

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS  
CURSO ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ISA PAULA DE MELO AMARO

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE FARINHAS SUPLEMENTADAS COM GLÚTEN  
EXTRUSADO E APLICADAS À PANIFICAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2020

ISA PAULA DE MELO AMARO

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE FARINHAS SUPLEMENTADAS COM GLÚTEN  
EXTRUSADO E APLICADAS À PANIFICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso superior de Engenharia de Alimentos do Departamento Acadêmico de Alimentos - DAALM – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Medianeira, como requisito para obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nádya Cristiane Steinmacher

MEDIANEIRA

2020



**ISA PAULA DE MELO AMARO**

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DE FARINHAS SUPLEMENTADAS COM GLÚTEN EXTRUSADO E  
APLICADAS À PANIFICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado às 14:00 horas do dia 13 de novembro de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro (a) de Alimentos, do Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Profa. Dra Nádia Cristiane Steinmacher (Orientadora)

---

Profa. Dra. Daiane Cristina Lenhard (Banca)

---

Profa. Me. Eliana Maria Baldissera (Banca)

---

Isa Paula de Melo Amaro (Aluno)

Medianeira, 13 de novembro de 2020.

**“O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação do  
curso”**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, eu agradeço a Deus, por ter me dado o dom da vida, as oportunidades no decorrer do curso, a persistência e a capacidade de concluir minha graduação.

Muita gratidão Senhor, por tudo que vivi até o presente momento e que só me agregou experiências.

Agradeço imensamente aos meus pais Claudemiro Félix de Amaro e Angela Ap. de Melo, ao meu padrasto Donizete Gomes Lagoeiro, meu irmão Cairo Daniel de Melo Amaro e ao meu namorado Guilherme Augusto de Oliveira, por terem me incentivado e segurado minha mão todos os dias, não me deixando desistir dos meus sonhos. Aos meus avós, por terem orado por mim nesta longa jornada.

Deixo meu imenso e sincero agradecimento aos amigos que a faculdade me deu, em especial aos meus amigos Bruna Yuu e Alan Facin, por toda ajuda na execução deste trabalho.

## RESUMO

AMARO, Isa. Qualidade tecnológica de farinhas suplementadas com glúten extrusado e aplicadas à panificação, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná-Campus - Medianeira.

O pão integral é definido como produto preparado, obrigatoriamente, com farinha de trigo e farinha de trigo integral e/ou fibra de trigo e/ou farelo de trigo, sendo assim, importante fonte de carboidrato, proteína e fibras alimentares. No entanto, o aumento do teor de fibras de farinha integral na massa, causa diminuição na resistência da massa à expansão, diminuindo a capacidade de retenção de gás da massa devido ao aumento do conteúdo de fibras presentes, que afeta o volume e a textura do pão. Este trabalho tem como objetivos desenvolver pão de forma integral com adição de glúten extrusado, a fim de melhorar as qualidades tecnológicas do produto. A farinha integral, foi caracterizada com relação a cinzas, umidade, *falling number*, alveografia e cor, apresentando resultados médios de 1,2 % de cinzas, 12 % de umidade, número de queda de 326 segundos,  $217 \times 10^{-4} \text{J}$  para força do glúten e coloração avermelhada. Para os pães, foram realizadas análises de textura, volume específico e cor. Em média, os pães apresentaram uma coloração marrom avermelhada. Os melhores resultados de volume específico e firmeza, foram para a formulação que continha 2,5% de glúten extrusado.

**Palavras-chave:** Glúten, Pão , Farinha de trigo.

## ABSTRACT

AMARO, Isa. Qualidade tecnológica de farinhas suplementadas com glúten extrusado e aplicadas à panificação, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná-campus - Medianeira.

Wholemeal bread is defined as a product prepared, obligatorily, with wheat flour and whole wheat flour and/or wheat fiber and/or wheat bran, thus being important sources of carbohydrates, proteins and dietary fiber. However, the increase in the content of whole wheat flour fibers in the dough causes a decrease in dough resistance to expansion, decreasing the gas retention capacity of the dough due to the increase in fiber content present, which affects the volume and texture of the bread. This work aims at developing wholemeal bread with the addition of extruded gluten in order to improve the technological qualities of the product. The wholemeal flour was characterized with respect to ashes, moisture, *falling number*, alveography and color, showing average results of 1.2 g of ashes, 12% moisture, number of fall of 326 seconds,  $217 \times 10^{-4}$  J for gluten strength and reddish color. For the breads, analysis of texture, specific volume and color were performed. On average, the loaves showed a reddish brown color. The best results of specific volume and firmness were for the formulation that contained 2.5% extruded gluten.

**Keywords:** Gluten, Bread, Wheat flour .

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	8
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	11
2.1	OBJETIVO GERAL	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	12
3.1	O TRIGO E A FARINHA DE TRIGO INTEGRAL	12
3.2	O PÃO	14
3.3	GLÚTEN	15
3.4	EXTRUSÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	16
3.5	ADITIVOS DE PANIFICAÇÃO	18
3.6	PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS	19
3.6.1	Textura	19
3.6.2	Atividade da enzima $\alpha$ -amilase	20
3.6.3	Força de glúten	20
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	21
4.1	MATERIAL	21
4.2	MÉTODOS	21
4.2.1	Análises da farinha de trigo integral	21
4.2.1.1	Determinação de cinzas	21
4.2.1.2	<i>Falling number</i>	22
4.2.1.3	Alveografia	22
4.2.2	Elaboração e análises dos pães de forma integral	23
4.2.2.1	Formulação e elaboração dos pães de forma integral	23
4.2.2.2	Determinação de Cor	25

4.2.2.3 Análises de textura .....	26
4.2.2.4 Determinação de volume específico .....	26
4.2.3 Análise estatística .....	26
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>27</b>
5.1 FARINHA DE TRIGO INTEGRAL.....	27
5.1.1 Caracterização da farinha de trigo integral .....	27
5.2 PÃO DE FORMA INTEGRAL .....	30
5.2.1 Propriedades tecnológicas e físico-químicas do pão de forma .....	30
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>35</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Em suas diversas formas, o pão é um dos alimentos mais consumidos pela humanidade. Tradicionalmente, origina-se da farinha derivada do trigo, embora diversos outros tipos de cereais, leguminosas e até legumes podem ser moídos, produzindo uma “farinha”. No entanto, a capacidade das proteínas presentes no trigo de transformar o mingau de farinha e água em uma massa glutinosa, que se torna pão, limita-se em geral ao trigo e a algumas outras sementes de cereais habitualmente utilizadas (CAUVAIN et al., 2009).

A farinha de trigo é amplamente usada para a preparação de produtos de panificação devido à sua característica de formar uma rede viscoelástica, insolúvel em água, permitindo que todos os ingredientes sejam adjuntos para desenvolver as massas alimentícias (ARAÚJO et al., 2010). As proteínas gliadina e glutenina, que compõem o glúten, possuem esta capacidade (WIESER 2007), as quais realizam a absorção de água, conferem coesividade, viscosidade e elasticidade às massas.

De acordo com Esteller (2004), o pão é um produto bastante popular, podendo ser consumido de diversas formas, ressaltando que, após a produção, ocorrem transformações que ocasionam, precipitadamente, a perda de crocância e o endurecimento do pão. Estudos sobre o envelhecimento do pão concentram-se no comportamento de gelatinização e retrogradação da fração de amido (CAUVAIN et al., 2009).

O pão é um dos alimentos mais consumidos pelos brasileiros, sendo o pão francês o mais consumido e em seguida o pão de forma (ABIP, 2019). Contudo, o mercado de pães especiais, que adicionam grãos integrais, cereais, ervas e outros ingredientes com necessidade nutricional, apresentam crescimento significativo na panificação (PROPAN, 2019).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2000), em sua resolução nº 90, de 18 de outubro de 2000, pão de forma é o produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia, enquanto que pão integral é definido como sendo um produto produzido por farinha de trigo e farinha de trigo integral, adicionadas ainda de farelo e/ou fibras de trigo.

Os pães à base de trigo são fontes significativas de proteína, carboidratos complexos, fibras, vitaminas e minerais. Os pães confeccionados com farinha integral (trigo integral) exercem uma contribuição nutricional maior, pois 100% dos grãos são convertidos em farinha (CAUVAIN, 2009).

