivelmente, tiveram influência das interações proteínas-fibras, principalmente devido à presença da faseolamina, nas proporções de 15% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça, e de 10% de faseolamina e 3,96% de farinha de linhaça, para as massas F2 e F7 nessa ordem.

Diante de todos os resultados obtidos e acima relatados, nos testes de qualidade da matéria-prima e das massas alimentícias, foi possível selecionar 2 formulações que

satisfizessem os critérios tecnológicos para o processamento e que, ao mesmo tempo, possam apresentar qualidades nutricionais otimizadas. Portanto, as massas selecionadas foram a F2 e F7, tendo em vista os melhores desempenhos funcionais e características de qualidade desejáveis.

As formulações selecionadas F2 e F7 foram submetidas a outras análises e ao estudo *in vivo* a fim de verificar os benefícios das matérias-primas. Elas foram renomeadas e a partir das próximas discussões serão **M1** (Formulação F7 – 10% de faseolamina e 3,96% de farinha de linhaça) e **M2** (Formulação F2 – 15% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça), juntamente com a formulação **MP** (Massa Padrão – 100% de farinha de trigo), sem a adição de faseolamina e farinha de linhaça.

Outro fator que levou a escolha das amostras com menores tempos de cozimento é a baixa estabilidade térmica da matéria-primas, mais especificadamente, da faseolamina. Como citado anteriormente, a sua aplicação em produtos alimentícios pode ser caracterizada como um impasse tecnológico, embora o seu perfil de inativação não esteja bem aclarado, alguns autores citam 95 °C/20 minutos (PEREIRA, 2008), 100 °C/5 minutos (GRANT *et al.*, 1995), 70 °C/80 minutos (IGUTI, 1991) e 100 °C/10 minutos (VALENCIA, 2000). Como existem controvérsias e parâmetros divergentes, ressalta-se que as massas desse estudo foram cozidas com fogo baixo, temperatura controlada de aproximadamente 90 °C a 95 °C, fato primordial para preservar as características de inibição da  $\alpha$ -amilase da faseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.).

### **5.3 Análises físico-químicas das massas alimentícias**

#### **5.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável**

Os valores obtidos para o pH e acidez das formulações padrão (MP) e otimizadas M1 e M2, estão apresentados na Tabela 23. Verificou-se que as massas não apresentaram diferenças significativas, entre si, para os valores de acidez total titulável, obtendo-se o valor de 0,19 mL NaOH / 100 g de massa. Esse teor de acidez encontra-se dentro dos parâmetros aceitáveis pela legislação, que estabelece um valor máximo de 5%, (5 mL de NaOH / 100 g massa), para massas secas e frescas (BRASIL, 2000).

Para os valores de pH a formulação M2 diferiu significativamente da MP,

podendo-se inferir que os macarrões com maior percentual de faseolamina tendem a reduzir o potencial hidrogeniônico (pH), o que pode estar relacionado ao baixo pH da mesma, que foi citado por Octávio *et al.* (2002) como sendo de 4,35. De modo geral, a adição de faseolamina e farinha de linhaça promoveu uma ligeira acidificação da massa.

Tabela 23 – Resultados das análises químicas das massas alimentícias.

Formulação <sup>2</sup>	pH	Acidez <sup>3</sup>
MP	6,67 <sup>a</sup> ± 0,06	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>
M1	6,50 <sup>ab</sup> ± 0,10	0,19 ± 0,02 <sup>a</sup>
M2	6,33 <sup>b</sup> ± 0,12	0,19 ± 0,01 <sup>a</sup>

Fonte: elaborada pelo autor.

<sup>1</sup>Letras distintas na mesma coluna apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>MP (0% de faseolamina e 0% de farinha de linhaça); M1 (10% de faseolamina e 3,96% de farinha de linhaça); M2 (15% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça);

<sup>3</sup>Titulável por mL de solução de NaOH.

Oliveira (2014) observou valor de pH para massa com 100% farinha de trigo, bem próximo ao encontrado nesse trabalho, 6,40 e notou que ao substituí-la por farinha de linhaça o pH do macarrão apresentava um leve aumento, como por exemplo, para a formulação com 80 g de farinha de trigo e 20 g de farinha de linhaça, o pH foi de 6,71. Na Tabela 23 podemos verificar que esse estudo demonstrou comportamento semelhante, com relação à adição de linhaça.

Lorusso *et al.* (2017) obtiveram valores de pH significativamente menores para espaguete formulados com farinha de quinoa e trigo (20:80) de 5,64, e reduziu ainda mais, quando a farinha de quinoa adicionada, foi previamente fermentada, obtendo um pH de 4,74 para essa massa alimentícia. Para a formulação padrão os autores verificaram um valor de 6,12.

Ferreira *et al.* (2016) em formulações *glúten-free*, utilizando as farinhas de sorgo, arroz, milho e fécula de batata, elevaram significativamente a acidez titulável para 2,17%, em detrimento da redução do pH desses macarrões, que variaram de 5,23 a 5,94, sendo maior nas formulações com elevado teor do cereal sorgo.



### 5.3.2 Coloração das massas alimentícias

Na análise quantitativa de cor, a formulação padrão (MP), como esperado, apresentou o maior valor de L\* (medida de luminosidade) de 79,54 (Tabela 24). Esse parâmetro apresenta variação de 0 a 100, quanto mais próximo de 100, mais clara é a amostra. O resultado da MP, portanto, indica característica de massa com cor clara (valor de L\* superior a 50). As demais amostras, M1 e M2, diferiram da padrão e também entre si, ao nível de significância de 5%.

Observa-se que proporções de faseolamina e farinha de linhaça nessas formulações tiveram efeito sobre a cor, visto que o incremento delas reduz a luminosidade da massa alimentícia. Mas, vale ressaltar que o parâmetro L\* foi notoriamente mais afetado pelo percentual de faseolamina, uma vez que o teor de farinha de linhaça não variou muito de uma formulação para a outra, sendo de 3,96% e 5% para M1 e M2, respectivamente. Portanto, assim como observado na coloração das farinhas mistas, citado anteriormente, a característica de opacidade da faseolamina reduz a luminosidade do produto final.

Tabela 24 – Resultados da análise colorimétrica das massas alimentícias.

Formulação <sup>2</sup>	L*	a*	b*
<b>MP</b>	79,54 <sup>a</sup> ± 0,13	-0,61 <sup>c</sup> ± 0,09	33,79 <sup>a</sup> ± 2,36
<b>M1</b>	70,83 <sup>b</sup> ± 1,47	1,55 <sup>b</sup> ± 0,26	22,97 <sup>b</sup> ± 1,11
<b>M2</b>	65,87 <sup>c</sup> ± 0,88	3,16 <sup>a</sup> ± 0,26	23,02 <sup>b</sup> ± 1,26

Fonte: elaborada pelo autor.

<sup>1</sup>Letras distintas na mesma coluna apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>MP (0% de faseolamina e 0% de farinha de linhaça); M1 (10% de faseolamina e 3,96% de farinha de linhaça); M2 (15% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça);

Para o parâmetro a\*, onde os valores negativos representam a intensidade de cor verde, e valores positivos o vermelho, observou-se que todas as formulações foram diferentes entre si, e que somente a padrão (MP) apresentou valor de a\* negativo, já as duas otimizadas, M1 e M2 foram positivos, indicando a tendência à tonalidade vermelha das massas. Novamente, é possível notar que o parâmetro a\* foi, fortemente, influenciado pela adição de faseolamina e farinha de linhaça, observe que a M2 que tem maior percentual desses ingredientes, duplica o valor de a\*, quando comparado à M1.

O fator  $b^*$ , que indica variações entre os tons azuis ( $b^*$  negativo) e amarelos ( $b^*$  positivo), apresentou valores positivos para as três formulações, indicando massas com tendência para coloração amarela. A formulação MP foi significativamente diferente das demais, com maior valor, de 33,79. Já as formulações, M1 e M2, não diferiram entre si e apresentaram valores de 22,97 e 23,02, nessa ordem.

A cor das massas alimentícias é fator essencial para avaliação de qualidade, uma vez que os consumidores estão cada vez mais atentos nos atributos sensoriais, e geralmente há uma preferência por massas com coloração amarelo brilhante (DEBBOUZ *et al.*, 1995).

Villeneuve *et al.* (2013) verificaram que a fortificação de massas com farinha de linhaça, reduz os parâmetros  $L^*$  e  $b^*$ , e aumenta o  $a^*$ , com o aumento no teor de linhaça de 15% a 30%, os autores obtiveram espaguete mais escuros ( $L^*$ ), mais vermelhos ( $a^*$ ) e menos amarelados ( $b^*$ ). Outro aspecto importante observado foi que as reduções na luminosidade e a intensidade de tons vermelhos foram maiores nas amostras submetidas à secagem com temperatura maior, 80°C.

Petitot *et al.* (2010) verificaram uma luminosidade menor (67,9), que o observado nesse trabalho, para a formulação padrão (100% farinha de trigo) e, ao produzirem a massa com 65% de trigo e 35% de farinha de feijão tipo fava, tiveram o valor de  $L^*$  reduzido para 60,7, valor que se aproxima da formulação M2 (65,87). Portanto, a fortificação de massas com farinhas de leguminosas tendem a diminuir a luminosidade, o que, provavelmente, dá-se devido ao maior teor de cinzas dessas farinhas. Esses autores, novamente, observaram que a temperatura de secagem diminui ainda mais o brilho das massas e aumentam os tons de vermelho, esse comportamento pode estar relacionado à evolução da reação de *Maillard*.

Semelhante ao observado nesse trabalho para a adição de faseolamina (proteína extraída do feijão), Gallegos-Infante *et al.* (2010) verificaram diferenças, significativas, na coloração de massas elaboradas com farinha de feijão comum, nas proporções de 15% e 30%, reduzindo a luminosidade, portanto o incremento da farinha de feijão, produziu amostras mais escuras e avermelhadas.

### 5.3.3 Composição centesimal das massas alimentícias

Em relação à composição centesimal das formulações, as quais foram avaliadas as diferenças relevantes entre as médias de cada massa alimentícia e, também comparadas à massa padrão tipo talharim (sem adição de faseolamina e farinha de linhaça), estão descritas na tabela abaixo.

Tabela 25 – Resultados da composição centesimal e valor calórico das massas alimentícias.

Formulação <sup>2</sup>	Carboidratos	Proteínas	Lipídeos	Umidade	Cinzas	Valor calórico <sup>3</sup>
<b>MP</b>	64,41 <sup>a</sup> ± 0,30	12,15 <sup>c</sup> ± 0,39	7,81 <sup>a</sup> ± 0,30	7,90 <sup>a</sup> ± 0,10	1,53 <sup>c</sup> ± 0,06	376,53 <sup>a</sup> ± 1,28
<b>M1</b>	62,68 <sup>b</sup> ± 0,38	13,65 <sup>b</sup> ± 0,15	8,90 <sup>b</sup> ± 0,17	5,87 <sup>b</sup> ± 0,21	1,87 <sup>b</sup> ± 0,06	385,45 <sup>b</sup> ± 2,51
<b>M2</b>	60,37 <sup>c</sup> ± 0,56	15,89 <sup>a</sup> ± 0,29	9,30 <sup>b</sup> ± 0,17	4,30 <sup>c</sup> ± 0,30	2,23 <sup>a</sup> ± 0,06	388,77 <sup>b</sup> ± 1,02

Fonte: elaborada pelo autor.

<sup>1</sup>Letras distintas na mesma coluna apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>MP (0% de faseolamina e 0% de farinha de linhaça); M1 (10% de faseolamina e 3,96% de farinha de linhaça); M2 (15% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça);

<sup>3</sup>Valor calórico (kcal / 100 g de massa alimentícia).

Analisando a composição das massas pode-se notar que a massa padrão (MP) obteve uma média de carboidratos, significativamente mais elevada que as demais, ratificando a possibilidade de reduzir o teor de carboidratos através da fortificação das massas alimentícias com outras farinhas alternativas, seja por substituição parcial ou adição à farinha de trigo. As 3 formulações diferiram estatisticamente, sendo o maior percentual de redução observado na M2, que comparado a MP, reduziu 6,3% a quantidade de carboidratos.

É válido observar, também, que a diminuição de carboidratos pode estar mais correlacionada à quantidade de faseolamina adicionada, visto que além das formulações M1 e M2 diferirem da MP, as mesmas também diferem significativamente entre si, e ao analisar o percentual de farinha de linhaça, em ambas, vê-se que os valores são bem próximos.

Relação similar foi observada por Giuberti *et al.* (2015) que, ao elaborar espaguete adicionado de farinha de feijão, obteve redução no total de carboidratos à medida que aumentou o percentual dessa farinha. Os valores encontrados foram de 67,4% e 60,3% de carboidratos para os macarrões adicionados das quantidades de 20 g e 40 g de farinha de

feijão, respectivamente.

Reduzir as frações de carboidratos disponíveis pode levar a redução do índice glicêmico (IG) dos alimentos, e diversos autores têm sugerido ligações entre a redução do IG ao menor risco de desenvolvimento do diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e obesidade (WANDERSLEBEN *et al.*, 2018).

Relacionado ao teor proteico, todas as amostras, também, diferiram significativamente entre si. As formulações M1 e M2 apresentaram um percentual de aumento das proteínas de 12,35% e 30,78%, respectivamente, em comparação a MP. E, novamente, fica evidente que a maior influência, para esse aumento, deu-se pela adição de faseolamina (proteína extraída do feijão), assim como observado na redução de carboidratos.

Ao elaborar massas, pré-cozidas, enriquecidas com farinha de feijão branco Wójtowicz e Moscicki (2014), também, observaram essa mesma correlação, uma vez que ao aumentar quantidade de farinha de feijão, em teores que variaram de 10 a 40 gramas / 100 g, havia um incremento no percentual de proteínas, de 12,15% a 15,67%. Para a massa padrão os autores obtiveram um valor próximo (11,93%) ao encontrado nesse trabalho (12,15%). E, vale ressaltar que, os mesmos, afirmam que as formulações otimizadas poderiam ter apresentado maior teor proteico, não fosse as perdas devido ao processamento por extrusão.