Devido à baixa ingestão de fibras, vitaminas e minerais ser uma constante na população, Fasolin et al. (2007), sugeriu alternativas para aumentar o consumo desses nutrientes. Uma das alternativas sugeridas em seu trabalho foi a produção de novos alimentos que pudessem ter um valor nutricional superior ao alimento original, mas que também fosse economicamente acessível ao consumidor.

Vários estudos têm sido realizados com a finalidade de melhorar o valor nutritivo de pães, principalmente quanto ao teor e qualidade proteica, além do conteúdo de minerais, vitaminas e fibras alimentares. Pães obtidos a partir de farinhas mistas e farinhas integrais ou com adição de micro ou macronutrientes tem despertado a atenção de consumidores por sua contribuição ao suprimento de necessidades nutricionais diárias ou por disponibilizar substâncias com alegações de propriedades funcionais que previnem ou auxiliam o tratamento de doenças, como fibras, ácidos graxos essenciais e outros (KAJISHIMA et al., 2003; SKRBIC; FILIPCEV, 2009).

No entanto, o aumento do teor de fibras na massa, oriundos da farinha de trigo integral, causa diminuição na sua resistência à expansão, na alveografia. Em panificação, este resultado significa diminuição da capacidade de retenção de gás da massa devido ao aumento do conteúdo de fibras presentes, que afeta o volume e a textura do pão (DOMINGUÉZ et al., 2003), resultando em uma menor aceitação sensorial do produto em relação aos produtos de farinha branca.

Para solucionar essa questão da diminuição da retenção de gás, tem-se estudado o enriquecimento de pães com glúten vital. Caproni e Bonafaccia (1989), ao analisarem o alveograma de farinha de trigo com adição de glúten vital na proporção entre 3 e 5%, concluíram que este aditivo conferiu valores maiores de elasticidade (P) e de força (W), além de uma relação tenacidade/extensibilidade P/L mais equilibrada e constante.

Magnuson (1985) explicou que as propriedades viscoelásticas do glúten melhoram a força da massa, a tolerância à mistura e propriedades de

manuseio e que sua habilidade para formar filme proporciona uma melhor retenção de gás e uma expansão controlada, conferindo melhor volume, uniformidade e textura.

Neste contexto, idealizou-se a suplementação de pães integrais com um produto desenvolvido por uma indústria de aditivos para panificação, denominado glúten extrusado, que tem o propósito de reduzir de 50 a 75% a quantidade de glúten suplementado, quando comparado ao uso de glúten vital, regularmente utilizado em produtos de panificação.

De acordo com o Entrevistado 1 (2020), para a obtenção do glúten extrusado, a extrusora com pressão e temperatura controladas, tem a função de unificar o glúten tradicional/vital a um emulsificante fluido e homogêneo. Basicamente o glúten entra na extrusora, recebe o emulsificante por velocidade e pressão controlados pela rotação da máquina onde ocorre a unificação das partes sólida e líquida. Na saída da máquina, há uma queda de pressão e uma expansão do produto, transformando-o em pó. Esse processo modifica o glúten, deixando-o com uma alta performance e otimizando o produto quanto a sua dosagem.

O desenvolvimento deste projeto visa o fato de que o consumo do pão integral seria uma alternativa mais saudável para o dia a dia, já que possui maior teor de fibras, vitaminas e minerais. Ao optar pela farinha de trigo integral o corpo ganha benefícios à saúde, ajudando na função intestinal e aumentando a sensação de saciedade. O glúten extrusado pode aumentar esses benefícios por ser uma fonte de proteína e por suas propriedades, que auxiliam na melhoria da qualidade do produto e que apresentam um maior custo benefício quando comparado ao glúten vital, frequentemente utilizado na indústria de panificação.

Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo testar diferentes concentrações de glúten extrusado na formulação de pães de forma, elaborados com farinha integral, avaliar as características tecnológicas dos pães de forma e da farinha e definir a melhor concentração de glúten extrusado a ser usada.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver formulações de pães de forma integral com adição de glúten extrusado, tendo em vista melhorar as características tecnológicas do pão suplementado quando comparados ao pão de forma integral tradicional.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar pães de forma com diferentes concentrações de glúten extrusado.
- Submeter os produtos elaborados e as farinhas utilizadas às análises físico – químicas e tecnológicas.
- Avaliar as características tecnológicas dos pães de forma formulados e da farinha de trigo integral com diferentes concentrações de glúten extrusado.
- Definir a concentração de glúten extrusado com melhor desempenho em panificação

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 O TRIGO E A FARINHA DE TRIGO INTEGRAL

Segundo a Associação Brasileira de Trigo (ABITRIGO, 2019), seu cultivo remonta há mais de 10 mil anos, tendo sido iniciado na Mesopotâmia e a partir daí se difundiu para todo o mundo. Inicialmente, o trigo era consumido em forma de papa com frutas e peixes, passando mais tarde a ser consumido na forma de pão, pela descoberta da fermentação de sua farinha por volta de 4.000 a.C.

O trigo (*Triticum aestivum* L.) está entre os cereais mais importantes no mundo, sendo o segundo maior cultivo responsável pela alimentação humana (FAO, 2015). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2012), a maior safra de trigo do Brasil é produzida na região Sul do país, responsável por 90% da produção do país, mas também são cultivados no Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) e Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal) em menor escala. A produção de trigo no Brasil é de cerca de 5 a 6 milhões de toneladas, e o consumo anual é de 10 milhões de toneladas, sendo que cerca de 4 milhões de toneladas de farinha de trigo são importadas para atender a essa demanda.

De acordo com Pereira (2002), o trigo é o único grão que pode extrair diferentes tipos de farinha, podendo formar massas consistentes, coesas, elásticos e expansíveis. Isso se deve ao fato do trigo ser um cereal que contém glúten, uma rede proteica formada pela gliadina e pela glutenina, em quantidade e qualidade suficientes para obter elasticidade e extensibilidade às massas. As variedades de trigo diferem entre si, principalmente em termos de resistência do grão, potencial de extração da farinha e teor de proteína, pelas características do glúten, pela capacidade de absorção de água e pela atividade enzimática. Essas diferenças são determinantes para melhorar a utilização do trigo e de suas farinhas.

Segundo a Instrução Normativa 08/2005, estabelecida pelo MAPA (BRASIL, 2005), as farinhas de trigo são feitas a partir de grãos de trigo do

gênero *Triticum aestivum* L. ou outras espécies de gênero *Triticum*, e de acordo com Pereira (2002), a qualidade tecnológica de uma farinha pode ser definida através de análises e testes instrumentais característicos, os quais são realizados por laboratórios de controle de qualidade de farinhas, sendo estes testes os responsáveis por determinarem um fim próprio para de cada tipo de farinha.

As farinhas integrais consistem de grãos moídos em sua totalidade e são constituídas pelo farelo, pelo germe e pelo endosperma (WHOLE GRAINS COUNCIL, 2019), possuindo granulometria homogênea. As mesmas têm sido demonstradas por muitos pesquisadores como uma fonte rica desses ingredientes funcionais, tais como fibras, fitoquímicos, minerais, aminoácidos essenciais que estão localizados no farelo e vitaminas lipossolúveis contidos no germe do grão de trigo integral. (DEWETTINCK et al., 2008).

Dewettinck et al (2008), também afirmam que:

Os cereais integrais dispõem de quantidades significativas de vitaminas do complexo B, destacando-se a tiamina, riboflavina, niacina e piridoxina. Trigo, cevada e aveia são também fontes de biotina e, juntamente com o centeio, de ácido fólico. Cereais possuem como característica um baixo teor lipídico e tendem a ter baixos teores de vitaminas lipossolúveis A, D, E e K e possuem em torno de 1,5 - 2,5% de minerais. Trigo, centeio e aveia são conhecidos também por ser ricos em fósforo. O trigo é fonte de um micronutriente essencial, o selênio, porém, como os demais cereais, possui ácido fítico que é um mineral considerado como um fator antinutricional. Ácido fítico dispõe de elevada atividade quelante, que pode diminuir a biodisponibilidade de minerais.

O consumo de farinha integral é encorajado principalmente pelo alto teor de fibras, com comprovados benefícios à saúde humana; porém, sensorialmente, a farinha integral confere características não desejadas ao produto, principalmente pela redução do volume, perda da maciez do miolo, efeitos sobre o sabor e escurecimento. Uma alternativa é utilizar o amido resistente, que além de funcionar como fibra alimentar, altera menos o produto convencional, possibilitando incluir funcionalidade sem prejudicar muito as características tecnológicas e sensoriais (ANDRADE, 2018).

Com a preocupação que o consumidor tem tido em relação à sua saúde, a procura por cereais integrais vem aumentando cada vez mais, e isso tem ocorrido devidos os benefícios que estes produtos proporcionam em relação ao controle de diabetes, obesidade e doenças cardiovasculares. Com isto, tem surgido a necessidade e o interesse da indústria em inserir certos ingredientes, com o intuito de elevar o valor agregado de produtos alimentícios processados (SILVA, 2011; VOORPOSTEL et al., 2014).

### 3.2 O PÃO

De acordo com a ANVISA (2000), pão é definido como um produto obtido pelo cozimento de uma massa fermentada, preparada com farinha de trigo e/ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten e/ou adicionada das mesmas e água, podendo ainda ser adicionada de outros ingredientes. Enquanto que o pão integral é obrigatoriamente preparado com farinha de trigo e farinha de trigo integral e/ou farelo de trigo, podendo também ser adicionado de outros ingredientes.

O pão é o alimento mais antigo do mundo. Inicialmente era um alimento caseiro, que apresentava aspectos duros e achatados, mas com o passar dos anos foram se desenvolvendo melhorias em suas características sensoriais e tecnológicas. No Brasil, o pão chegou com os colonizadores portugueses e no início do século XX a atividade de panificação se expandiu. O pão passou a ser essencial na mesa do brasileiro, e atualmente o setor de Panificação e Confeitaria corresponde a um faturamento de R\$ 76.405 bilhões (ABIP, 2019).

Os pães são fontes importantes de carboidratos, proteínas e vitaminas (MENEZES et al., 2009) e, por isso, são produtos muito apreciados pela população, apresentando elevado consumo mundial (DALL'AGNOL et al., 2018). Por isso, o pão tem sido muito usado para fins de enriquecimento nutricional, principalmente por ser uma das principais fontes calóricas da dieta em muitos países e ser amplamente consumido por indivíduos de diversas classes sociais (RANHOTRA et al., 2000; KAJISHIMA et al., 2003).

Conforme Young e Cauvain (2009) afirmaram,

O crescimento das variedades de pão resulta das propriedades únicas das proteínas do trigo de produzir glúten. A massa do glúten, capaz de se deformar, alongar, recuperar a forma e aprisionar gases, é muito importante para a produção do pão. A característica do pão e de outros produtos feitos de trigo depende muito da formação de uma rede de glúten na massa, pois além de aprisionar o gás da fermentação, também contribui diretamente com a formação de uma estrutura celular do miolo, que depois de assado, confere textura e qualidades sensoriais que são diferentes em comparação a outros produtos.

Com o aumento da conscientização de um estilo de vida saudável com base no consumo de alimentos funcionais, pães contendo grãos integrais, grãos múltiplos ou outros ingredientes funcionais, especialmente de leguminosas, tornam-se cada vez mais importantes na indústria de panificação e nos mercados emergentes (DEWETTINCK, 2008).

### 3.3 GLÚTEN

O principal constituinte dos grãos de cereais é o amido, seguido em quantidade pelas proteínas, que constituem aproximadamente 10 a 15% do peso dos grãos. As proteínas dos cereais são classificadas de acordo com a solubilidade em albuminas, que são solúveis em água; globulinas, solúveis em soluções salinas; prolaminas, solúveis em soluções alcoólicas e glutelinas, solúveis em soluções ácidas ou alcalinas (SGARBIERI, 1996).

As proteínas de reserva do trigo, que formam o glúten, são as gliadinas (que pertencem à classe das prolaminas) e as gluteninas (que pertencem à classe das glutelinas) (SGARBIERI, 1996).

O glúten é fundamental na produção de pães, pois permite a retenção de gases gerados no interior das moléculas dos cereais, particularmente do trigo, durante a fermentação biológica, permitindo a expansão e maciez da massa (sendo um fenômeno popularmente conhecido como crescimento do pão) (CESINO, 2012), desempenhando um papel único e fundamental nas características de produtos de panificação.



Dentre os componentes da massa de pão, o glúten é o único que exhibe redes viscoelásticas que são responsáveis pelas propriedades elásticas e extensíveis que ajudam a reter o gás produzido a partir da fermentação de levedura e aumento no forno (DEMIRKESEN et al., 2013).

Como outro grão qualquer, o trigo possui suas proteínas, as quais se dividem em: proteínas solúveis (albumina e globulina) e em proteínas insolúveis (gliadina e glutenina). O glúten é formado quando a farinha de trigo é misturada à água e sofre a ação de um trabalho mecânico. À medida que a água começa a interagir com as proteínas insolúveis da farinha de trigo (glutenina e gliadina) a rede de glúten começa a ser formada. Sendo assim, o glúten é formado pela interação entre moléculas de gliadina e glutenina que ao se hidratarem formam uma rede (PIZZINATO, 1999).

É conhecido que as gluteninas contribuem principalmente para as propriedades elásticas do glúten, enquanto as gliadinas contribuem para as propriedades de viscosidade (XU et al., 2007), portanto, as interações entre o complexo de proteínas e a estrutura do glúten atuam sobre as propriedades da massa.

As gliadinas são proteínas de cadeia simples, extremamente pegajosas, responsáveis pela consistência e viscosidade da massa e apresenta pouca resistência a extensão. As gluteninas, por sua vez, apresentam cadeias ramificadas, sendo responsáveis pela elasticidade da massa. As quantidades destas duas proteínas no trigo são fatores determinantes para a qualidade da rede formada no processo de panificação (EMBRAPA, 2008).

### 3.4 EXTRUSÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Na indústria alimentícia, consideram-se duas modalidades de extrusão, a extrusão a quente e a extrusão a frio. Na extrusão a quente, denominada extrusão-cozedura, é empregue calor, de modo a obter no canhão temperaturas da ordem dos 100 – 180°C (MUELENAERE, 1989; FELLOWS, 2006). A extrusão a quente é utilizada com o intuito de cozedura de materiais, geralmente amiláceos, processados de forma a obter uma massa plástica viscosa. Outras importantes utilizações da extrusão a quente são a

gelatinização do amido, a inativação enzimática, a redução da flora microbiana, a destruição de toxinas termolábeis e de substâncias menos resistentes ao calor que poderiam propiciar alterações organolépticas prejudiciais ao produto (HARPER, 1979; FELLOWS, 2006).

Já a extrusão a frio, com temperaturas de cerca de 50°C no produto, é usada para moldagem de massas alimentícias e no processamento de produtos cárneos e de gomas (HAUCK, 1993).

O cozimento por extrusão é uma tecnologia que opera em altas temperaturas por um curto período de tempo, sendo uma ciência moderna e versátil que converte produtos agrícolas em alimentos totalmente cozidos, de baixa umidade e com maior vida de prateleira (BERRIOS, MORALES, CÁMARA, & SÁNCHEZ-MATA, 2010). Segundo Pietsch et al. (2019), o processo de extrusão é operado com alto teor de umidade e com uma longa matriz de resfriamento presa à extremidade da extrusora. Durante este processo, as características do produto final podem ser controladas por diferentes parâmetros de processo, tais como temperatura do cilindro, velocidade do parafuso, geometria e temperatura da matriz.

Como consequência do processo de extrusão de alimentos, podem ocorrer modificações na composição nutritiva e nas propriedades funcionais destes alimentos (OLIVEIRA, ROSELL, & STEEL, 2015). De acordo com Mulero et al., (2020), o processo de extrusão apresenta efeitos considerados benéficos do ponto de vista nutricional, como por exemplo, a destruição de fatores antinutricionais, a gelatinização do amido, o aumento do conteúdo de fibra e a redução da oxidação lipídica.

O processo de extrusão tem o potencial de mudar a estrutura, solubilidade e digestibilidade da proteína através de uma combinação de cisalhamento, calor e pressão (ANDERSON e NG, 2000).

Inicialmente as proteínas vegetais são conduzidas por dois parafusos com rotação conjunta, onde o tratamento termomecânico gerado por estes parafusos e cilindros aquecidos altera a estrutura molecular da proteína. Estas mudanças na estrutura molecular geralmente ocorrem em duas etapas que envolvem a desnaturação proteica e a formação de novas interações covalentes e não covalentes. A formação de interações proteína-proteína resulta na formação de agregados proteicos que são solúveis ou insolúveis em

água e para o glúten de trigo, a formação de ligações de dissulfeto tem desempenhado um papel importante durante o processo de extrusão de alta umidade (PIETSCH, et al. 2019).