Valores mais próximos aos obtidos nesse estudo foram observados por Gallegos-Infante *et al.* (2010) que apresentaram uma quantidade de 12,50% para a formulação padrão, 14,50% para massa contendo 15 g de farinha de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e 16,68% para adição de 30 g / 100 g. Outra observação importante, feita pelos autores, foi que a temperatura de secagem das massas, que variou de 60°C a 80°C, não afetou a fração proteica.

Para os teores de lipídeos foram razoavelmente previsíveis devido à adição de azeite de oliva e ovos em todas as formulações, entretanto pode-se observar diferença significativa entre a MP e as demais, M1 e M2. Embora, as massas enriquecidas (M1 – 8,9% e M2 – 9,3%) não tenham diferido entre si, o que provavelmente deu-se devido à pequena diferença de farinha de linhaça entre elas, é possível notar uma sutil tendência de linearidade positiva entre a adição de linhaça e a porcentagem de lipídeos.

A maior contribuição de lipídeos nas massas foi dada pela farinha de linhaça, a

qual é rica em ácidos graxos poli-insaturados, em números, 91% do total de ácidos graxos são insaturados, com predomínio do  $\alpha$ -linoleico (57%) e o linolênico (16%) (SECZYK *et al.*, 2017).

Ratificando a influência majoritária da farinha de linhaça no aumento de lipídeos dos macarrões, pode-se observar o baixíssimo valor encontrado por Wójtowicz e Moscicki (2014), variando de 0,13 a 0,23 gramas de gordura / 100 g de massa, para adições de 10 a 40% de farinha de feijão. E por Giuberti *et al.* (2015) que obtiveram teores de, apenas, 1,5% e 1,7% de lipídeos em espaguetes *glúten-free*, de arroz, com adição de 20 g e 40 g de farinha de feijão / 100 g de farinha de arroz, respectivamente.

Massas elaboradas com as farinhas de banana verde, grão-de-bico e milho, por Patiño-Rodríguez *et al.* (2018), apresentaram percentual de 4% de gordura, e um maior teor de umidade de 12,40%, o que pode estar correlacionado à maior quantidade de fibras das massas elaboradas por esses autores (28,48% a 32,12%).

As três formulações apresentaram diferenças significativas com relação ao teor de umidade, podendo indicar que os ingredientes atuam na variação da adsorção de umidade nas massas, mas a influência da faseolamina fica perceptível, visto que os macarrões M1 (5,87%) e M2 (4,30%), também diferiram entre si. E, assim como, nas propriedades das matérias-primas, onde a faseolamina reduziu a absorção de água e o poder de inchamento, nas massas não foi diferente, o incremento de faseolamina, diminuiu a umidade.

Umidade próxima ao encontrado nesse trabalho foi observada por Gallegos-Infante *et al.* (2010), de 6,25% para macarrão com 15 gramas de farinha de feijão e 4,75% para adição de 30 gramas, ambos submetidos à secagem a 60°C. Ressalta-se que as formulações desse estudo foram secas em estufa a 50°C, aspecto importante, uma vez que pode influenciar o percentual de umidade.

O aumento das cinzas teve correlação direta de proporcionalidade com os dois ingredientes adicionados, fato que pode ser observado pela diferença de médias das amostras, (MP-1,53%, M1-1,87% e M2-2,23%), as quais todas diferiram entre si, e principalmente quando comparadas à amostra padrão.

Giuberti *et al.* (2015) encontrou os teores de cinzas para massas com 20 gramas

de farinha de feijão de 1,4% e com 40 gramas o valor aumentou para 2,2%, valores bem próximos aos observados, também, por Wójtowicz e Moscicki (2014). Podendo-se, portanto, afirmar que o aumento obtido nesse trabalho tem influência proporcional da adição de faseolamina e farinha de linhaça.

Moura (2011) para macarrão com as farinhas de arroz e de linhaça (90:10) obteve umidade de 12% e 1,7% de cinzas, e 332,2 Kcal / 100 g do produto.

O valor calórico das formulações enriquecidas (M1 e M2) diferiu estatisticamente da massa padrão (MP), porém não diferiram entre si. O incremento calórico de M1 e M2, em relação a MP, deu-se devido aos aumentos de proteínas e lipídeos. Principalmente, devido ao percentual de gordura, considerando que o fator de conversão de Atwater é maior (9), conforme descrito na equação 7.

Martini *et al.* (2018) avaliaram o teor calórico de diferentes tipos de massas, enriquecidas com fibras, outras com proteínas e a amostra controle. E notaram a redução da energia calórica, comparado à formulação controle (363 kcal), somente, para os macarrões com alto teor de fibras (328 kcal) e para massas enriquecidas com alta quantidade de fibras e proteínas juntas (335 kcal). Nota-se que o valor encontrado, por esses autores, para o controle é bem próximo ao obtido nesse estudo (376,53 kcal / 100 g de talharim).

### ***5.3.3.1 Teor de fibras dietética insolúvel, solúvel e total***

A fortificação de produtos alimentícios com matérias-primas ricas em fibras, como a linhaça, por exemplo, ainda é considerado um impasse na indústria. No pão, por exemplo, as fibras estão associadas à redução de volume e modificações prejudiciais na textura. Em macarrões há possibilidade de influenciar no cozimento, no excesso de exsudação da massa e, também, na textura.

As fibras dietéticas tem sido amplamente reconhecidas pelos benefícios à saúde, reduzindo o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, pela modulação no metabolismo de glicose e lipídeos. A ingestão diária de 14 gramas de fibras total, para dieta com aporte energético de 1000 kcal, com base em pesquisas, demonstra proteção contra doenças coronárias (DAHL e STEWART, 2015).

Observando os resultados para os teores de fibras dietéticas podemos prever

que existe correlação com a adição dos dois ingredientes faseolamina e farinha de linhaça.

Tabela 26 – Resultados do teor de fibras insolúveis, solúveis e totais das massas alimentícias.

<b>Formulação<sup>2</sup></b>	<b>Fibra insolúvel</b>	<b>Fibra solúvel</b>	<b>Fibra total</b>
<b>MP</b>	0,87 <sup>b</sup> ± 0,06	4,73 <sup>b</sup> ± 0,25	5,60 <sup>c</sup> ± 0,26
<b>M1</b>	1,20 <sup>ab</sup> ± 0,17	5,83 <sup>a</sup> ± 0,25	7,03 <sup>b</sup> ± 0,42
<b>M2</b>	1,63 <sup>a</sup> ± 0,32	6,27 <sup>a</sup> ± 0,11	7,90 <sup>a</sup> ± 0,26

Fonte: elaborada pelo autor.

<sup>1</sup>Letras distintas na mesma coluna apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>MP (0% de faseolamina e 0% de farinha de linhaça); M1 (10% de faseolamina e 3,96% de farinha de linhaça); M2 (15% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça).

Para o percentual de fibras insolúveis apenas a formulação M2 diferiu significativamente da massa padrão (MP). Com relação à fração solúvel, as duas amostras otimizadas, M1 e M2, não foram diferentes entre si, mas ambas diferiram da MP. Já o teor total foi estatisticamente diferente para as três massas alimentícias.

Comparando o aumento percentual da fibra total a amostra M1 teve um incremento de 25,54% e a M2 de 41,07%, com relação à massa padrão. As formulações preparadas por Giuberti *et al.* (2015) obtiveram 5% e 8,9%, de fibra dietética total, para os macarrões de arroz com 20 gramas de farinha de feijão e 40 gramas, nessa ordem.

A adição de 10 gramas de farinha de grão-de-bico em formulações de espaguete à base de arroz aumentou a quantidade de fibras solúveis e insolúveis (BOUASLA; WÓJTOWICZ e ZIDOUNE, 2017).

Petitot *et al.* (2010) encontrou um valor, bem inferior ao verificado nesse trabalho, de fibras totais 2,4 g/100 g para o macarrão elaborado somente com farinha de trigo (amostra controle). Ao substituir a farinha de trigo por 35% de farinha de feijão tipo fava, o teor aumentou para 4,1 g / 100 g. Evidenciando que o enriquecimento de massas com farinhas de leguminosas influenciam positivamente na quantidade de fibra dietética.

Wójtowicz e Moscicki (2014) também tiveram os valores de fibras aumentados ao adicionar farinha de feijão branco, com percentuais variando de 10 a 40% em massas pré-cozidas, os aumentos observados foram de 1,42 a 2,13 g / 100 g.

Massa tipo talharim à base de arroz enriquecido com 10% de farinha de linhaça

apresentou 19,83% de fibra alimentar total, aproximadamente o dobro do valor obtido nesse trabalho para a formulação M1 (7,90%), adicionada de 5% de farinha de linhaça (MOURA, 2011).

Portanto, após análise dos resultados encontrados na literatura e comparando-os aos obtidos nesse estudo, podemos perceber que a influência mais significativa nos incrementos de fibras dá-se pela adição de linhaça, mas não é possível descartar a interferência da faseolamina que, embora comercializada como proteína extraída do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), não se sabe o método de extração e o nível de purificação.

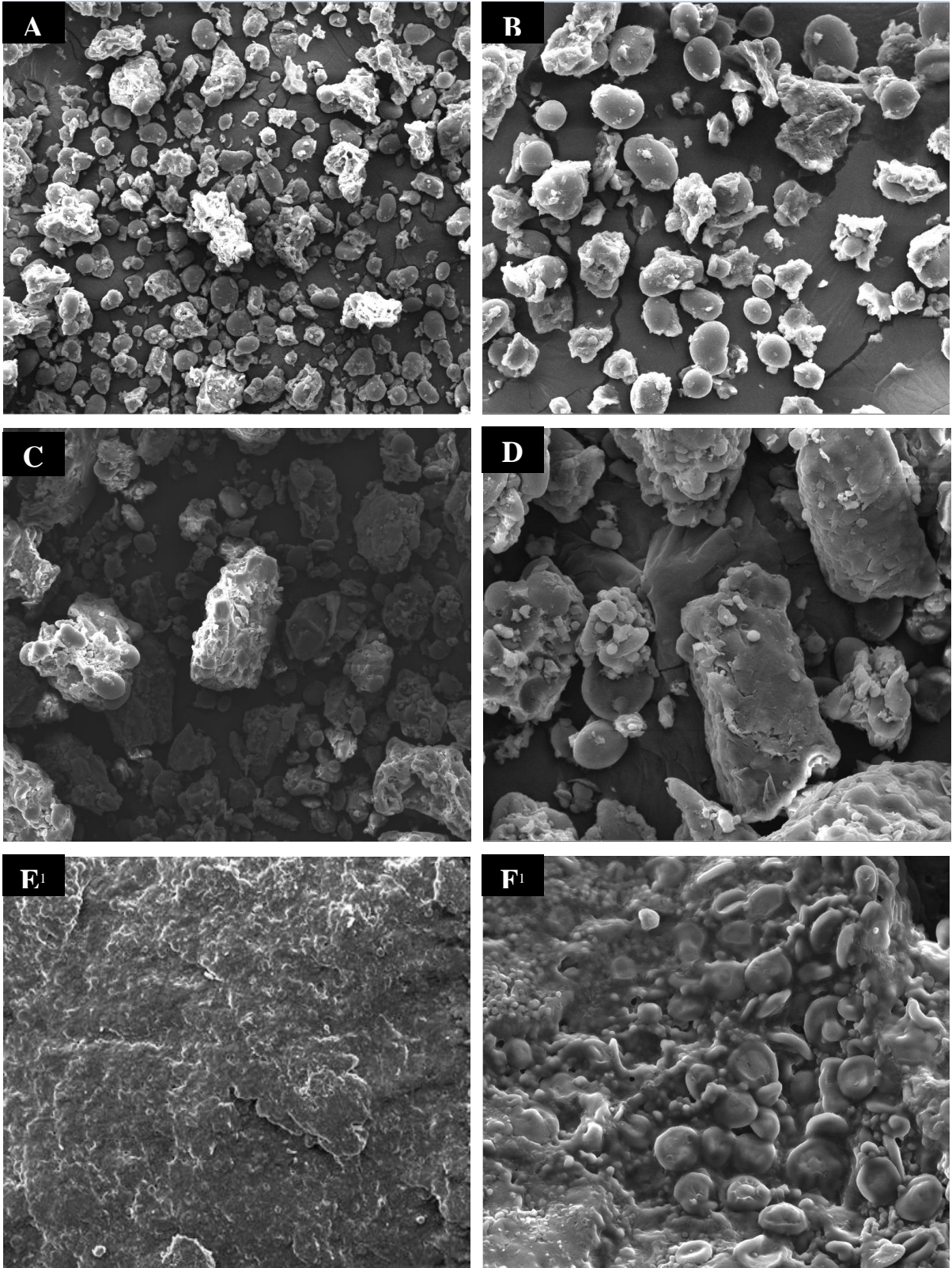
As duas massas alimentícias otimizadas, M1 e M2, conforme a resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012, podem ser consideradas como macarrões com alto teor de fibras, podendo inclusive constar a informação no rótulo, uma vez que o regulamento define esse parâmetro para alimentos com no mínimo 6 gramas de fibras por 100 gramas do produto (BRASIL, 2012). Analisando a média dos percentuais das duas formulações, M1 e M2, pode-se concluir que uma porção de 100 g dessas massas contém aproximadamente 7 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar total, correspondendo a 23% da recomendação diária deste nutriente em uma dieta de 2000 kcal.