Para expandir a aplicabilidade do glúten de trigo na indústria de alimentos, Wang et al. (2017), investigaram o efeito, devido ao uso de diferentes aditivos, nas propriedades físico-químicas e estruturais de misturas de glúten/amido de trigo, durante a extrusão de rosca dupla. Neste mesmo estudo, os autores observaram que ocorreu a formação de macromoléculas nas misturas de glúten durante a extrusão, o que poderia ser atribuído à formação de novas ligações dissulfeto e interações não covalentes. Além disso, foi constatado que um aumento significativo na capacidade de retenção de água e na digestibilidade da proteína dos produtos extrusados de glúten de trigo.

Para o glúten de trigo, Wang et al. (2017) e Li et al. (2018), foram capazes de relacionar a formação de estruturas fibrosas com o aumento da polimerização das subunidades de glúten de trigo através da formação de ligações de dissulfeto. Ambos os estudos enfocam o uso de aditivos para melhorar o comportamento de polimerização do glúten de trigo.

### 3.5 ADITIVOS DE PANIFICAÇÃO

Segundo Miranda (2016), o aditivo é um dos ingredientes mais utilizados e bastante importantes na panificação devido suas inúmeras funções. Ele auxilia na melhora e manutenção da qualidade dos alimentos durante sua vida de prateleira, este ingrediente pode ser usado como melhorador ou como condicionadores, sob a forma de pó, gordura ou pasta, diretamente em misturas de panificação.

Alguns dos aditivos mais utilizados são os agentes antioxidantes, como o ácido ascórbico e azodicarbonamida, que desempenham função principal de unir as porções proteicas originárias do glúten; as enzimas, que melhoram a textura do produto; os emulsificantes, que auxiliam no aumento do volume dos pães e na melhora da textura, e por fim os conservantes, como por exemplo, o dióxido de enxofre, ácido benzóico e nitrato de potássio, utilizados na maioria

das vezes nos pães de forma ou pães embalados, para conservar e conseqüentemente aumentarem a validade do produto, evitando o crescimento microbiano no produto.

### 3.6 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

#### 3.6.1 Textura

A denominação mais aceita para textura é: “Uma manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e de superfícies de alimentos detectadas através dos sentidos da visão, audição, tato e cinestésicos” (SZCZESNIAK, 2002).

Além do aspecto visual, alguns outros atributos definem a qualidade de um produto, como o sabor, o aroma e a textura. O sabor é tradicionalmente um dos principais atributos que define a aceitabilidade, entretanto, a textura tem sido amplamente relacionada, como sendo o atributo responsável por sua rejeição (CARDELLO, 1996).

A percepção da textura, ao contrário dos atributos sensoriais, sabor e cor envolvem três sentidos atuando simultaneamente: tato, visão e audição. Desta forma, a maioria das percepções associadas à textura ocorre quando os alimentos são manipulados, mastigados e movidos entre os receptores da boca (SZCZESNIAK, 2002).

Existem diversos métodos de medição de textura, como a utilização de um painel sensorial treinado e técnicas instrumentais, sendo a técnica de compressão a mais comum (HARKER et al., 1997).

Um dos testes mais comuns que são utilizados para a determinação de parâmetros de textura são os testes de compressão, que são comumente chamados de TPA (*Texture Profile Analysis*), sendo que neste teste a amostra é submetida à compressão consecutiva, imitando um movimento do maxilar (SAHIN; SUMNU, 2006).

### 3.6.2 Atividade da enzima $\alpha$ -amilase

A atividade da enzima  $\alpha$ -amilase é mensurada indiretamente pelo valor obtido na análise denominada de *Falling number*. Esta análise fundamenta-se na rápida gelatinização do amido em uma suspensão aquosa, quando submetido a tratamento térmico em banho de água em ebulição (100 °C) e na subsequente liquefação do gel formado pela ação da  $\alpha$ -amilase presente na amostra. (POSNER; HIBBS, 1999). Esta característica é importante para a produção de massas alimentícias, pois a baixa atividade enzimática ajuda a manter a qualidade do produto, tanto em textura como em tolerância ao cozimento (PIZZINATTO, 1999).

### 3.6.3 Força de glúten

A força de glúten é observada com o teste de alveografia, o qual simula o comportamento da massa durante o processo de fermentação avaliando as características viscoelásticas (força e extensibilidade) da farinha de trigo utilizando diferentes parâmetros, os quais possibilitam determinar o tipo de produto para o qual servirá a farinha (MELLADO, 2006; MÓDENES et al., 2009). Deste modo, uma massa forte, que possa ser estendida de maneira limitada e mostre tendência a recuperar a sua forma original, será adequada para panificação. Ao contrário, uma massa fraca, que se estenda facilmente, mostre elasticidade limitada e não recupera sua forma original é adequada para biscoitos (MELLADO, 2006).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

As amostras de farinha de trigo integral e os aditivos utilizados foram fornecidos por um moinho de trigo. O glúten extrusado foi fornecido por uma indústria de aditivos para panificação. As amostras foram armazenadas em ambiente hermético para a proteção da umidade, até momento da análise.

As formulações e análises de coloração da farinha e dos pães, *falling number*, alveografia e volume específico dos pães foram realizadas em triplicata, no laboratório do moinho, e as análises de determinação de cinzas da farinha e textura dos miolos foram realizadas no laboratório de alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O glúten extrusado foi adicionado no preparo das farinhas de acordo com suas respectivas concentrações: controle (isento de glúten), G.E 2,5%, G.E 5%, G.E 10%.

### 4.2 MÉTODOS

#### 4.2.1 Análises da farinha de trigo integral

##### 4.2.1.1 Determinação de cinzas

As cinzas foram determinadas pelo método de resíduos por incineração (018/IV) de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz – IAL (2008).

Para realização da análise, foram pesados 5 g de amostra em um cadinho, previamente aquecido em mufla a 570°C e posteriormente resfriada em dessecador até atingir temperatura ambiente.

Após pesagem das amostras, as mesmas foram submetidas ao aquecimento em bico de Bunsen, até completa carbonização, e em seguida incinerado a 570°C em mufla, até a eliminação completa do carvão.

Em seguida, as amostras incineradas foram resfriadas em dessecador até temperatura ambiente, para posterior pesagem e obtenção dos resultados desejados.

#### 4.2.1.2 *Falling number*

Para a análise de número de queda seguiu-se o método analítico utilizado pela GRANOTEC/GRANOLAB (2015). Para realização desta análise pesou-se 7 gramas de farinha, a qual foi colocada no tubo viscosimétrico, que continha 25 mL de água destilada, medida em uma pipeta. Após a homogeneização da farinha com a água, limpam-se as paredes do tubo com o agitador viscosimétrico.

Feito isso, foi colocado o tubo flutuante com o agitador viscosimétrico no equipamento, com a água destilada em temperatura de ebulição. Após imergir o tubo de ensaio no banho, a haste do dispositivo levanta o agitador e move-o para cima e para baixo repetidamente até que esteja estável.

O tempo em segundos que o agitador levar para tocar novamente o fundo do tubo é o tempo correspondente ao número de queda, indicando a atividade da enzima  $\alpha$ -amilase. O resultado é expresso em segundos.

#### 4.2.1.3 Alveografia

A análise de Força do Glúten foi realizada no equipamento Alveógrafo, seguindo os métodos analíticos utilizados pela GRANOTEC/GRANOLAB (2015).

Para a realização dessa análise foram pesados 250 g de farinha, misturando com solução salina a 2,5% em masseira por aproximadamente 8 minutos. A quantidade de água utilizada foi determinada pela quantidade de umidade presente na farinha.

Ao final dos 8 minutos de batidura, realizou-se a extrusão da massa e a laminação. Em seguida foram feitos 5 cortes circulares para cada uma das 4 amostras analisadas, e as mesmas foram armazenadas na câmara de repouso do alveógrafo por 28 minutos para posterior expansão das amostras. Após este tempo, os pedaços de massa foram insuflados até o primeiro sinal de ruptura da massa.

Os resultados do ensaio de alveografia foi a média das cinco curvas obtidas, e os parâmetros foram, tenacidade (P), extensibilidade (L), tenacidade/extensibilidade (P/L), força (W) e índice de elasticidade (IE).