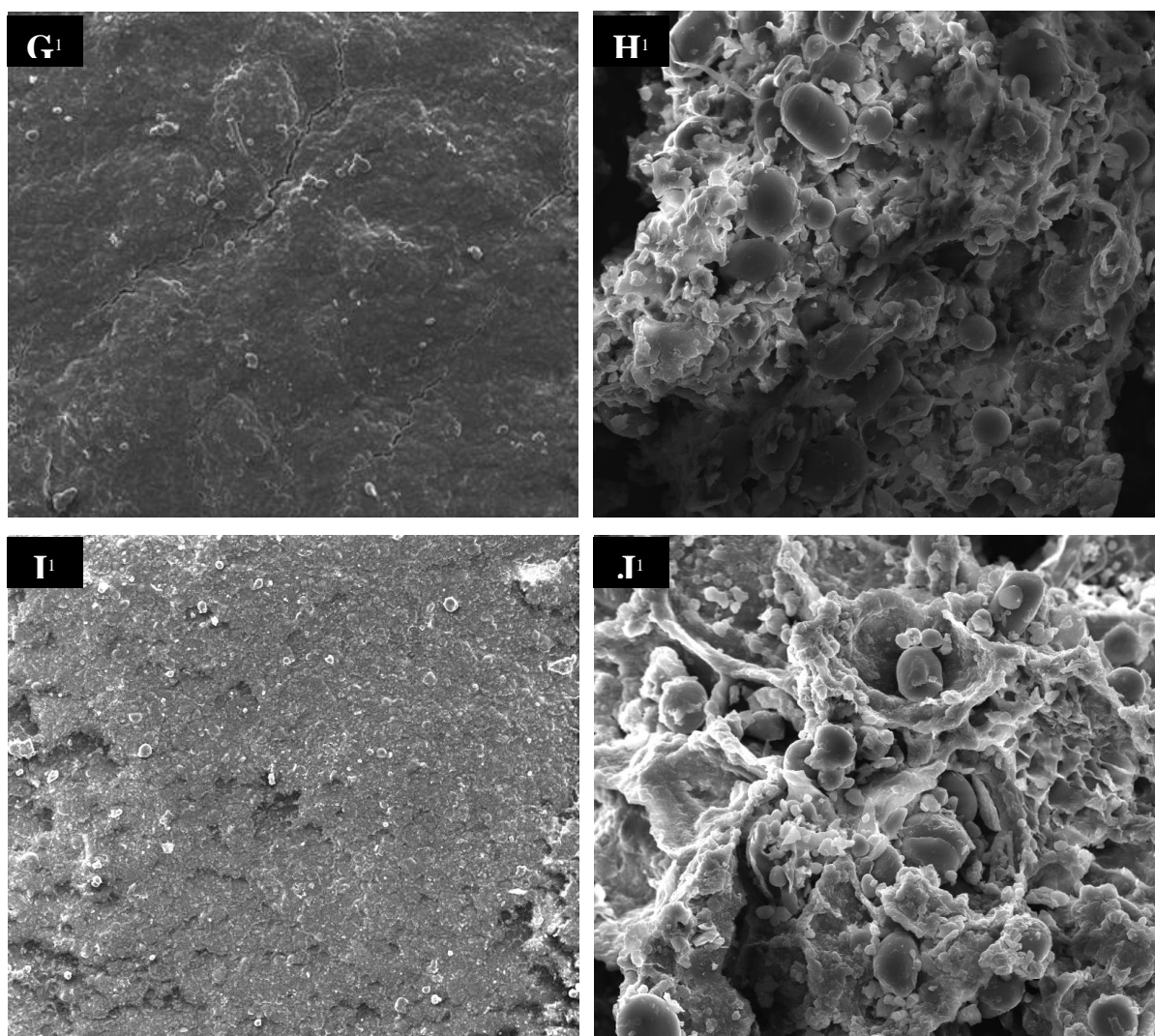
#### **5.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)**

Foram realizadas as caracterizações morfológicas das massas alimentícias otimizadas, M1 e M2, e a título de comparação foram incluídas as análises das matérias-primas, faseolamina e farinha de linhaça, e da massa padrão (MP).



Figura 17 – Microscopia eletrônica de varredura das amostras de faseolamina, farinha de linhaça e das massas alimentícias padrão (MP) e otimizadas (M1 e M2).





Fonte: dados da pesquisa.

A e B: Faseolamina; C e D: Farinha de linhaça; E e F: Formulação MP; G e H: Formulação M1; I e J: Formulação M2.

<sup>1</sup>MP (0% de faseolamina e 0% de farinha de linhaça); M1 (10% de faseolamina e 3,96% de farinha de linhaça); M2 (15% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça).

Analisando a Figura 17 e observando as imagens A e B, referentes à faseolamina, podemos perceber diversos componentes soltos e outros aglomerados, estruturas proteicas, grânulos de amido intacto, que podem ser identificados pelo formato arredondado ou ovalado, e diversas partículas menores que, segundo Muneer *et al.* (2018), pode tratar-se de moléculas de pequeno tamanho e/ou danificadas de proteínas, amidos e fibras.

Nas imagens C e D relacionadas à farinha de linhaça nota-se a presença de algumas proteínas e grânulos de amidos, e fibras. Muneer *et al.* (2018), descreve as fibras como moléculas que possuem um formato mais aberto, chamado pelos autores tipo “folhas”.

Ao observarmos as imagens E, G e I das massas alimentícias, podemos perceber que as formulações M1 e M2, enriquecidas com faseolamina e farinha de linhaça,

apresentaram superfície mais lisa, menos rugosa e compacta, quando comparadas a massa padrão (MP). Aspecto semelhante foi observado por Wójtowicz e Moscicki (2014) em massas contendo 20 gramas de farinha de feijão branco, porém ao aumentar a adição para 40 g de farinha de leguminosas, os autores obtiveram massas com comprometimentos negativos na superfície. Bouasla *et al.* (2017) também verificaram comportamento similar para macarrão fortificado com grão-de-bico, os autores alegaram que, provavelmente, o percentual de lipídeos, aumentado pela adição dessa farinha, tenha atuado como “lubrificante” durante o processamento da massa, daí a superfície mais lisa.

Através da microscopia eletrônica não foi possível observar danos à rede do glúten proporcionadas pela adição de farinhas não formadoras da rede de glúten (faseolamina e farinha de linhaça) nas proporções estudadas, sendo um ponto extremamente positivo para a qualidade tecnológica do produto.

Nas imagens F, H e J ficam ainda mais claros os resultados obtidos nas propriedades de hidratação das farinhas mistas e de qualidade de cozimento das massas, vê-se que os dois ingredientes adicionados, faseolamina e farinha de linhaça, exercem papel protetor aos grânulos de amido. Na massa padrão (imagem F) podem-se ver mais amidos na superfície e danificados. Na formulação M1 (imagem H) a quantidade de amido na superfície reduz, além de apresentarem-se mais intactos. O mesmo efeito é observado na amostra M2 (imagem J), onde o amido superficial reduz drasticamente, quando comparados à MP, e com aparência mais intacta.

A rede formada pela interação de proteínas e fibras, visíveis nas imagens H e J, favoreceu o aprisionamento dos grânulos de amido, com aparências mais preservadas o que pode justificar a menor perda de sólidos nessas massas, que foram de 0,16% para M1 e 0,11% para M2, inclusive quando comparadas a MP (imagem F) que foi de 0,27%. Observações similares a essas foram descritas por Moura (2011) em formulações à base de arroz adicionadas com 10% de farinha de linhaça.

Além disso, a interação proteínas-fibras muito provavelmente pode ter corroborado para que o tempo de cozimento dessas massas tenham sido os menores (M1 10,17 min. e M2 9 min.), uma vez que algumas moléculas de água podem ficar retidas, auxiliando na gelatinização do amido no centro da massa. Como explicado, anteriormente, alguns autores associam esse fato à ruptura do glúten, principalmente, devido à presença de fibras e, conseqüente, penetração de água ao centro das massas alimentícias. Na MP onde não foi observada essa interação (imagem F) o tempo de cozimento foi superior, precisando de

15,17 minutos, para atingir a total gelatinização do amido, observado através do desaparecimento da linha central.

## 5.5 Ensaio biológico

O ensaio biológico foi realizado com os objetivos de estimar o índice glicêmico das massas fortificadas, M1 e M2, e avaliar as consequências do consumo dessas massas diariamente, observando os aspectos fisiológicos dos animais. Para efeito de comparações, também, foi avaliado a massa padrão (MP).

Como já citado anteriormente, foram utilizados um total de 30 animais, separados em 3 grupos com 10 animais cada. O experimento seguiu a seguinte divisão: Grupo 1 recebeu a amostra controle, MP, o Grupo 2 a formulação M1 e o Grupo 3 a massa M2.

### 5.5.1 Índice glicêmico (IG) das massas alimentícias

O conceito de Índice Glicêmico (IG) foi introduzido para classificar os diferentes tipos de alimentos ricos em carboidratos com relação ao seu efeito sobre a glicemia pós-prandial. A resposta glicêmica pode ser avaliada por duas metodologias: análises *in vitro* e *in vivo*. Ambos os métodos apresentam limitações, a técnica *in vitro* foi desenvolvida apenas para estimar um valor aproximado, é baseado na digestão simulada do amido, porém não considera as respostas metabólicas do corpo humano. Já os testes *in vivo* podem ter influências não mensuráveis, tais como o próprio metabolismo, a saudabilidade dos indivíduos (CAPRILES e AREAS, 2016).

Assim, os alimentos podem ser classificados em três categorias de IG: baixo ( $\leq 55$ ), médio (55-69) e alto ( $\geq 70$ ). Existe um elevado interesse em reduzir o IG de produtos com rápida digestibilidade, uma vez que uma digestão mais prolongada de alimentos com baixo IG, promovendo uma pequena elevação da glicose após a refeição, pode diminuir o risco de diabetes *mellitus* tipo 2 a longo prazo e pode ser benéfico na prevenção e controle da obesidade, e fatores de riscos metabólicos (FOSTER-POWELL; HOLT e BRAND-MILLER, 2002; BRAND-MILLER *et al.*, 2009).

As farinhas oriundas de sementes de leguminosas, devido a sua baixa digestibilidade relacionada às propriedades físicas e estruturais inerentes ao tipo de amido e interações com os demais constituintes, geralmente apresentam maior conteúdo de amido

resistente e menor IG quando comparadas aos grãos de cereais (HOOVER e ZHOU, 2003; SANDHU e LIM, 2008).

Os índices glicêmicos dos macarrões foram avaliados, conforme metodologia previamente descrita, definindo-os com a área incremental sob uma curva, de respostas de duas horas, de glicose no sangue, após 12 horas de jejum e ingestão do alimento teste (WOLEVER *et al.*, 1991).

Para efeitos comparatórios os dados para construção da curva glicêmica e cálculo do índice glicêmico esperado, para cada formulação, foram coletados em dois dias diferentes no decorrer do experimento. Os valores estão descritos na tabela abaixo, os testes de comparação de médias foram aplicados para as diferentes amostras nos dois dias de aferições, a fim de verificar a diferença significativa do IG das três massas alimentícias.

Importante ressaltar que anteriormente à administração das amostras foi aferida a glicemia em jejum, no primeiro dia de análise do índice glicêmico foram observadas as seguintes médias, o grupo 1 (MP) apresentou glicemia média de 110,5 mg/dL, o grupo 2 (M1) 94 mg/dL e o grupo 3 (M2) 82,6 mg/dL.

No segundo dia de aferição do IG as médias da glicemia em jejum obtidas foram estas: grupo 1 (MP) 122,2 mg/dL, o grupo 2 (M1) 91,9 mg/dL e o grupo 3 (M2) 82,7 mg/dL.

Tabela 27 – Resultados do índice glicêmico (IG) das formulações das massas alimentícias.

<b>Formulação<sup>2</sup></b>	<b>IG dia 1</b>	<b>IG dia 2</b>	<b>IG médio</b>
<b>MP</b>	64,83 <sup>a</sup> ±2,55	59,89 <sup>a</sup> ±3,92	62,36 <sup>a</sup> ±2,47
<b>M1</b>	34,44 <sup>b</sup> ±0,90	38,73 <sup>b</sup> ±1,12	36,58 <sup>b</sup> ±2,14
<b>M2</b>	24,75 <sup>c</sup> ±1,52	21,59 <sup>c</sup> ±3,79	23,17 <sup>c</sup> ±1,57

Fonte: elaborada pelo autor.

<sup>1</sup>Letras distintas na mesma coluna apresentam diferenças significativas entre diferentes formulações, ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>MP (0% de faseolamina e 0% de farinha de linhaça); M1 (10% de faseolamina e 3,96% de farinha de linhaça); M2 (15% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça).

Comparando os valores glicêmicos entre as diferentes amostras, veem-se que as três diferiram entre si, tais diferenças foram observadas nos dois dias de verificações, e inclusive na média do IG. As formulações M1 obteve uma redução média de 41,34% e a M2 de 62,84%, quando comparadas ao IG médio da massa padrão.

Outro ponto importante a ser analisado é que as massas otimizadas foram diferentes entre si, levando-nos a possibilidade de afirmar que a maior influência sobre essa diferença se dá a adição de faseolamina, visto os percentuais de cada ingrediente nas

formulações. A massa M2 apresentou um IG médio 36,66% menor que o IG da M1.

Mas, bem como revisado por Svihus e Hervik (2016), o IG é baseado na digestão do amido, nos alimentos onde o principal componente é o carboidrato, todas as mudanças a nível estrutural, durante o processamento, seja através de adição de outros ingredientes, alterações na temperatura, pressão e etc, podem afetar a taxa de digestão do amido e, assim, afetar a absorção de glicose.

A esse respeito, Schuchardt *et al.* (2016) publicaram que a presença de fibras solúveis, como por exemplo inulina e glucano, podem ligar-se aos grânulos de amido no processamento de produtos de panificação, minimizando os danos do amido, e, portanto, reduzindo a vulnerabilidade enzimática. Os autores elaboraram biscoitos com farinhas ricas em fibras e obtiveram uma redução do índice glicêmico. Diante do exposto não se pode desconsiderar a influência da farinha de linhaça, embora em menor quantidade, na redução do IG.

Na Tabela Internacional de Índice Glicêmico dos Alimentos (FOSTER-POWELL; HOLT e BRAND-MILLER, 2012) o IG médio para massa alimentícia branca, produzida somente com farinha de trigo, é de  $67 \pm 10$ , valor próximo ao verificado nesse estudo. Portanto, com base nos dados Tabela 26, a adição dos ingredientes Faseolamina e Farinha de linhaça, foram primordiais na redução do IG de ambas as formulações M1 e M2.

Chillo *et al.* (2011) avaliaram formulações de espaguete adicionadas de  $\beta$ -glucano e concentrados de cevada, os IG's foram analisados *in vivo*, homens e mulheres saudáveis. O valor obtido para a massa controle, sem adições, elaborado com trigo *durum* foi similar ao encontrado nesse trabalho, de 64. A fortificação da massa com 10% de cevada reduziu o IG para 30.

A particularidade das farinhas de leguminosas de serem de baixa digestibilidade e, geralmente, apresentarem maior conteúdo de amido resistente, foi avaliada por Giuberti *et al.* (2015) que ao produzir espaguete à base de arroz adicionados de farinha de feijão obteve maior percentual de amido resistente e menor índice glicêmico esperado (IGe), analisados *in vitro*. O macarrão controle, somente com farinha de arroz, apresentou IGe de 61 e 11,2% de amido resistente, já a formulação com 40% de farinha de feijão, reduziu o IGe para 31 e aumentou o teor de amido resistente para 30,2%.

Novotni *et al.* (2012) alterou o processo de fermentação de pão sem glúten enriquecido com farinha de sorgo, foi realizada a verificação do IG *in vivo*, com indivíduos saudáveis, e a proporção de 15 gramas de sorgo resultou em menor IG,  $52 \pm 3$ , quando comparado ao pão padrão,  $68 \pm 7$ .

Um suplemento comercial dietético, *Phase 2*<sup>®</sup>, derivado do feijão branco comum (*Phaseolus vulgaris* L.), Faseolamina, foi avaliado por Udani *et al.* (2009). O estudo foi realizado com indivíduos saudáveis, que receberam doses de 1500 mg a 3000 mg, misturados à manteiga que foi espalhada no pão branco, com objetivo de verificar a redução no IG do pão. As reduções só foram notadas a partir da adição de 2000 mg (2 cápsulas), reduzindo o IG de 59,3 para 45,1 e 39,1.

### **5.5.2 Parâmetros fisiológicos**

Todos os animais aceitaram bem o consumo diário das formulações, administrado através de gavagem, não houve mortalidade e nem foram observadas anomalias ou mudanças comportamentais correlacionadas à dieta, o experimento teve uma duração total de 57 dias.

Foram realizados o monitoramento do peso e o acompanhamento dos comportamentos no consumo de ração e de água, as medições foram realizadas a cada três dias, e da glicemia em jejum semanalmente.

Na Tabela 28 pode-se observar que não houve diferença, estatisticamente, significativa no ganho de peso dos três grupos, embora os grupos que receberam as formulações otimizadas tenham apresentado discreto aumento de peso, quando comparados ao grupo que recebeu a massa padrão.

Tabela 28 – Resultados do índice glicêmico (IG) das formulações das massas alimentícias.

Formulação <sup>2</sup>	Ganho de peso (g)	Consumo médio de ração (g / dia)	Consumo médio de água (mL / dia)	CEA <sup>3</sup>
<b>MP</b>	5,8 <sup>a</sup> ± 0,17	35,0 <sup>a</sup> ± 6,24	54,0 <sup>b</sup> ± 4	16,9 <sup>a</sup> ± 2,81
<b>M1</b>	6,0 <sup>a</sup> ± 0,26	39,0 <sup>a</sup> ± 2,64	62,67 <sup>ab</sup> ± 6,5	15,46 <sup>a</sup> ± 1,61
<b>M2</b>	6,3 <sup>a</sup> ± 0,35	42,6 <sup>a</sup> ± 4,72	75,0 <sup>a</sup> ± 10,44	14,50 <sup>a</sup> ± 0,81

Fonte: elaborada pelo autor.

<sup>1</sup>Letras distintas na mesma coluna apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>MP (0% de faseolamina e 0% de farinha de linhaça); M1 (10% de faseolamina e 3,96% de farinha de linhaça); M2 (15% de faseolamina e 5% de farinha de linhaça);

<sup>3</sup>CEA: Coeficiente de Eficiência Alimentar (%).

Em relação ao consumo médio de ração, não foi observado efeito da administração das massas alimentícias fortificadas, M1 e M2, já que a ingestão diária de ração desses grupos foi estatisticamente igual ao grupo que recebeu a massa padrão (Grupo controle). Adicionalmente, não houve diferença significativa no coeficiente de eficiência alimentar, o que era esperado, uma vez que esse parâmetro avalia a eficiência da dieta, correlacionando o ganho ou perda de peso e o consumo alimentar.

Matias (2007) ao suplementar a ração de camundongos por 28 dias com farinha de linhaça obteve um consumo médio de 25,8 g e o CEA de 28,9%, e com farinha de amaranto o consumo caiu para 24,7 g e o CEA 28,4%. Vê-se que os valores encontrados são menores que os observados nesse estudo, o que pode ser explicado pelo teor de fibras, visto que o autor adicionou 12,9 gramas de farinha de linhaça e na ração contendo amaranto foram acionadas 74 gramas.

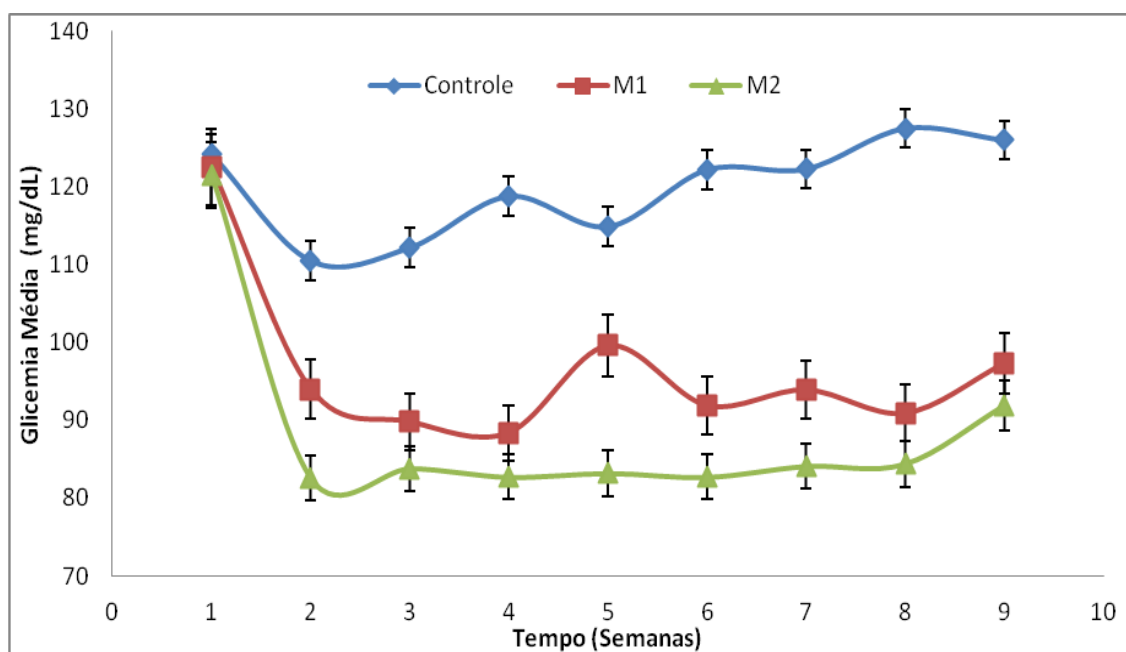
Na Tabela 28, o único indicador que diferiu significativamente foi o consumo hídrico, vê-se que a quantidade de água consumida pelo o grupo que consumiu a M2 é maior quando comparado ao grupo padrão.

Relacionado ao acompanhamento glicêmico, foram realizadas no total 9 observações, sendo a primeira no período de adaptação dos animais ao ambiente, ainda não haviam sido suplementados. Da segunda verificação em diante, camundongos foram alimentados diariamente, uma vez ao dia, com as formulações padrão (MP) e otimizadas (M1 e M2), separados em grupos conforme já citado. Vale ressaltar que as verificações foram programadas e os animais ficavam 12 horas em jejum.



A redução da glicemia é notória para os grupos que receberam as formulações M1 e M2 quando comparadas ao grupo que recebeu a MP, como podemos observar no gráfico abaixo (Figura 18). Ressaltando que administração das massas alimentícias tem correlação causa e efeito com a redução glicêmica, efeitos esses que foram revisados em detalhes por Barret e Udani (2011), onde relatam os achados de alguns estudos que demonstraram a ação da Faseolamina em reduzir a absorção de carboidratos, através da inibição da enzima  $\alpha$ -amilase, portanto, com conseqüente redução glicêmica, fato que pode explicar a redução observada nesse estudo.

Figura 18 – Valores médios da Glicemia em jejum dos animais observados no decorrer do experimento.



Fonte: dados da pesquisa.

Comportamentos fisiológicos similares foram observados por Pereira (2011), que ao administrar farinha de feijão branco a animais por um período de 21 dias, obteve manutenção do peso, o padrão de consumo médio (29,1 g/dia), menor que o observado nesse estudo, e o coeficiente alimentar de 22%. A autora não obteve redução na glicemia, porém vale ressaltar que foi utilizado farinha de feijão branco, a qual foi avaliada a inibição da  $\alpha$ -amilase e foi encontrado um valor bem abaixo, com relação à Faseolamina utilizada nesse trabalho.

A Unidade de Inibição (UI) do extrato utilizado por Pereira (2011) foi de 58,8 UI / g de farinha de feijão branco, na presença de fluido gástrico, e de 54 UI/g, na ausência do fluido. Já a atividade de inibição da Faseolamina adicionada nas massas alimentícias desse trabalho, M1 e M2, é de 3275 UI / g de Faseolamina, conforme laudo do fornecedor, inserido no Anexo 1, bem superior ao utilizado no estudo acima.

## 6 CONCLUSÃO

As formulações de farinhas mistas estudadas mostraram-se com potencial de uso nas indústrias alimentícias, principalmente para elaboração de alimentos com baixo teor de umidade, tendo em vista que adições de faseolamina, até 12 gramas, apresentou tendências em reduzir o percentual de absorção de água.

As massas alimentícias apresentaram bons parâmetros de cozimento, índices considerados primordiais, tais como a perda de sólidos na água de cozimento demonstraram valores baixos, considerando-as como massas de boa qualidade. A adição da faseolamina em percentuais a partir de 8 gramas influenciou positivamente no tempo de cozimento, reduzindo-o. O processamento proposto foi considerado eficiente tecnologicamente, podendo ser indicado para obtenção de novas formulações de massas alimentícias tipo talharim.

O enriquecimento das farinhas com Faseolamina e Farinha de linhaça, em percentuais de 10 a 15%, e 3,96 a 5%, mostrou-se capaz de alterar o valor nutricional das massas, com redução no teor de carboidratos, incrementos na proteína e lipídeos, destacando-se o aumento de fibras.

O teor de fibras foi positivamente afetado pela fortificação dos macarrões, obtendo-se o incremento de fibra dietética total de 25 a 41%, podendo ser rotulados como alimentos ricos em fibras.

A interação dos dois ingredientes adicionados não afetou negativamente a superfície das massas, a qual, conforme visualizações do MEV, as mesmas se apresentaram aspecto mais liso, com poucas rugosidades e mais compacta.

Os valores obtidos para o Índice Glicêmico (IG) das massas com a hipótese do estudo de que o incremento desses ingredientes pode ser efetivo para reduzir o IG de alimentos. E, com os achados já citados na literatura, essa redução pode ser mais influenciada pela Faseolamina. Foi possível elaborar massas alimentícias consideradas de baixo índice glicêmico ( $\leq 55$ ), esses alimentos têm sido associados na prevenção do desenvolvimento de

diabetes *mellitus* tipo 2.

Nos parâmetros fisiológicos as formulações apresentaram potencial em reduzir a glicemia de jejum, os resultados observados no teste *in vivo*, pode ratificar as hipóteses já verificadas em diversos estudos, de que a Faseolamina reduz o percentual de absorção de carboidratos, com conseqüente redução no perfil glicêmico do indivíduo.

Podendo-se, então, concluir que a massa alimentícia adicionada de Faseolamina e Farinha de linhaça quando comparada a uma massa tipo talharim convencional, apresenta-se como ótima alternativa para o consumo de alimentos mais saudáveis, ricos em fibras alimentares, e com potencial de atuar na prevenção de doenças ou alterações metabólicas.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN ASSOCIATION CEREAL CHEMISTS. **Approved methods**. 10. ed. Saint Paul: AACC, 2000.
- AMERICAN ASSOCIATION CEREAL CHEMISTS. **Approved methods**. 8. ed. Saint Paul: AACC, 1995.
- ABIMAPI (Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Bolos Industrializados), 2016. Disponível em: <http://www.abimapi.com.br/estatistica-massas.php>. Acesso em: 01 de jun. 2018.
- ADLERCREUTZ, H. Lignans and human health. **Crit Rev Clin Lab Sci** [s. l.], v.44, n.5, p.483–525, 2007.
- AI, Y.; CICHY, K.A.; HARTE, J.B.; KELLY, J.D.; NG, P.K.W. Effects of extrusion cooking on the chemical composition and functional properties of dry common bean powders. **Food Chemistry**. [s. l.], v. 211, p. 538-545, 2016.
- AJILA, C.M.; AALAMI, M.; LEELAVAVATHI, K.; RAO PRASADA, U.J.S. Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. [s. l.], v.11, p.219-224, 2010.
- ALLMAN, M.A.; PENA, M.M.; PANG, D. Supplementation with flaxseed oil versus sunflower seed oil in healthy Young men consuming a low fat diet. **European Journal of Science Nutrition**. [s. l.], v.49, p.169-178, 1995.
- ALMANZA-BENITEZ, S.; OSORIO-DÍAZ, P., MÉNDEZ-MONTEALVO, G., ISLAS-HERNÁNDEZ, J.J., BELLO-PEREZ, L.A. Addition of acid-treated unripe plantain flour modified the starch digestibility, indigestible carbohydrate content and antioxidant capacity of semolina spaghetti. **Food Science and Technology**. [s. l.], v. 62, p.1127-1133, 2015.
- ALVIM, I.D. **Produção e caracterização de micropartículas obtidas por spray drying e coacervação complexa e seu uso para alimentação de larvas de peixes**. 2005. 277p. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN, L.Jr. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 4-11, 1969.
- ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **J Vasc Br**. [s. l.], v .3, n. 2, p. 145-154, 2004.
- ANTOGNELLI, C. The manufacture and application of pasta as food and as food ingredient: a review. **J Food Technology**. [s. l.], v.15, p. 125-145, 1980.
- ATHAYDE, A. Indústrias agregam conveniências aos novos produtos. **Engenharia de Alimentos** [s. l.], v. 24, p. 39-41, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18. ed. Gaithersburg: AOAC, 2010.