#### 4.2.2 Elaboração e análises dos pães de forma integral

##### 4.2.2.1 Formulação e elaboração dos pães de forma integral

Para a elaboração dos pães de forma integral utilizou-se farinha de trigo refinada, farelo de trigo, aditivos padrão do moinho, fermento biológico seco, água, e o glúten extrusado nas concentrações 2,5%, 5% e 10%. As quantidades de cada ingrediente estão listadas na tabela 1.

Tabela 1- Quantidade de ingredientes da formulação.

INGREDIENTES	QUANTIDADES
Farinha de trigo refinada	700g
Farelo de trigo	300g
Aditivos padrão	92,8g
Fermento biológico seco	8g
Água	560g
Glúten extrusado	2,5% ; 5% ; 10%

Fonte: Autoria própria (2020).

Um total de quatro formulações foram elaboradas, sendo um considerado controle (sem adição de glúten), e três formulações adicionadas de glúten extrusado (G.E (2,5); G.E (5); G.E (10)), cujos percentuais foram 2,5%, 5% e 10%, respectivamente.



Todos os ingredientes secos foram pesados e homogeneizados em uma masseira espiral, na velocidade lenta por aproximadamente 4 minutos. Em seguida foi feita a adição de água para hidratar as fibras aos poucos, e homogeneizado por cerca de 10 minutos em velocidade rápida (até atingir o ponto de véu).

Posteriormente, a massa foi dividida em três unidades de 500 g e submetida a um descanso de 10 minutos. Após a modelagem dos pães, as porções individuais foram colocadas em formas previamente untadas com gordura vegetal hidrogenada e colocadas em câmara de fermentação, permanecendo por aproximadamente 3 horas e a 28 °C. Ao final desse período, os pães foram assados a 150 °C por 40 minutos e resfriados, embalados em sacos plásticos e armazenados à temperatura ambiente até a realização das análises.

As formulações foram feitas em triplicata e ao final das análises foi feita análise estatística para verificar a diferença significativa dos parâmetros em relação a cada formulação.

As etapas de elaboração dos pães estão apresentadas nas Figuras 1 e 2.

Figura 1- Etapas da elaboração de pães de forma.

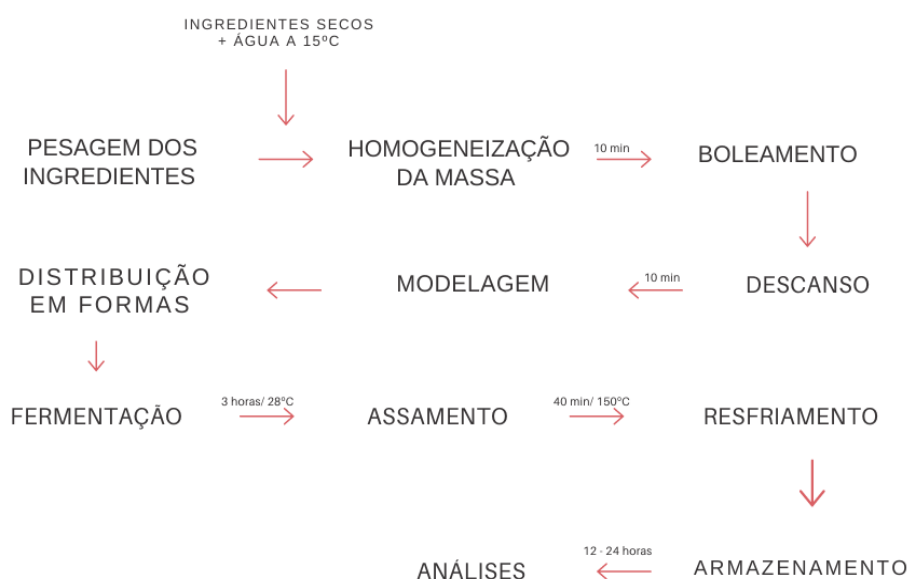


Figura 2 - Processo de panificação dos pães de forma



(1) Distribuição dos pães em forma; (2) Fermentação; (3) Assamento; (4) Resfriamento

Fonte: Autoria própria (2020).

#### 4.2.2.2 Determinação de Cor

Após o assamento dos pães foi realizada a determinação da cor do miolo dos pães com o auxílio de colorímetro Konica Minolta CR-410 (sistema  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  Color Space, por refletância), seguindo os métodos analíticos utilizados pela GRANOTEC/GRANOLAB (2015).

Os parâmetros de cor avaliados foram luminosidade ( $L^* = 100$  para branco e 0 para preto); e coordenadas de cromaticidade do sistema CIE/LAB ( $a^*$ , (-) tendência para verde e (+) tendência para vermelho;  $b^*$ , (-) tendência para azul e (+) tendência para amarelo), com iluminante D65 e 45° de ângulo.

#### 4.2.2.3 Análises de textura

A firmeza (N) dos pães foi determinada de acordo com o método modificado da AACC 74- 09 (AACC, 1995), com o auxílio do texturômetro (TA-XT2i- Stable Micro Systems, Inglaterra), equipado com um *probe* cilíndrico de compressão de 36mm de diâmetro, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,0; 1,7 e 1,0 mm/s, respectivamente. Para a análise foram utilizadas duas fatias centrais de 25 mm de espessura, totalizando 6 repetições por tratamento, considerando a elaboração de 3 pães por tratamento.

#### 4.2.2.4 Determinação de volume específico

Com uma caixa plástica contendo volume interno de 20.000 mL utilizou-se a técnica de deslocamento de sementes de painço para a medida do volume. Já para a medida das massas foi utilizada uma balança semi-analítica. O volume específico foi calculado como a razão do volume pela massa de cada pão (mL/g), segundo método 71-10 da AACC (1995).

#### 4.2.3 Análise estatística

Os dados obtidos das análises da farinha de trigo integral e dos pães foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade, e ao teste de Tukey, utilizando o software Microsoft Excel.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 FARINHA DE TRIGO INTEGRAL

#### 5.1.1 Caracterização da farinha de trigo integral

A farinha de trigo integral aditivada utilizada nos experimentos apresentaram teor de umidade de  $12 \pm 0,21\%$ , de cinzas de  $1,2 \pm 0,21\%$  e de *falling number* de  $326,25 \pm 6,28$  segundos, em média.

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2005), o limite máximo permitido de umidade para a farinha de trigo, seja qual for sua classificação, é de 15%. Já para o teor de cinzas da farinha de trigo integral, o limite máximo é de 2,5%, portanto, todas as amostras avaliadas neste trabalho estão abaixo deste limite, como descrito na Tabela 2.

Tabela 2- Cinzas, umidade e *falling number* da farinha integral com e sem adição de glúten extrusado.

Amostras	Cinzas (%)	Umidade (%)	Falling Number (s)
Controle	$1,11^a \pm 0,03$	$12,4^a \pm 0,0$	$358,5^a \pm 9,19$
G.E 2.5%	$1,16^a \pm 0,05$	$12,0^a \pm 0,0$	$328,5^b \pm 7,78$
G.E5%	$1,14^a \pm 0,03$	$11,8^a \pm 0,0$	$325,5^b \pm 3,54$
G.E10%	$1,51^a \pm 0,41$	$11,9^a \pm 0,0$	$292,5^c \pm 0,71$

Dentro da mesma coluna valores com letras diferentes diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo método de Tukey.

Fonte: Autoria própria (2020).

Pode-se observar que não houve diferença significativa, para a determinação de umidade e cinzas da farinha, entre as amostras analisadas, confirmando que a adição de glúten extrusado não interferiu nos resultados de cinzas e umidade da farinha.

Vale ressaltar que as análises citadas anteriormente, tem importância na conservação e na coloração da farinha respectivamente, portanto, afetam

diretamente na comercialização do produto. Ou seja, a adição de glúten extrusado não interfere nas características de comercialização das farinhas integrais.

A análise de *falling number*, também conhecida como número de queda, tem a função de medir a atividade da enzima  $\alpha$ -amilase na farinha. Altos valores indicam baixa atividade enzimática, ao mesmo tempo que baixos valores indicam alta atividade enzimática, circunstância que normalmente resulta do processo de germinação pré-colheita (Brasil,2005). Na Tabela 2, nota-se que as amostras analisadas diferem entre si, com exceção das amostras de concentração 2.5% e 5% de glúten extrusado, que apresentaram valores semelhantes se comparados às duas amostras restantes. A amostra controle apresentou o maior número de queda, representado por 358,5 segundos, enquanto que a amostra com a maior concentração de glúten (10%) expressou o menor número de queda (292,5 segundos), indicando que quanto maior a concentração de glúten utilizada, mais alta é a atividade enzimática da farinha e conseqüentemente, mais escuro e pegajoso tendem a ser o miolo dos pães preparados com a farinha G.E 10% (MIRANDA et al., 2010).