AOKI, M; MURAOKA, T; ITO, Y; TOGASHI, Y.; TERAUCHI, Y. Comparison of adverse gastrointestinal effects of acarbose and miglitol in healthy men: A crossover study. **Internal Medicine**. [s. l.], v. 49, p. 1085-1087, 2010.

BAE, W.; LEE, B.; HOU, G.G.; LEE, S. Physicochemical characterization of whole-grain wheat flour dough system for bake off technology. **Journal of Cereal Science**. [s. l.], v. 60, p. 520-525, 2014.

BARBOSA, M.C.A. **Avaliação tecnológica de massas alimentícias de farinha mista de trigo e soja sem lipoxigenases**. 2002. 112p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2002.

BHATTACHARYA, K.; ZEE, S.Y.; CORKE, H. Physicochemical properties relates to quality of rice noodles. **Cereal Chemistry**. [s. l.], v.76, n. 6, p.861-867, 1999.

BIERENBAUM, M.L; REICHSTEIN, R.; WATKINS, T.R. Reducing atherogenic risk in hyperlipemic humans with flaxseed supplementation: A preliminary report. **Journal of American College Nutrition**. [s. l.], v. 12, p. 501-504, 1993.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P.A. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 2001.

BONATTO, F; KENNEDY, M. Manual de boas práticas: fabricação de macarrão com ovos. **Fertay Ind.e Comercio de Alimentos**, Ponta Grossa, PR, 2008.

BOUASLA, A.; WÓJTOWICZ, A.; ZIDOUNE, M. N. Gluten-free precooked rice pasta enriched with legumes flours: Physical properties, texture, sensory attributes and microstructure. **Food Science and Technology**. [s. l.], v. 75, p. 569-577, 2017.

BOWMAN, D.E. Amylase inhibitor of navy bean. **Science**. [s. l.], v.102, p.358–359, 1945.

BRANDÃO, S. C. C. Novas gerações de produtos lácteos funcionais. **Indústria de laticínios**. [s. l.], v. 6, n. 37, p. 64-66, 2002.

BRAND-MILLER, J.; MCMILLIAN-PRICE, J.; STEINBECK, K.; CATERSON, I. Dietary glycemic index: Health implications **The Journal of the American College of Nutrition**. [s. l.], v. 28, p. 446-449, 2009.

BARRETT, M.L.; UDANI, J.K. A proprietary alpha-amylase inhibitor from white bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review of clinical studies on weight loss and glycemic control. **Nutrition J**. [s. l.], v. 10, p. 24-33, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000. Dispõe e regula sobre o regulamento técnico para fixação de

padrões e identidade e qualidade de massas alimentícias. **Ministério da Saúde**, Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Dispõe e regula sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília: **Ministério da Saúde**, 2001.

BRASIL. Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária de 1978. Dispõe sobre padrões de diversos os produtos alimentícios. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1978.

BRASIL. Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº60, de 06 de setembro de 2007 (Anvisa). Aprova o Regulamento Técnico sobre “Atribuição de aditivos e seus limites máximos para a categoria de alimentos 6: Cereais e Produtos de ou a Base de Cereais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº344, de 13 de dezembro de 2002 (Anvisa). Aprova o Regulamento Técnico para a Fortificação de Farinhas de Trigo e das Farinhas de Milho com Ferro e Ácido Fólico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012.

BRITES, C.M.; TRIGO, M.J.; CARRAPIÇO, B.; ALVIÑA, M., BESSA, R.J. Maize and resistant starch enriched breads reduce postprandial glycemic responses in rats. **Nutr Res.** [s. l.], v. 31, p. 302-308, 2011.

BROUGHTON W.J., HERNÁNDEZ G., BLAIR M., BEEBE S., GEPTS P.; VANDERLEYDEN J. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. **Plant Soil.** [s. l.], v.252, p.55-128, 2003.

BROUNS, F.; BJORCK, I.; FRAYN, K.N.; GIBBS, A.L.; LANG, V.; SLAMA, G.; WOLEVER, T.M.S. Glycaemic index methodology. **Nutrition Research Reviews.** [s. l.], v. 18, p.145-171, 2005.

CAFÉ, Sônia L.; FONSECA, Paulo S. M.; AMARAL, Gisele F.; MOTTA, Maria. F. S. R.; ROQUE, Carlos A. L.; ORMOND José G. P. Cadeia Produtiva do Trigo. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.18, set.2003.

CALDERELLI, V. A. S., DE BENASSI, M. T., VISENTAINER, J. V., & MATIOLI, G. Quinoa and flaxseed: Potential ingredients in the production of bread with functional quality. **Brazilian Archives of Biology and Technology.** [s. l.], v. 53, n. 4, p. 981-986, 2010.

CAVALCANTE NETO, A. A. **Desenvolvimento de massas alimentícias mista de farinha de trigo e mesocarpo de babaçu (*Orbignya sp.*)**. 2012. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CANADIAN GRAIN COMMISSION. Canada Western fl axseed and of yellow fl axseed samples. Manitoba. (Nutritional profile of n.1 Winnipeg), 2001.

CAPRILES, V.D.; AREAS, J. A. G. Approaches to reduce glyceic response of gluten-free products: In vivo and in vitro studies. **Food Function**. [s. l.], v. 7, p. 1266-1271, 2016.

CARTER J.F. Potential of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. **Cereal Food World**. [s. l.], v. 38; n. 10, p.753-759, 1993.

CARVALHO, G. A. **Enriquecimento de sorvete com microrganismos probióticos**. 2006. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CASTRO, I.A.; BARROSO, L.P.; SINNECKER, P. Functional foods for coronary heart disease risk reduction: a metaanalysis using a multivariate approach. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 82, n. 1, p. 32-40, 2005.

CELLENO L., TOLAINI M.V., D'AMORE A., PERRICONE N.V.; PREUSS H.G. A dietary supplement containing standardized *Phaseolus vulgaris* extract influences body composition of overweight men and women. **Int J Med Sci**. [s. l.], v. 4, p. 45-52, 2007.

CHIANG, P.Y.; YEH, A.I.; Effect of soaking on wet-milling of rice. **Journal of Cereal Science**. [s. l.], v. 35, p. 85-94, 2002.

CHILLO, S.; LAVERSE, J.; FALCONE, P.M.; PROTOPAPA, A.; DEL NOBILE, M. A. Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. **Journal of Cereal Science**. [s. l.], v. 47, p. 144-152, 2008.

CHILLO, S.; MONRO, J.A.; MISHRA, S.; HENRY, C.J. Effect of incorporating legume flour into semolina spaghetti on its cooking quality and glycaemic impact measured in vitro. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**. [s. l.], v. 61, p. 149-160, 2010.

CHILLO, S.; RANAWANA, D. V.; PRATT, M.; HENRY, J. K. Glycemic response and glycemic index of semolina spaghetti enriched with barley  $\beta$ -glucan. **Nutrition**. [s. l.], v. 27, p. 653-658, 2011.

CHOKSHI, D.; Toxicity Studies of Blockal, a Dietary Supplement Containing Phase 2 Starch Neutralizer (Phase 2), a Standardized Extract of the Common White Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris*). **Int J of Toxic**. [s. l.], v. 25, p. 361-371, 2006.

CHOKSHI, D.; Subchronic oral toxicity of a standardized white kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) extract in rats. **Food and Chemical Toxicology**. [s. l.], v. 45, p. 32-40, 2007.

CHUNG, H.; LIU, Q.; PAULS, K.P.; FAN, M.; YADA, R. *In vitro* starch digestibility,

expected glycemic index and some physicochemical properties of starch and flour from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in Canada. **Food Research International**. [s. l.], v. 41, p. 869-875, 2008.

CIACCO, C. F.; CHANG, Y.K. **Tecnologia de massas alimentícias**. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 1982. 187p. (Série Tecnologia Agroindustrial).

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Como fazer massas**. São Paulo: Editora da Unicamp, 1986.

COMELLI, C.; CHIARINI, E.; PRADO, S. P. T.; OLIVEIRA, M. A.; BERGAMINI, A. M. M. Avaliação microbiológica e da rotulagem de massas alimentícias frescas e refrigeradas comercializadas em feiras livres e supermercados. **Alim. Nutr., Araraquara**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 251-258, 2011.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. **Colorimetry 2<sup>nd</sup>**. (Publication CIE, 15), Viena, 1986.

CREDIDIO, E. Propriedades nutricionais da linhaça. 2005. Disponível em: [http://www.abran.org.br/inf\\_artigos/123.htm](http://www.abran.org.br/inf_artigos/123.htm). Acesso em: 10 jun. 2018.

CUI, W. Flaxseed: a functional food for the 21<sup>st</sup> century. **Canadian Chemistry News**. [s. l.], v. 5, n. 5, p. 19, 1998.

CUNNANE, S.C.; GANGULI, S.; MENARD, C; LIEDE, A.C.; HAMADEH, M.J.; CHENG, Z-Y.; WOLEVER, T.M.S.; JENKINS, D.J.A. High-linolenic acid flaxseed (*Linum usitatissimum* L): some nutritional properties in humans. **Journal of Nutrition**. [s. l.], v. 69, p. 443-453, 1998.

DAHL, W. J.; STEWART, M.L. Position of the academy of nutrition and Dietetics: Health implications of dietary fiber. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**. [s. l.], v. 115, p. 1861-1870, 2015.

DAUN, J.K.; BARTHET, V.J.; CHORNICK, T.L.; DUGUID, S. Structure, composition, and variety development of flaxseed. In: THOMPSON, L.U.; CUNNANE, S.C. **Flaxseed in human nutrition**. 2. ed. Champaign IL.: AOCS Press, p. 1-40, 2003.

DEBBOUZ, A.; PITZ, W.J.; MOORE, W.R.; D'APPOLONIA, B.L. Effect of bleaching on durum wheat and spaghetti quality. **Cereal Chemistry**. [s. l.], v. 72, p. 128-131, 1995.

DICK, J. W.; YOUNGS, V. L. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in the United States. **American Association Chemistry and Technology**. [s. l.], p. 237-248, 1988.

DICK, J.W.; MATSUO, R.R. Durum wheat and pasta products. In: Pomeranz Y, editor. **Wheat chemistry and technology**, v. 2. St. Paul, MN: AACC, 1988.

DONNELLY B.J. Pasta: raw materials and processing. In: Lorenz KJ, Kulp K, editors. **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker. p.763-92, 1991.



DONNELLY, B. J. Pasta products: raw material, technology, evaluation. **The Macaroni Journal**. [s. l.], v. 61, p. 6-7, 10, 12, 14-15, 18, 1979.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2007.

ENGLYST, H. N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fraction. **European Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 46. p. 33-50, 1992.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinhas mistas na produção de massas alimentícias**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. v.5, 38 p, 1994.

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). Carbohydrates in human nutrition. Report of a joint FAO/WHO expert consultation Food and Agriculture Organization. Rome, 1998.

FASANO A. Zonulin and its regulation of intestinal barrier function: the biological door to inflammation, autoimmunity and cancer. **Physiol Rev** [s. l.], v. 91, n.1, p.151-75, 2011.

FENG, G. H. *et al.*;  $\alpha$ -amylase inhibitors from wheat: amino acid sequences and patterns of inhibition of insect and human  $\alpha$ -amylases. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, [s. l.], v. 26, n. 5, p. 419-426, 1996.

FERNANDES, CALOCA. **Viagem gastronômica através do Brasil**. 7. ed. São Paulo: Editora SENAC, 2000.

FERREIRA, S. L. R.; MELLO, A.P.; ANJOS, M. C. R.; KRUGER, C. H.; AZOUBEL, P. M.; ALVES, M. A. O. Utilization of sorghum, rice, corn flours with potato starch for the preparation of gluten-free pasta. **Food Chemistry**. [s. l.], v. 191, p. 147-151, 2016.

FIORDA, F.A. **Bagaco e fécula de mandioca na elaboração de farinhas cruas e pré-gelatinizadas, snacks e macarrões instantâneos com amaranto**. 2011. 180 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia., 2011.

FITZPATRICK, K. North America flax facts important questions & answers for improved health and nutrition. 2. ed. Revised May 2006. Disponível em: [http://www.ameriflax.com/UserFiles/Image/Flax\\_Facts\\_II.pdf](http://www.ameriflax.com/UserFiles/Image/Flax_Facts_II.pdf). Acesso em: 10 jun.2018.

FOGAGNOLI, G. e SERAVALLI, E. A. G. Aplicação de farinha de casca de maracujá em massa alimentícia fresca. **Braz. J. Food Technol**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 204-212, 2014.

FOSTER-POWELL, K.; HOLT, S. H. A.; BRAND-MILLER, J. C. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. **American Journal of Clinical Nutrition**. [s. l.], v. 76, p. 5-56, 2002.

GALLEGOS-INFANTE A, J.A.; ROCHA-GUZMAN, N.E.; GONZALEZ-LAREDO, R.F.; OCHOA-MARTÍNEZ, L.; CORZO, N.; BELLO-PEREZ, L.A.; MEDINA-TORRES, L.;

PERALTA-ALVAREZ L.E. Quality of spaghetti pasta containing Mexican common bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**. [s. l.], v. 119, p. 1544-1549, 2010.

GIUBERTI, G.; GALLO, A. CERIOLI, C.; FORTUNATI, P.; MASOERO, F. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. **Food Chemistry**. [s. l.], v. 175, p. 43-49, 2015.

GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W.S.; COURTIN, C. M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J. A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 16, p. 12-30, 2005.

GOGUS U., SMITH C. n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge. **Int J Food Sci Technol** [s. l.], v. 45, p. 417-436, 2010.

GOLDSTEIN D. J. Beneficial health effects of modest weight loss. **Int J Obes Relat Metab Disord** [s. l.], v. 16, p. 397-415, 1992.

GONÇALVES, P. V. M. **Desenvolvimento de massas alimentícia funcional à base de extrato em pó e farinha de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) e farinha de arroz por processo de extrusão termoplástica**. 2010. 120 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2010.

GOÑI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 427-437, 1997.

GOPALAN C., SASTRI R., BALASUBRAMANIAN S.C. Nutritive value of Indian foods. **National Institute of Nutrition, ICMR, Hyderabad**, 2004.

GOUVEIA, FLÁVIA. Indústria de alimentos: no caminho da inovação e de novos produtos. **Inovação Uniemp** [s. l.], v. 2, n. 5, p. 32-37, 2006.

GRANT, G.; EDWARDS, J.E.; PUZSZTAI, A.  $\alpha$ -amylase inhibitor levels in seeds generally available in Europe. **J of the Science of Food Agric**. Sussex, v.67, n.2, p. 235-238, 1995.

GREENWALD P., CLIFFORD C.K., MILNER J.A. Diet and cancer prevention. **Eur J Cancer** [s. l.], v. 37, p. 948-965, 2001.

GUERREIRO, L. Massas alimentícias. **Dossiê Técnico**. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro (REDETEC). Rio de Janeiro. 40 p, 2006.

GUTKOSKI, L. C., ANTUNES, E., ROMAN, I.T. Avaliação do grau de extração de farinhas de trigo e de milho em moinho tipo colonial. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 153-166, 1999.

GUTKOSKI, LUIZ CARLOS *et al.* Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** [s. l.], v. 27, n. 2, p. 355-363, 2007.

HALL, III.C.; TULBEK, M.C.; XU, Y. Flaxseed. *In*: TAYLOR, S. (Eds.). **Advances in food**

**and nutrition research.** San Diego, CA: Academic Pres. v. 51, cap. 1, p.1-97, 2006.

HE, Q.; SUN, X.; HE, S.; WANG, T.; ZHAO, J.; YANG, L.; WU, Z.; SUN, H. PEGylation of black kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolate with potential functional properties. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.** [s. l.], v. 164, p. 89-97, 2018.

HEO, S.; LEE, S.M.; SHIM, J.; YOO, S.; LEE, S. Effect of dry- and wet-milled rice flours on the quality attributes of gluten-free dough and noodles. **Journal of Food Engineering.** [s. l.], v. 116, p. 213-217, 2013.

HERCHI, W., ARRÁEZ-ROMÁN, D., TRABELSI, H., BOUALI, I., BOUKHCHINA, S., KALLEL, H., FERNÁNDEZ-GUTIERREZ, A. Phenolic compounds in flaxseed: A review of their properties and analytical methods. An overview of the last decade. **Journal of Oleo Science,** [s. l.], v. 63, n.1, p. 7-14, 2014.

HERNANDÉS-DIAS, J. R.; QUINTERO-RAMOS, A.; BERNARD, J.; BALANDRÁN-QUINTANA, R. R. Funcional properties of extrudates prepared with blends of wheat flour/pinto bean meal with added wheat bran. **Food Science and Technology International.** [s. l.], v. 13, p. 301-308, 2007.

HIDALGO, A.; FONGARO, L.; BRANDOLINI, A. Colour screening of whole meal flours and discrimination of seven *Triticum* subspecies. **Journal of Cereal Science.** [s. l.], v. 77, p. 9-16, 2017.

HILBIG, J.; SCHWENGER, C.A.; DANESI, E.D.G. Enriquecimento nutricional de macarrão tipo massa fresca através da adição de hortaliças e farinha de trigo integral para a merenda escolar. **Anais do XVI EAIC,** 2007.

HILL, M. Attack of the gluten. **Chem Matters.** [s. l.], v. 30, p. 9-11, 2012.

HONGZHI Y., ZHIHUA I., HEQUN T. Determination and removal methods of cyanogenic glucoside in flaxseed **ASAE/CSAE,** 2004.

HOOVER, R.; ZHOU, Y. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by  $\alpha$ -amylase and resistant starch formation in legumes: A review. **Carbohydrate Polymers.** [s. l.], v. 54, p. 401-417, 2003.

HUMMEL, C. **Macaroni products: manufacture, processing and packing.** London: Food Trade Press, Ltd., 287 p, 1966.

IGUTI A.M.; LAJOLO F.M. Occurrence and purification of  $\alpha$ -amylase inhibitors in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. **J Agric Food Chem** [s. l.], v.39, p. 2131-2136, 1991.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz.** 1. ed. Digital, 2008.

IPO (International Pasta Organisation), 2018. Disponível em: <http://www.internationalpasta.org/index.aspx?id=6>. Acesso em: 01 jun.2018.

JOSHI, A.U.; LIU, C.; SATHE, S.K. Functional properties of select seed flours. **Food Science and Technology**. [s. l.], v. 60, p. 325-331, 2015.

JUDD, J.T.; BAER, D.J.; CLEVIDENCE, B.A.; MUESING, R.A.; CHEN, S.C.; ESTSTRATE, J.A.; MEIJER, G.W.; WITTES, J.; LICHTENSTEIN, A.H.; VILELLA-BACH, M.; SCHAEFER, E.J. Effects of margarine compared with those of butter on blood lipid profiles related to cardiovascular disease risk factors in normolipemic adults fed controlled diets. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 68, n. 4, p. 768-777, 1998.

JULIANTI, E.; RUSMARILIN, H; RIDWANSYAH; YUSRANI, E. Functional and rheological properties of composite flour from sweet potato, maize, soybean and xanthan gum. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**. [s. l.], v. 16, p. 171-177, 2017.

KAJLA, P.; SHARMA, ALKA.; SOOD, D.R. Flaxseed – a potential functional food source. **J Food Sci Technol**. [s. l.], v. 52, p. 1857-1871, 2015.

KAUR, M.; SINGH, V.; KAUR, R. Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**. [s. l.], v. 9, p. 14-20, 2017.

KENT, N. L. **Technology of cereal**. 3. ed. [s. l.]: Bergarion Press, 221 p., 1984.

KILL, R.C. Introduction. *In*: Kill RC, Turnbull K, editors. **Pasta and semolina technology**. Oxford: Blackwell Science Ltd. p. 1-10, 2001.

KRUGER, J. E.; MATSUO, R. B.; DICK, J. W. Pasta and noodle technology. **American Association of Cereal Chemists**. [s. l.], 356 p., 1996.

KUMAR, L.; BRENNAN, M.; ZHENG, H.; BRENNAN, C. The effects of dairy ingredients on the pasting, textural, rheological, freezethaw properties and swelling behaviour of oat starch. **Food Chemistry**. [s. l.], v. 245, p. 518-524, 2018.

LE BERRE-ANTON V.; NAHOUM V.; PAYAN F.; ROUGE P. Molecular basis for the specific binding of different  $\alpha$ -amylase inhibitors from *Phaseolus vulgaris* seeds to the active site of  $\alpha$ -amylase. **Plant Physiol Biochem** [s. l.], v. 38, p. 657-665, 2000.

LEE, K.W.; LIP, G.Y.H. The role of omega-3 fatty acids in the secondary prevention of cardiovascular disease. **QJM Monthly Journal of The Association of Physicians**, [s. l.], v. 96, n.7, p.465-480, 2003.

LEE, S.; INGLETT, G.E.; CARRIERE, C.J. Effect of Nutrim oat bran and fl axseed on rheological properties of cakes. **Cereal Chemistry**, [s. l.], v. 81, n. 5 p. 637-642, 2004.

LEE, S.C.; GEPTS, P.L.; WHITAKER, J.R. Protein structures os common bean (*Phaseolus vulgaris*)  $\alpha$ -amylase inhibitors. **J of Agric and Food Chem**. Washington, v. 50, n. 22, p. 6618-6627, 2002.

LEITÃO, R.F.F, VITTI, P.; FERREIRA, V.L.P.; MIYA, E.E. Tecnologia de macarrão,

Campinas: **Coletânea ITAL**, 1990.

LIENER, I.E.; DONATTUCCI, D.A.; TARCZA, J.C. Starch blockers: a potencial source of trypsin inhibitors and lectins. **American J of Clinical Nutrit. Bethesda**, [s. l.], v. 39, n. 2. p. 196-200, 1984.

LI, M.; ZHU, K.; WANG, B.; GUO, X.; PENG, W.; ZHOU, H. Evaluation the quality characteristics of wheat flour and shelf-life of fresh noodles as affected by ozone treatment. **Food Chemistry**. [s. l.], v. 135, p. 2163-2169, 2012.

LIMA, URGEL A. **Matérias-primas dos alimentos**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

LIU, T.; HAMID, N.; KANTONO, K.; PEREIRA, L.; FAROUK, M. M.; KNOWLES, S.O. Effects of meat addition on pasta structure, nutrition and *in vitro* digestibility. **Food Chemistry**. [s. l.], v. 213, p. 108-114, 2016.

LIU, S.X.; CHEN, D.; XU, J. Evaluation of Gluten-Free Amaranth and Navy Bean Flour Blends on Quality of Sugar Cookies. **Journal of Food Research**. [s. l.], v. 6, p. 63-73, 2017.

LORUSSO, A.; VERNI, M.; MONTEMURRO, M.; CODA, R.; GOBBETTI, M.; RIZZELLO, C. G. Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. **Food Science and Technology**. [s. l.], v. 78, p. 215-221, 2017.

MACIEL, L.M.B.; PONTES, D.F.; RODRIGUES, M.C.P. Efeito da adição de farinha de linhaça no processamento de biscoito tipo cracker. **Alimentos e Nutrição**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 385-392, 2008.

MANI, U.V.; MANI I.; BISWAS, M.; KUMAR S.N. An open-label study on the effect of flax seed powder (*Linum usitatissimum*) supplementation in the management of diabetes mellitus. **J Diet Suppl** [s. l.], v. 8, n. 3, p. 257-265, 2011.

MARQUEZI, MILENE. **Características físico-químicas e avaliação das propriedades tecnológicas do feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*)**. 2013. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MARIUSSO, A.C.B. **Estudo do enriquecimento de massas alimentícias com subprodutos agroindustriais visando o melhoramento funcional e tecnológico de massas frescas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2008.

MARSHALL, J.J.; LAUDA, C.M. Purification and properties of phaseolamin, an inhibitor of  $\alpha$ -amylase, from the kidney bean, *Phaseolus vulgaris*. **J of Biolog Chem. Stanford**, [s. l.], v. 250, n. 20, p. 8030-8037, 1975.

MARTINI, D.; BRUSAMOLINO, A.; DEL BO, C.; LAUREATI, M.; PORRINI, M.; RISO, P. Effect of fiber and protein-enriched pasta formulations on satiety-related sensations and afternoon snacking in Italian healthy female subjects. **Physiology & Behavior**. [s. l.], v. 185, p. 61-69, 2018.

- MATIAS, A.C.G. **Avaliação de efeitos fisiológicos da fração fibra alimentar dos grãos de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) e linhaça (*Linum usitatissimum* L.)**. 2007. 111 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- MATZ, S. **Cereal Technology**. The AVI Publishing Company, 1970.
- MAZUR, W.; FOTSIS, T.; WAHALA, K.; OJALA, S.; SALAKKA, A.; ADLERCREUTZ, H. Isotope dilution gas chromatographic-mass spectrometric method for the determination of isoflavonoids, coumestrol, and lignans in food samples. **Anal Biochem** [s. l.], v. 233, p. 169-180, 1996.
- MAZZA G., OOMAH B.D. Flaxseed: dietary fiber and cyanogens. *In*: Cunnane SC, Thompson LU (eds) **Flaxseed in human nutrition**. AOCS Press, Champaign, p. 56–81, 1995.
- MENEGASSI, B.; LEONEL, M. Análises de qualidade de uma massa alimentícia mista de mandioca-salsa. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. [s. l.], v. 2, p. 27-36, 2006.
- MERCIER, S.; MONDOR, M.; VILLENEUVE, S.; MARCOS, B.; MORESOLI, C. Assessment of the oxidative stability of flaxseed-enriched lasagna using the Rancimat method. **Journal of Food Processing and Preservation**. [s. l.], v. 39, p. 1729-1734, 2015.
- MILDER I.E., ARTS I.C., VAN DE PUTTE B., VENEMA D.P., HOLLMAN P.C. Lignan contents of Dutch plant foods: a database including lariciresinol, pinoreesinol, secoisolariciresinol and matairesinol. **Br J Nutr** [s. l.], v. 93, n. 3, p. 393-402, 2005.
- MINIM, VALÉRIA PAULA ROGRIGUES. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. São Paulo: Livraria Varela, 1999.
- MORRIS, D.H. **Flax – a health and nutrition primer**. 4. ed. Winnipeg, MB: Flax Council of Canada, 106 p., 2007.
- MORRIS, D.H.; VAISEY-GENSER, M. Flaxseed. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 2525-2531, 2003.
- MOSCA, M.; BONIGLIA, C.; CARRATÙ, B.; GIMMARIOLI, S.; NERA, V.; SANZINI, E. Determination of  $\alpha$ -amylase inhibitor activity of phaseolin from kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) in dietary supplements by HPAEC-PAD. **Analytica Chimica Acta**. [s. l.], v. 617, p. 192-195, 2008.
- MOURA, C. M.A. **Qualidade de farinhas pré-gelatinizadas e macarrões formulados com arroz (*Oryza sativa* L.) e Linhaça (*Linum usitatissimum* L.)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2011.
- MUNEER, F.; JOHANSSON, E.; HEDENQVIST, M. S.; PLIVELIC, T. S.; MARKEDAL,

K., E. PETERSON, I. L.; SORENSEN, J. C.; KUKTAUTE, R. The impact of newly produced protein and dietary fiber rich fractions of yellow pea (*Pisum sativum* L.) on the structure and mechanical properties of pasta-like sheets. **Food Research International**. [s. l.], v. 106, p. 607-618, 2018.