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados para alveografia da farinha integral.

Tabela 3 - Alveografia da farinha integral com e sem adição de glúten extrusado.

Amostras	P (mm)	L(mm)	W( $10^{-4}$ J)
Controle	98,00 <sup>c</sup> $\pm$ 5,7	46,00 <sup>a</sup> $\pm$ 4,2	180,00 <sup>b</sup> $\pm$ 5,7
G.E (2.5%)	143,00 <sup>b</sup> $\pm$ 0	32,00 <sup>b</sup> $\pm$ 1,4	213,5 <sup>ab</sup> $\pm$ 6,4
G.E (5.0%)	145,5 <sup>b</sup> $\pm$ 2,1	34,00 <sup>b</sup> $\pm$ 2,8	231,00 <sup>a</sup> $\pm$ 9,9
G.E (10.0%)	220,00 <sup>a</sup> $\pm$ 8,5	27,00 <sup>b</sup> $\pm$ 1,4	246,00 <sup>a</sup> $\pm$ 19,8

Dentro da mesma coluna, valores com letras diferentes diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo método de Tukey.

Fonte: Autoria própria (2020).

A farinha integral possui um alto teor de proteína devido a quantidade de farelo presente em sua composição, porém essa proteína não é formadora de glúten e isso atribui uma redução da força do glúten, classificando-a como uma

farinha fraca. O glúten, em razão da sua capacidade de elasticidade e extensibilidade, é quem compreende a habilidade de força à farinha de trigo.

A farinha integral pura, sem nenhum aditivo, utilizada como base para as misturas de farinhas no presente trabalho, apresentou uma força  $W$  no valor de  $161 \times 10^{-4}$  J que a caracteriza como uma farinha fraca, mas em razão da adição do glúten extrusado e os demais aditivos à farinha de trigo integral, podemos verificar que ocorre um aumento na força das formulações testadas, corrigindo os defeitos da farinha integral.

No geral, a força do glúten ( $W$ ) determinada no alveógrafo foi de  $217,63 \times 10^{-4}$  J (Tabela 3). Os valores de  $W$  apresentaram grande variação entre as amostras. A menor força de glúten foi verificada na amostra controle com um  $W$  de  $180 \times 10^{-4}$  J. Observou-se que as farinhas adicionadas de 5 e 10% diferiram significativamente da amostra controle. A adição de 2,5% de glúten extrusado não apresentou diferença significativa do controle e das amostras com 5 e 10%.

Observou-se também que houve um aumento dos valores para o parâmetro tenacidade ( $P$ ) e uma diminuição dos valores do parâmetro extensibilidade ( $L$ ), que irão interferir diretamente na firmeza do produto final, quando comparado às amostras adicionadas de glúten com o controle. Para a tenacidade ( $P$ ), não houve diferença significativa entre as amostras suplementadas com 2,5% e 5%. Farinhas com maior tenacidade foram observadas com a adição de 10% de glúten extrusado. Para a extensibilidade ( $L$ ) não houve diferença significativa entre as amostras adicionadas de glúten, porém todas diferiram significativamente da amostra controle.

A cor é um importante atributo de qualidade da farinha. Geralmente os consumidores têm preferência pelas farinhas mais brancas, porém nem sempre elas são as de melhor qualidade para os produtos finais (BRASIL, 2005).

Na Tabela 4, observaram-se os resultados dos parâmetros luminosidade ( $L^*$ ), coordenada de cromaticidade ( $a^*$ ), e coordenada de cromaticidade ( $b^*$ ) para a análise de cor da farinha integral.

Tabela 4 - Cor da farinha integral com e sem adição de glúten extrusado

Amostras	L*	a*	b*
Controle	87,8 <sup>a</sup> ± 0,16	0,415 <sup>d</sup> ± 0,5	10,61 <sup>c</sup> ± 0,01
G.E (2.5%)	87,02 <sup>b</sup> ± 0,16	1,005 <sup>c</sup> ± 0,5	11,04 <sup>c</sup> ± 0,03
G.E (5.0%)	85,93 <sup>c</sup> ± 0,16	1,78 <sup>b</sup> ± 0,4	11,66 <sup>b</sup> ± 0,05
G.E (10.0%)	84,03 <sup>d</sup> ± 0,21	2,775 <sup>a</sup> ± 0,4	12,33 <sup>a</sup> ± 0,21

Dentro da mesma coluna, valores com letras diferentes diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo método de Tukey.

Fonte: Autoria própria (2020).

Observou-se que a formulação controle, que não possui adição de glúten, apresentou maior luminosidade e a formulação G.E (10%) a menor luminosidade, estabelecendo diferença significativa entre as amostras. De modo geral, o parâmetro L\* de todas as amostras de farinha aproximaram-se do branco (100).

Para todas as formulações o parâmetro a\* e b\* apresentaram valores positivos, ou seja, todos ficaram próximos da coloração vermelha e amarela respectivamente. O glúten extrusado utilizado nas análises apresentou coloração alaranjada, o que influenciou diretamente na redução da luminosidade e no aumento da cromaticidade vermelha e amarela das farinhas integrais, e por essa razão, conforme aumentou-se as concentrações de glúten na amostra, mais escura ficou a farinha.

## 5.2 PÃO DE FORMA INTEGRAL

### 5.2.1 Propriedades tecnológicas e físico-químicas do pão de forma

A Tabela 5 apresenta os dados obtidos das análises tecnológicas e físico-químicas das formulações dos pães de forma integral.

Tabela 5- Firmeza e cor do miolo dos pães integrais com e sem adição de glúten extrusado.

Amostras	Firmeza (N)	Cor dos miolos		
		L*	a*	b*
Controle	102,9 <sup>ab</sup> ± 8,1	63,42 <sup>b</sup> ± 0,25	5,44 <sup>bc</sup> ± 0,07	15,05 <sup>b</sup> ± 0,29

G.E(2.5%)	83,4 <sup>b</sup> ± 11,2	64,48 <sup>a</sup> ± 0,43	5,27 <sup>c</sup> ± 0,11	15,08 <sup>b</sup> ± 0,07
G.E(5%)	93,1 <sup>b</sup> ± 8,7	64,57 <sup>a</sup> ± 0,18	5,54 <sup>b</sup> ± 0,09	15,41 <sup>b</sup> ± 0,07
G.E(10%)	118,75 <sup>a</sup> ±9,8	63,96 <sup>ab</sup> ± 0,38	6,02 <sup>a</sup> ± 0,09	16,15 <sup>a</sup> ± 0,24

Dentro da mesma coluna, valores com letras diferentes diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo método de Tukey.

Fonte: Autoria própria (2020).

Segundo Carr et al (2006), a força necessária para causar deformação no produto após a primeira compressão é denominada firmeza. Esse parâmetro é uma importante característica de qualidade do pão, visto que o consumidor tem preferência por um produto macio e flexível, isto é, de baixa firmeza. Ao observar os dados de firmeza das formulações na Tabela 5, pôde-se constatar que não houve diferença significativa entre o controle e as demais formulações, porém as formulações G.E (2.5%) e G.E (5%) diferiram estatisticamente da formulação G.E (10%). Verificamos ainda que, a adição de glúten nas concentrações 2.5% e 5% resultou em diminuição na firmeza do miolo dos pães. Entretanto, a formulação G.E (10%) foi a que apresentou o maior valor para firmeza dentre todas as formulações, não sendo interessante sua utilização, pois resultaria num pão de volume reduzido e textura mais firme que o desejado.

Para a análise de cor, observou-se que a formulação G.E (10%) não apresentou diferença estatística das demais amostras, mas as formulações de concentração 2.5% e 5% diferiram estatisticamente da formulação controle. De maneira geral, o parâmetro L\* das amostras ficaram mais próximo do valor 50, qualificando um pão de forma de coloração média. Tedrus et al (2001), ao testar a adição de glúten (20%), comumente utilizado na indústria de panificação, em pães de aveia, constatou que os miolos dos pães mostraram-se mais escuros, quando comparados com o miolo dos pães de trigo tradicional.