NASCIMENTO, I.S.B. **Partição de glutenina de farinha de trigo especial em sistemas aquosos bifásicos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, 2008.

NICOLETTI, A. M. *et al.* Uso de subprodutos agroindustriais no desenvolvimento de macarrão nutricionalmente melhorado. **Alim. Nutr.**, [s. l.], v. 18, p. 421-429, 2007.

NOELTING, G.; BERNFELD, P. Sur les enzymes amylolytiques III. La  $\alpha$ -amylase: dosage d'activate et controle de l'absence l'  $\alpha$ -amylase. **Helvetica Chimica Acta**, Basel, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 286-290, 1948.

NORONHA, R. L. F.; DELIZA, R.; SILVA, M. A. A expectativa do consumidor e seus efeitos na avaliação sensorial e aceitação de produtos alimentícios. **Alimentos e Nutrição Araraquara** [s. l.], v. 16, n. 3, p. 299-308, 2009.

NOVELLO, D; POLLONIO, M.A.R., Caracterização e propriedades da linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e subprodutos. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 2, p.317-330, 2011.

NOVOTNI, D.; CUKELJ, N.; SMERDEL, B.; BITUH, M.; DUJMIC, F.; CURIC, D. Glycemic index and firming kinetics of partially baked frozen gluten-free bread with sourdough. **Journal of Cereal Science**. [s. l.], v. 5, p. 120-125, 2012.

NUMAO, S; DAGAMER, I.; LI, C.; WRODNIGG, T.M.; BEGUM, A.; OVERALL, C.M.; BRAYER, G. D.; WITHERS, S. G. *In Situ* extension as na approach for identifying novel-amylase inhibitors. **Jounal of Biological Chemistry**. [s. l.], v. 279, p. 48282-48291, 2004.

NUNES, A.G.; FARIA, A.P.S.; STEINMACHER, F.R.; VIEIRA, J.T.C. **Processos enzimáticos e biológicos na panificação**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

OBIRO, W.C.; ZHANG T.; JIANG B.; The nutraceutical role of the *Phaseolus vulgaris*  $\alpha$ -amylase inhibitor. **British J of Nutrit**, [s. l.], v. 100, p. 1-12, 2008.

OCTÁVIO, F. L.; RIGDEN, D. J.; MELO, F. R.; GROSSI-DE-SÁ, M. F. Plant  $\alpha$ -amylase inhibitors and their interaction with insect  $\alpha$ -amylases. **European Journal of Biochemistry**. [s. l.], v. 269, p. 397-412, 2002.

OLIVEIRA, M.L. **Avaliação da produção e dos efeitos das radiações gama em macarrão enriquecido com bagoço de linhaça (*Linum usitatissimum* L.)**. 2014. 82 p. Tese (Doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, R.J.S; OLIVEIRA, V.N.; DECONTE, S.R.; CALÁBRIA, L.K.; MORAES, A.S.; ESPINDOLA, F.S. Phaseolamin treatment prevents oxidative stress and collagen deposition

in the hearts of streptozotocin-induced diabetic rats. **Diabetes & Vascular Disease Research**. [s. l.], v. 11, n.2, p.110-117, 2014.

OMOHIMI, C. I.; SOBUKOLA, O.P.; SARAFADDEEN, K.O.; SANNI, L. O. Effect of Thermo-extrusion Process Parameters on Selected Quality Attributes of Meat Analogue from Mucuna Bean Seed Flour. **Nigerian Food Journal**. [s. l.], v. 32, p. 21-30, 2014.

OOMAH B.D., MAZZA G. Flaxseed products for disease prevention. *In: Mazza G (ed) **Functional foods, biochemical and processing aspects***. Technomic Publishing Co, Inc, Lancaster, p. 91-138, 1998.

OOMAH, B.D. Flaxseed as a functional food source. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 81, n. 9, p. 889-894, 2001.

ORTH R.A., SHELLENBERGER J.A. Origin, production, and utilization of wheat. *In: Pomeranz Y, editor. **Wheat chemistry and technology***, [s. l.], v. 3. St. Paul, MN: AACC, 1988.

PARIZA M. Toxic substances. *In: **Food Chemistry***, 3. ed., p. 825-840 [OR Fenema, editor]. New York: Marcel Dekker, 1996.

PASCALE, R.; BIANCO, G.; CATALDI, T.R.I; KOPPLIN, P.; BOSCO, F.; VIGNOLA, L.; UHL, J.; LUCIO, M.; MILELLA, L. Mass spectrometry-based phytochemical screening for hypoglycemic activity of Fagioli di Sarconi beans (*Phaseolus vulgaris* L.) **Food Chemistry**. [s. l.], v. 242, p. 497-504, 2018.

PATIÑO-RODRÍGUEZ, O.; BELLO-PÉREZ, L.A.; FLORES-SILVA, P. C.; SÁNCHEZ-RIVERA, M. M.; ROMERO-BASTIDA, C. A. R. Physicochemical properties and metabolomic profile of gluten-free spaghetti prepared with unripe plantain flours. **Food Science and Technology**. [s. l.], v. 90, p. 297-302, 2018.

PAYNE T.J. Promoting better health with flaxseed in bread. **Cereal Foods World**, [s. l.], v. 45, n. 3, p. 102–104, 2000.

PELLIZZON M.A., BILLHEIMER J.T., BLOEDON L.T., SZAPARY P.O., RADER D.J. Flaxseed reduces plasma cholesterol levels in Hypercholesterolemic mouse models. **J Am Coll Nutr**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 66-75, 2007.

PENNA, EMMA WITTING DE. **Evaluación sensorial: una metodología actual para tecnología de alimentos**. Chile: Talleres Graficos USACH, 2001.

PEREIRA, L.L.S. **Estudo comparativo entre faseolamina comercial e farinha de feijão como perspectiva ao tratamento da obesidade e do diabetes mellitus tipo 2**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agroquímica), Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2008.

PEREIRA, L.L.S. **Inibidores de enzimas digestivas do feijão branco: Isolamento, Atividade biológica e perspectivas para o tratamento da obesidade e do diabetes mellitus**.



2011. Tese (Doutorado em Agroquímica), Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2011.

PEREIRA, LIA KRUCKEN; ABREU, ALINE FRANÇA DE; BOLZAN, ARIOSVALDO. A necessidade de inovar: um estudo na indústria de alimentos. **Revista de Ciências da Administração** [s. l.], v. 4, n. 7, p. 19, 2002.

PETITOT, M.; BOYER, L.; MINIER, C.; MICARD, V. Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. **Food Research International**. [s. l.], v. 43, p. 634-641, 2010.

PIZINATTO, A.; MAGNO, C.P.R.; CAMPAGNOLLI, D.M.F, VITTI, P; LEITÃO, R.F.F. Avaliação tecnológica de produtos Derivados de farinha de trigo (pão, macarrão, biscoito) - Instituto de tecnologia de Alimentos- CTFP/ITAL- Campinas, 1993.

POURABEDIN, M.; AARABI, A.; RAHBARAN, S. Effect of flaxseed flour on rheological properties, staling and total phenol of Iranian toast. **Journal of Cereal Science**. [s. l.], v. 76, p. 173-178, 2017.

PULIDO, R.; HERNÁNDEZ-GARCÍA, M.; SAURA-CALIXTO, F. Contribution of beverages to the intake of lipophilic and hydrophilic antioxidants in the Spanish diet. **European Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 57, p. 1275-1282, 2003.

PUSZTAI, A. et al., Lipid accumulation in obese Zucker rats is reduced by inclusion of raw kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) in the diet. **British J of Nutrition**. Cambridge. [s. l.], v.79, p. 213-221, 1998.

QIAN, M.; AJANDOUZ, H.; PAYAN, F.; NAHOUM, V. Molecular basis of the effects of chloride ion on the acid-base catalyst in the mechanism of pancreatic  $\alpha$ -amylase. **Biochemistry**. [s. l.], v. 44, p. 3194-3201, 2005.

QIU, S.; YADAV, M. P.; YIN, L. Characterization and functionalities study of hemicellulose and cellulose components isolated from sorghum bran, bagasse and biomass. **Food Chemistry**. [s. l.], v. 230, p. 225-233, 2017.

RABETAFIKA H.N., REMOORTEL V.V., DANTHINE S., PAQUOT M., BLECKER C. Flaxseed proteins: food uses and health benefits. **Int J Food Sci Technol**, [s. l.], v. 46, p. 221–228, 2011.

RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A.K.; REYNOSO-CAMACHO, R.; MENDOZA-DÍAZ, S; LOARCA-PIÑA, G. Functional and technological potential of dehydrated *Phaseolus vulgaris* L. flours. **Food Chemistry Food Chemistry**. [s. l.], v. 161, p. 254-260, 2014.

RE, R.; PELLEGRINI, N; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolourization assay. **Free Radical Biological Medicine**, [s. l.], v. 26, p. 1231-1237, 1999

REIS, T. A. **Caracterização de macarrão massa seca enriquecido com farinha de polpa de pescado**. 2013. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

RIBEIRO, G.P. **Elaboração e caracterização de farinhas de quinoa, linhaça dourada e soja para aplicação em biscoitos doce sabor coco**. 2014. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Londrina, 2014.

RODRIGUES, M.; IEMMA, A.F. **Planejamento de experimento e otimização de processos: uma estratégia sequencial de planejamentos**. 1ª ed. Campinas: Editora Casa do Pão, 358 p., 2005.

ROY, H.J.; LUNDY, S.; ERIKSEN, C. Healthier lives through education in nutrition and preventive medicine. Flaxseed a Review of health benefits. **Pennington Nutrition Series**, [s. l.], n. 5, p. 1-4, 2007.

RUBILAR M.; GUTIÉRREZ C.; VERDUGO M.; SHENE C.; SINEIRO J. Flaxseed as a source of functional ingredients. **J Soil Sci Plant Nutr** [s. l.], v. 10, p. 373-377, 2010.

RUDKOWSKA, I.; JONES, P.J. Functional foods for the prevention and treatment of cardiovascular diseases: cholesterol and beyond. **Expert Review of Cardiovascular Therapy**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 477-90, 2007.

SABANIS D.; MAKRI E.; DOXASTAKIS G. Effect of durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagna. **J Sci Food Agri**, [s. l.], v. 86, p. 1938-1944, 2006.

SCHUCHARDT, J.P.; WONIK, J.; BINDRICH, U.; HEINEMANN, H.K.; SCHNEIDER, I.; MOLLER, K. Glycemic index and microstructure analysis of a newly developed fiber enriched cookie. **Food and Function**. [s. l.], v. 7, p. 464-474, 2016.

SANDHU, K. S.; LIM, S.T. Digestibility of legume starches as influenced by their physical and structural properties. **Carbohydrate Polymers**. [s. l.], v. 71, p. 245-252, 2008.

SECZYK, L.; SWIECA, M.; DZIKI, D.; ANDERS, A.; GAWLIK-DZIKI, U. Antioxidant, nutritional and functional characteristics of wheat bread enriched with ground flaxseed hulls. **Food Chemistry**. [s. l.], v. 214, p. 32-38, 2017.

SETCHELL, K.D.R.; LAWSON, A.M.; BORRIELLO, S.P.; HARKNESS, R.; GORDON, H.; MORGAN, D.M.L.; KIRK, D.N.; ALDERCREUTZ, H.; ANDERSON, L.C.; AXELSON, M. Lignan formation in man – microbial involvement and possible roles in relation to cancer. **The Lancet**. [s. l.], v. 2, p. 4-7, 1981.

SIDDIQ, M.; KELKAR, S.; HARTE, J.B.; DOLAN, K. D.; NYOMBAIRE, G. Functional properties of flour from low-temperature extruded navy and pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Science and Technology**. [s. l.], v. 50, p. 215-219, 2013.

SILVA, J.Y.G.; GAMA, T. L.; OLIVEIRA, V. N.; HOLANDA, M.O. LIMA, C. L. S.; LIRA, S. M.; CRAVEIRO, A. A.; GUEDES, M. I. F. Humoral immune response in mice immunized

by oral route with phaseolamine extracted from common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Food and Agricultural Immunology**. [s. l.], v. 28, p. 1496-1506, 2017.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Foline Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, [s. l.], v. 299, p. 152-178, 1999.

SLINKARD, M. **Fortification of pasta with chickpea and quinoa flours**. 2014. 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de Missouri, Columbia, 2014.

SKOP M.; CHOKSHI D. (2006) Purified amylase inhibitor and novel process for obtaining the same. Disponível em: <http://www.freepatentsonline.com/20060147565.html>. Acesso em: 20 de jan. 2018.

SONG, H.; HAN, W.; YAN, F.; XU, D.; CHU, Q.; ZHENG, X. Dietary *Phaseolus vulgaris* extract alleviated diet-induced obesity, insulin resistance and hepatic steatosis and alters gut microbiota composition in mice. **J of Functional Foods**. [s. l.], v. 20, p. 236-244, 2016.

SOZER, N. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. **Food Hydrocolloids**. [s. l.], v. 23, n. 3, p. 849 -855, 2009.

STITT, P.A. History of flax: 9000 years ago to 1986. In: **PROCEEDINGS of 55<sup>th</sup> Flax Institute of the United States**. Fargo, ND: Flax Institute of the United States. p.152-153, 1994.