Os parâmetros a\* e b\*, para todas as amostras analisadas, apresentaram valores positivos, atribuindo coloração vermelho e amarelo às formulações, sendo a formulação de concentração de 10% a que obteve maiores valores para os parâmetros a\* e b\*.



Na Tabela 6 estão apresentados os resultados do volume específico de cada um dos pães suplementados.

Tabela 6 - Volume específico dos pães de forma T

a	Amostras	Volume específico (cm <sup>3</sup> /g)
e	Controle	3,78 <sup>b</sup> ± 0,015
l	G.E(2.5%)	5,20 <sup>a</sup> ± 0,2
a	G.E(5%)	4,12 <sup>b</sup> ± 0,02
	G.E(10%)	3,73 <sup>b</sup> ± 0,3

Dentro da mesma coluna, valores com letras diferentes diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo método de Tukey.

Fonte: Autoria própria (2020).

O volume específico é uma medida fundamental para avaliar a qualidade do trigo (MONDAL; DATTA, 2008). Essa característica pode ser influenciada pela quantidade e qualidade da farinha de trigo, incorporação de aditivos na massa como os emulsificantes e pelo tempo de fermentação, entre outros (MEZAIZE et al., 2009).

Para a análise de volume, observou-se na Tabela 6 que a amostra G.E (2,5%) apontou diferença significativa em relação as demais amostras analisadas, apresentando um volume específico de  $5,20 \pm 0,2$  cm<sup>3</sup>/g, resultados considerados satisfatórios quando comparados com os resultados de  $3,3 \pm 0,3$  a  $5,2 \pm 0,2$  cm<sup>3</sup>/g, encontrados por Barbieri et al., (2014) ao avaliar o volume específico de pães de forma adicionados de polpa de coco verde.

Silva et al. (2010) verificaram também uma redução do volume específico de pães de forma quanto maior foi a adição de oligossacarídeos, comportamento semelhante ao encontrado neste estudo.

Facin (2020), em um trabalho semelhante a este, ao testar as mesmas concentrações para glúten vital notou que houve um aumento no volume específico de pães de forma, proporcional ao aumento das concentrações de glúten. Uma vez que a amostra de concentração 5% de glúten vital apresentou  $5,21 \pm 0,09$  cm<sup>3</sup>/g, a amostra de concentração 2,5% de glúten extrusado, avaliado neste trabalho, apresentou resultado muito semelhante ( $5,2 \pm 0,2$  cm<sup>3</sup>/g). Ou seja, pode-se reduzir em até 50% a quantidade de glúten extrusado,

para um produto final de resultado muito semelhante ao produto suplementado com glúten vital.

## 6 CONCLUSÃO

Todas as amostras de farinha apresentaram excelentes resultados para cinzas, umidade e *falling number*, apresentando valores que corroboram com a legislação vigente. A análise de cor das farinhas mostrou que conforme se aumentou a concentração de glúten na farinha, a amostra apresentou diminuição no parâmetro luminosidade. A alveografia apresentou uma farinha de glúten forte e significativamente diferente quando adicionada de glúten a 10%, porém com uma alta tenacidade e baixa extensibilidade.

Os pães produzidos apresentaram coloração marrom amarelada e aqueles adicionados de glúten 5% tiveram maior luminosidade dentre todas as amostras. A formulação que apresentou maior maciez e maior volume foi a adicionada de 2,5% de glúten extrusado.

De acordo com a análises realizadas, conclui-se que a melhor concentração de glúten extrusado a ser usada na produção de pães de forma integral é a concentração de 2,5%, pois foi a que apresentou um produto com menor firmeza, maior volume específico e melhores valores para força, tenacidade e extensibilidade do glúten, além do melhor custo benefício também, já que se utilizou de uma menor quantidade de glúten para a obtenção do produto final.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização da determinação de proteína, de glúten e análise sensorial, afim de complementar o estudo e obter resultados mais conclusivos.

## REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods Committee**, St. Paul, ed. 9, v. 1 e 2, 1995.

ABIP (Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria). Perfil do Setor de Panificação no Brasil. Disponível em: <[http://www.abip.org.br/perfil\\_internas.aspx?cod=35](http://www.abip.org.br/perfil_internas.aspx?cod=35)> Acesso em 05 jun. 2019.

ABITRIGO. **História do Trigo**. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/estatisticas-global.php> . Acesso em 17 de junho de 2019.

ANDERSON, A. K.; NG, P. K. W. Changes in disulfide and sulfhydryl contents and electrophoretic patterns of extruded wheat flour proteins. **Cereal Chemistry**, v. 77, n. 3, p. 354-359, 2000.

ANDRADE, Bruna Andina et al. Produção de farinha de banana verde (*Musa spp.*) para aplicação em pão de trigo integral. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-10, 2018.

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

BARBIERI, L; SERAVALLI, E.A.G; IGUTI, A.M. Estudo da vida de prateleira do pão de forma adicionado de polpa de coco verde. Artigo de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá, Mauá, SP, 2014. Disponível em: <https://maua.br/files/122014/estudo-da-vida-de-prateleira-do-pao-de-forma.pdf>.

Berrios, J. D. J., Morales, P., Cámara, M., & Sánchez-Mata, M. C. (2010). Carbohydrate composition of raw and extruded pulseflours. **Food Research International**, 43, 531–536.

BRASIL. ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 90, DE 18 DE OUTUBRO DE 2000**. Diário oficial, 20 de outubro de 2000. Disponível em [http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC\\_91\\_2000.pdf/6b698f91-5018-4511-9548-8f822c05f077](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_91_2000.pdf/6b698f91-5018-4511-9548-8f822c05f077)

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mapa. Instrução Normativa Mapa nº 8, de 2 de junho de 2005. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 105, p. 91, 3 jun. 2005. Seção 1.

BRASIL. Portaria n. 27, de 13 de janeiro de 1998. **Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 jan. 1998.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão: arte e ciência**. 4. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2003.

CAPRILES, Vanessa Dias et al. Efeito da adição de amaranto na composição e na aceitabilidade do biscoito tipo cookie e do pão de forma. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 3, p. 269-274, 2014.

CAPRONI, E.; BONAFACCIA, G. Azione del glutine vitale su alcune caratteristiche reologiche degli impasti di sfarinati di tenero. **Tecnica Molitoria**, v.40, n.7, p.497-5012, 1989.

CARDELLO, V. A. The role of the human senses in food acceptance. In: **Food choice, acceptance and consumption**. Springer US, 1996. p. 1-82.

CARR, L. G.; RODAS, M. A. B.; DELLA TORRE, J. C. M.; TADINI, C. C. Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread. **Lebensmittel – Wissenschaft und – Technologie**, New York, v. 39, n. 5, p. 540-547, jan. 2006.

CAUVAIN, P.S., YOUNG, S., L. 2009. **Tecnologia da Panificação**. 2ª edição. Disponível em de <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520442180/>

CESINO, J.M. Adesão à dieta isenta de glúten por celíacos do Sul Catarinense, 2012. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Nutrição) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2012. Disponível em <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/133/1/Jamille%20Martinello%20Cesino.pdf>

CIUDAD-MULERO, María et al. Novel gluten-free formulations from lentil flours and nutritional yeast: Evaluation of extrusion effect on phytochemicals and non-nutritional factors. **Food Chemistry**, v. 315, p. 126175, 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2011/2012. 9º Levantamento. Brasília: DF, junho/2012.

DALL'AGNOL, Jocelaine et al. Avaliação físico-química de pão branco e pão integral: comparação com o rótulo nutricional. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 2, 2018.

DEMIRKESEN, Ilkem; SUMNU, Gulum; SAHIN, Serpil. Image analysis of gluten-free breads prepared with chestnut and rice flour and baked in different ovens. **Food and bioprocess technology**, v. 6, n. 7, p. 1749-1758, 2013.

Dewettinck, K; Bockstaele, V.; Kuhne, B; Walle, V. ; Courtens, T; Gellynck, X. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. **Journal Cereal Science**, v. 48, p.243-257.

DOMÍNGUEZ, G. C.; GUEVARA, M. N.; REBOLLO, R. F.; ERRASQUÍN, R. A.; ESCOBEDO, R. M. Structural and farinographic changes during mixing of a yeast sweet dough. **Nahrung Food**, v. 47, n. 5, p. 312-319, 2003.