SVENSSON, B.; KENJI, F.; NIELSEN, P.K.; BONSAGER, B.C. Proteinaceous  $\alpha$ -amylase inhibitors. **Biochimica et Biophysica Acta**. [s. l.], v. 1696, p. 145-156, 2004.

SWANSON R.B. Grains and legumes. In: Hui YH, editor. **Food chemistry: principles and applications**. 2. ed. West Sacramento, CA: Science Technology System. 24 p., 2007.

SVIHUS, A.; HERVIK, A.K. Digestion and metabolic fates of starch, and its relation to major nutrition-related health problems: A review. **Starch/Stärke**. [s. l.], v. 68, p. 302-313, 2016.

TAKEITI, C.Y. **Estudo da Influencia da transição vítrea sobre a instantaneização de maltodextrinas por processo de aglomeração úmida**. 2007. 191 p. Tese (Doutorado)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

TOURRE A., XUEMING X. Flaxseed lignans: source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bio-active components, and health benefits. **Comp Rev Food Sci Food Saf**, [s. l.], v. 9, p. 261–269, 2010.

TRUCOM, C. **A importância da linhaça na saúde**. São Paulo: Alaúde. 151 p., 2006.

UDANI, J.K.; SINGH, B.B., BARRET, M.L.; PREUSS, H.G. Lowering the glycemic index of white bread using a white bean extract. **Nutrition Journal**. [s. l.], v. 8, p.1-6, 2009.

VAISEY-GENSER M., MORRIS D.H. Introduction, history of the cultivation and uses of

flaxseed. In: Muir AD, Westcott ND (eds) **Flax, the Genus Linum**. Taylor and Francis, London, p. 1-21, 2003.

WANDERSLEBEN, T.; MORALES, E.; BURGOS-DÍAZ, C.; BARAHONA, T.; LABRA, E.; RUBILAR, M.; SALVO-GARRIDO, H. Enhancement of functional and nutritional properties of bread using a mix of natural ingredients from novel varieties of flaxseed and lupine. **Food Science and Technology**. [s. l.], v. 91, p. 48-54, 2018.

VALENCIA, A.; BUSTILLO, A.E.; OSSA, G.E.; CHRISPEELS, M J. a-Amylases of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and their inhibition by two plant amylase inhibitors. **Insect Biochem Mol Biol**, [s. l.], v. 30, p. 207-213, 2000.

VILLENEUVE, S.; DES MARCHAIS, L. P.; GAUVREAU, V.; MERCIER, S.; DO, C. B.; ARCAND, Y. Effect of flaxseed processing on engineering properties and fatty acids profiles of pasta. **Food and Bioproducts Processing**. [s. l.], v. 91, p. 183-191, 2013.

WANI, A. A.; SINGH, P.; SHAH, M. A.; WEISZ, U. S.; GUL, K.; WANI, I. A. Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties e a review. **Comprehensive Reviews in Food Science & Safety**. [s. l.], v. 11, p. 417-436, 2012.

WANI, I.A.; SOGI, D.S.; WANI, A.A.; GILL, B.S. Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Food Science and Technology**. [s. l.], v. 53, p. 278-284, 2013.

WANKENNE, M. A. **A história das massas alimentícias**. Pizzas & Massas, 3. ed. São Paulo: Editora Insumos, 2012.

BENASSI, V.T.; WATANABE, E. **Manual para produção de massas frescas** - Embrapa Rio de Janeiro, 1997.

WILLE, GRACE MARIA FC *et al.* Práticas de desenvolvimento de novos produtos alimentícios na indústria paranaense. **Rev. FAE** [s. l.], v. 7, n. 2, p. 33-45, 2004.

WISEMAN G. 2001. Durum Wheat. In: Kill RC, Turnbull K, editors. **Pasta and semolina technology**. Oxford: Blackwell Science Ltd. 42 p., 2001.

WÓJTOWICZ, A.; MOSCICKI, L. Influence of legume type and addition level on quality characteristics, texture and microstructure of enriched precooked pasta. **Food Science and Technology**. [s. l.], v. 59, p. 1175-1185, 2014.

WOLEVER, T.M.; JENKINS, D.J.; JENKINS, A.L.; JOSSE, R.G. The glycemic index: methodology and clinical implications. **The American Journal of Clinical Nutrition**. [s. l.], v. 54, p. 846-854, 1991.

WOOD J.A. Texture, processing and organoleptic properties of chickpea-fortified spaghetti with insights to the underlying mechanisms of traditional durum pasta quality. **J Cereal Sci**, [s. l.], v. 49, p. 128-33, 2009.

XAVIER, DANNIELLE. **Desenvolvimento de produto alimentício à base de farinha de trigo integral e ingredientes funcionais.** 2013. 185 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

## ANEXO A – LAUDO DA FASEOLAMINA CONFORME ESPECIFICAÇÕES DO FORNECEDOR



Pedido 170453 - Laudo 1 de

**INFORMAÇÕES GERAIS**

Nomenclatura: FASEOLAMINA EXTRATO SECO  
 Esterilização: Não houve  
 Método Secagem: NA

Nosso Lote: 063795  
 Parte Utilizada: Semente  
 Validade: 01/2020  
 Fabricação: 01/2017

Nome Científico: Phaseolus vulgaris

Nossa Validade: 01/2020  
 Lote Fabricante: TYW170108

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS**

Cor: Branco

Odor: Característico

Sabor: Característico

**ANÁLISES BOTÂNICAS**

Análise Macroscópica: Pó fino de aspecto homogêneo. Análise Microscópica: Não é realizado análise microscópica por não ser possível a visualização das estruturas histológicas que caracterizam a espécie.

**TESTES DE IDENTIFICAÇÃO**

NA

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS**

Análise	Especificação	Resultado
Aspecto	Pó fino	De acordo
Elementos Estranhos	Ausente	De acordo
Umidade	< 5,0%	3,45%
Densidade	40 - 60 g/100 mL	50,95 g/100 mL

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS**

Análise	Especificação	Resultado	Conclusão
Contagem Padrão em placas	Máx. 10.000 ufc/g	< 1000 ufc/g	
Bolores e Leveduras	Máx. 100 ufc/g ou mL	< 100 ufc/g	De acordo
Escherichia coli (coliformes)	Ausência	Ausente	De acordo
Staphylococcus aureus	Ausência	Ausente	De acordo
Salmonella sp	Ausência	Ausente	De acordo

**TEOR DE PRINCÍPIO ATIVO**

Análise	Resultado
Atividade inibitória Amilase >=3000 unidades/g	3275 unid/g

**OBSERVAÇÕES**

Condições de armazenamento: Temperatura ambiente.

**CONCLUSÃO**

Data da análise: 27/06/2017

Conclusão: Aprovado

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Dados transcritos conforme laudo do fornecedor.

**RESPONSÁVEIS**

Farmacêutica Responsável Técnica  
 Dra. Karina M. da Silva CRF: 66.627

Farmacêutica Co-Responsável  
 Dra. Lilian C. Faganello CRF:75.642

## ANEXO B – INFORMAÇÕES ESTATÍSTICAS COMPLEMENTARES

Tabela 29 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de IAA\* a 25°C.

Fatores	Coefficiente de regressão	Erro puro	t(27)	P-valor
<b>Média</b>	2,14	0,02	124,76	0,00*
<b>Faseolamina<sup>1</sup> (L)</b>	0,03	0,02	1,39	0,18
<b>Fasolamina<sup>1</sup>(Q)</b>	-0,04	0,03	-1,73	0,09
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(L)</b>	0,09	0,02	4,38	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(Q)</b>	0,03	0,02	1,38	0,18
<b>Fasolamina x Farinha de Linhaça</b>	-0,05	0,03	-1,58	0,12

Fonte: elaborada pelo autor.

IAA\* - índice de absorção de água das farinhas mistas contendo farinha de trigo, faseolamina e farinha de linhaça, com água a temperatura de 25°C.

L: Fator linear de regressão.

Q: Fator quadrático de regressão.

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ )

<sup>1</sup> g/100 g Farinha de trigo.

$R^2 = 0,53076$ .

Tabela 30 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de ISA\* a 25°C.

Fatores	Coefficiente de regressão	Erro puro	t(27)	P-valor
<b>Média</b>	4,80	0,43	11,21	0,00*
<b>Faseolamina<sup>1</sup> (L)</b>	0,69	0,52	1,33	0,20
<b>Fasolamina<sup>1</sup>(Q)</b>	-0,58	0,62	-0,93	0,36
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(L)</b>	-0,11	0,52	-0,21	0,83
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(Q)</b>	0,94	0,62	1,51	0,14
<b>Fasolamina x Farinha de Linhaça</b>	-0,03	0,74	-0,03	0,97

Fonte: elaborada pelo autor.

ISA\* - índice de solubilidade em água das farinhas mistas contendo farinha de trigo, faseolamina e farinha de linhaça, com água a temperatura de 25°C.

L: Fator linear de regressão.

Q: Fator quadrático de regressão.

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ )

<sup>1</sup> g/100 g Farinha de trigo.

$R^2 = 0,18631$

Tabela 31 – Coeficientes de regressão para a resposta do valor de PI\* a 25°C.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro puro	t(24)	P-valor
<b>Média</b>	2,25	0,01	251,16	0,00*
<b>Faseolamina<sup>1</sup> (L)</b>	-0,05	0,01	-4,68	0,00*
<b>Fasolamina<sup>1</sup>(Q)</b>	0,04	0,01	3,10	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(L)</b>	0,08	0,01	6,96	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(Q)</b>	0,03	0,01	2,19	0,04*
<b>Fasolamina x Farinha de Linhaça</b>	-0,12	0,02	-7,71	0,00*

Fonte: elaborada pelo autor.

PI\* - poder de inchamento das farinhas mistas contendo farinha de trigo, faseolamina e farinha de linhaça, com água a temperatura de 25°C.

L: Fator linear de regressão.

Q: Fator quadrático de regressão.

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ )

<sup>1</sup> g/100 g Farinha de trigo.

$R^2 = 0,52833$ .

Tabela 32 – Coeficientes de regressão para a resposta do parâmetro b\*.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro puro	t(24)	P-valor
<b>Média</b>	11,17	0,07	153,22	0,00*
<b>Faseolamina<sup>1</sup> (L)</b>	0,53	0,09	5,98	0,00*
<b>Fasolamina<sup>1</sup>(Q)</b>	-0,07	0,11	-0,66	0,51
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(L)</b>	-0,19	0,09	-2,17	0,04*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(Q)</b>	0,31	0,11	2,90	0,01*
<b>Fasolamina x Farinha de Linhaça</b>	0,14	0,13	1,11	0,28

Fonte: elaborada pelo autor.

b\* indica a coloração no intervalo do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*).

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

% variável explicada ( $R^2$ ) = 0,39613.

Tabela 33 – Coeficientes de regressão para a resposta do parâmetro aumento de massa (AM).

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro puro	t(27)	P-valor
<b>Média</b>	134,64	1,84	73,08	0,00*
<b>Faseolamina<sup>1</sup> (L)</b>	3,16	2,26	1,40	0,17
<b>Fasolamina<sup>1</sup>(Q)</b>	-3,50	2,69	-1,30	0,20
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(L)</b>	8,13	2,26	3,61	0,00*
<b>Farinha de Linhaça<sup>1</sup>(Q)</b>	-5,01	2,68	-1,87	0,07
<b>Fasolamina x Farinha de Linhaça</b>	-6,91	3,19	-2,16	0,04*



Fonte: elaborada pelo autor.

\* fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

% variável explicada ( $R^2$ ) = 0,46806.



**ANEXO C – CERTIFICADO DO COMITÊ DE ÉTICA PARA O USO DE ANIMAIS –  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ**

 <p>UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ</p>	<p><b>Comissão de Ética para o Uso de Animais</b>          Av. Silas Munguba, 1700 – Itaperi          CEP 60740-903 – fone 3101-9890  <a href="mailto:ceua.uece@uece.br">ceua.uece@uece.br</a> – <a href="http://www.uece.br/ceua">www.uece.br/ceua</a></p>	 <p>GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ  <small>Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação Superior</small></p>
<b>CERTIFICADO</b>		
<p>Certificamos que o Projeto de Pesquisa Intitulado "Desenvolvimento de massa alimenticia tipo talharim adicionadas de faseolamina (<i>Phaseolus vulgaris</i>) e farinha de linhaça (<i>Linus usitatissimun L.</i>)" registrado sob o 1110342/2018, tendo como pesquisador principal <b>Maria Izabel Fiorindo Guedes</b>, esta de acordo com os Principios Eticos de Experimentação Animal, adotados pelo Comitê de Ética para o Uso de Animais da Universidade Estadual do Ceará (CEUA – UECE), tendo sido aprovado em 22 de fevereiro de 2018. Este certificado expira-se em 31 de agosto 2021.</p>		
<b>CERTIFICATE</b>		
<p>We hereby certify that the Project entitled "Desenvolvimento de massa alimenticia tipo talharim adicionadas de faseolamina (<i>Phaseolus vulgaris</i>) e farinha de linhaça (<i>Linus usitatissimun L.</i>)" registered with the protocol 1110342/2018 under the supervision of <b>Maria Izabel Fiorindo Guedes</b> is in agreement with Ethical Principles in Animal Experimentation, adopted by the Ethics Committee in Animal Experimentation of Ceará State University (CEUA – UECE), and was approved on February 22<sup>nd</sup>, 2018. This certificate will expire on august 31<sup>st</sup>, 2021.</p>		
<b>RESUMO</b>		
Vigência do projeto	2018-2020	
Espécie/linhagem	Camundongos Swiss Webster	
Número de animais	30	
Período	3 meses	
Sexo	Fêmeas	
Origem	Biotério da Universidade Federal do Ceará (UFC)	
Fortaleza, 29 de abril de 2018.		
<p><i>Maria Erivalda Farias de Aragão</i>          Presidente CEUA-UECE</p>		