EMBRAPA – AGROINDÚSTRIA DE ALIMENTOS: Características dos grãos e farinha de trigo e avaliações de suas qualidades – Rio de Janeiro, 2008.

ENTREVISTADO 1. Depoimento [out.2020]. Entrevistador: Isa Paula de Melo Amaro. Medianeira: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020. 1 arquivo .mp3 (5 min). Entrevista concedida para o estudo sobre a suplementação do glúten extrusado.

ESTELLER, M.S. Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento. São Paulo, 2004, p.54. Dissertação (mestrado em tecnologia de alimentos), Faculdade de ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo (USP). Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-04082004-143224/publico/Esteller.pdf>.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612007000300016&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612007000300016&script=sci_arttext&tlng=pt)

Fellows, P.J. (2006) - Extrusão. In: **Tecnologia do Processamento de Alimentos. Princípios e Prática**, 2ª Edição. Porto Alegre, Artmed Editora, S.A., p. 305-319.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. Faostat, 2015. Acessado em: 30 de junho de 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

HARKER, F. R; STEC, G. H. M; HALLET, C. I; BENNETT, L. C. Texture of parenchymatous plant tissue: a comparison between tensile and other instrumental and sensory measurements of tissue strength and juiciness. **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 2, p. 63-72, 1997.

Harper, J.M. (1979) - Food Extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, February, p. 155-215

Hauck, B.W. (1993) - Choosing an extruder. In: **Turner A. (ed.) - Food Technology International Europe**. London, Sterling Publications International, p. 81-82

HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. Saint. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1990. 327 p.

HU, G.; HUANG, S.; CAO, S.; MA, Z. Effect of enrichment with hemicellulose from rice bran on chemical and functional properties of bread. **Food Chemistry**, v.115, n.3, p.839-842, Aug. 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos **Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde. Coordenadoria de Controle de Doenças. 2008.

KAJISHIMA, S.; PUMAR, M.; GERMANI, R. Efeito da adição de diferentes sais de cálcio nas características da massa e na elaboração de pão francês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p.222-225, maio/ago. 2003. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1122639/1/v23n2a21.pdf>

LI, Ting et al. Effects of alkali on protein polymerization and textural characteristics of textured wheat protein. **Food Chemistry**, v. 239, p. 579-587, 2018.

MAGNUSON, K. M. Uses and functionality of vital wheat gluten. **Cereal Foods World**, v. 30, n.2, p. 179-181, 1985.

**Manual de Instruções Analisador de umidade infravermelho halógeno IV3100**. Versão: 1.00.005. São Paulo, 2005

MELLADO, M. Z. El trigo en Chile. INIA nº 121. 684 p. **Instituto de investigaciones agropecuárias**. Chillá, Chile, 2006.

MENEZES, E.W.; GIUNTINI, E.B.; DAN, M.C.T.; LAJOLO, F.M. New information on carbohydrates in the Brazilian Food Composition Database. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.22, n.5, p.446-452, 2009.

MEZAÍZE, S.; CHEVALLIER, S.; LE BAIL, A.; LAMBALLERIE, M. Optimization of gluten-free formulations for French style breads. **Food Engineering and Physical Properties**, v. 74, n. 3, 2009.

MIRANDA, M. Z. de; DE MORI, C.; LORINI, I. Qualidade comercial do trigo brasileiro: safra 2007. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2010. 49 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 126). Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do126.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do126.htm).

MIRANDA, S.T. Qualidade e Segurança Alimentar numa Indústria de Panificação. Dissertação de mestrado – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2016. Disponível em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/100290/2/176665.pdf>

MÓDENES, A. P.; SILVA, A. M.; TRIGUEROS, D. E. G. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 508–512, 2009.

MONDAL.A.; DATTA, A.K. Bread baking – A review. **Journal Food Engineering**. v.86, p. 465-474, 2008.

Muelenaire, H.J.H. - Extrusion: a first and third world tool. Technology and the consumer. Proceedings of the SAAFOST 10th Biennial Congress and a Cereal Science Symposium held in Durban (RSA). Natal, Republic of South Africa, Vol. 1, Technikon, p. 22-42, 1989.

OLIVEIRA, Ludmilla C.; ROSELL, Cristina M.; STEEL, Caroline J. Effect of the addition of whole-grain wheat flour and of extrusion process parameters on dietary fibre content, starch transformation and mechanical properties of a ready-to-eat breakfast cereal. **International journal of food science & technology**, v. 50, n. 6, p. 1504-1514, 2015.

ORO, Tatiana et al. Adaptação de métodos para avaliação da qualidade tecnológica de farinha de trigo integral. 2013.

PEREIRA, Joelma. Tecnologia e qualidade de cereais: arroz, trigo, milho e aveia. Tese de Doutorado. UFLA/FAEPE. Lavras, MG, 2002.

PIETSCH, Valerie L. et al. High moisture extrusion of wheat gluten: Relationship between process parameters, protein polymerization, and final product characteristics. **Journal of Food Engineering**, v. 259, p. 3-11, 2019.

PIZZINATO, A. Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação e controle. Campinas, 1999.

POSNER, E.S.; HIBBS, A.N. Wheat flour milling. 1.ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1999. 341p.

RANHOTRA GS, GELROTH JA, LEINEN SD. Utilization of calcium in breads highly fortified with calcium, as calcium carbonate or as dairy calcium. *Cereal Chemists*, 2000; 77(3): 293-6.

ROJAS, J.A.; ROSELL, C.M.; DE BARBER, C.B. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 13, p. 27-33, 1998.

ROPAN (Programa de Apoio a Panificação). Programa de desenvolvimento da alimentação, confeitaria e panificação. Acesso em: 18 jun. 2019. Online. Disponível em: <<http://www.propan.com.br/noticia.php?id=844>>.

SAHIN, S.; SUMNU, S. G. Water activity and sorption properties of foods. In: **Physical properties of foods**. Springer New York, 2006. p. 193-228.

SANTOS, C.M, Métodos analíticos aplicados pela Granotec/Granolab ao trigo e à farinha de trigo. 1. ed. – Granolab do Brasil, Curitiba, 2015.

SARKAR, N; WALKER, LC Hidratação - propriedades de desidratação da metilcelulose e hidroxipropilmetilcelulose. **Poleros de hidratos de carbono** , v. 27, n. 3, p. 177-185, 1995.

SCHUKZE, MB; SCHULZ, M; HEIDEMANN, C; SCHIENKIEWITZ, A; HOFFMANN, K; BOEING, H. Fiber and magnesium in take and incidence of type 2 diabetes: a prospective study and meta-analysis. **Arch Intern Med**. 2007;167(9):956-65.

SGARBIERI, V. C. Proteínas em Alimentos Proteicos. São Paulo: Varela, 1996. p. 184-193.

SILVA, J. V. Desenvolvimento de bolos, com e sem adição de açúcar, a partir da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca e semente de abóbora (*Curcubita moschata*). 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

SILVA, M. T. P.; SILVA, C. B.; CHANG, Y. K. Utilização de frutooligossacarídeos na elaboração de pão de forma sem açúcar. **Temas Agrários**, v. 15, n. 1, p. 44-57, 2010.

ŠKRBIĆ, B.; MILOVAC, S.; CODIG, D.; FILIPČEV, B. Effects of hull-less barley flour and flakes on bread nutritional composition and sensory properties. **Food Chemistry**, v.115, n.3, p.982-988, Aug. 2009

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

TEDRUS, Guilherme de AS et al. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Food Science and Technology**, v. 21, n. 1, p. 20-25, 2001.

VOORPOSTEL, C. R.; DUTRA, M. B. L.; BOLINI, H. M. A. Sensory profile and drivers of liking for grape nectar among smoker and nonsmoker consumers. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 1, p. 164-173, 2014

WANG, Kaiqiang et al. Formation of macromolecules in wheat gluten/starch mixtures during twin-screw extrusion: effect of different additives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 15, p. 5131-5138, 2017.

WHOLE GRAINS COUNCIL. What is a whole grain? Acesso em: 18 jun. 2019. disponível em: <<http://www.wholegrainscouncil.org/wholegrains-101/what-is-a-whole-grain>>.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, Summit-Argo, v. 24, n. 2, p. 115-119, 2007.

XU, J.; BIETZ, J. A.; CARRIERE, C. J. Viscoelastic properties of wheat gliadin and glutenin suspensions. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1025–1030, 2007.