

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**RAFAEL DA SILVA GOUVEIA
VERÔNICA DOS SANTOS FACIN**

**PÃES DE FORMA ADICIONADOS DE INULINA, CONCENTRADO
PROTEICO DE SORO DE LEITE E MALTE SEM GORDURA *TRANS***

MEDIANEIRA

2020

**RAFAEL DA SILVA GOUVEIA
VERÔNICA DOS SANTOS FACIN**

**PÃES DE FORMA ADICIONADOS DE INULINA, CONCENTRADO
PROTEICO DE SORO DE LEITE E MALTE SEM GORDURA *TRANS***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR - Câmpus Medianeira, como um dos requisitos obrigatórios para a obtenção do grau de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Rosana Aparecida da Silva Buzanello

MEDIANEIRA

2020



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do trabalho:

PÃES DE FORMA ADICIONADOS DE INULINA, CONCENTRADO PROTEICO
DE SORO DE LEITE E MALTE SEM GORDURA *TRANS*

Alunos:

RAFAEL DA SILVA GOUVEIA
VERÔNICA DOS SANTOS FACIN

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 21 horas do dia 26 de novembro de 2020, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Rosana Aparecida da Silva Buzanello
UTFPR - Câmpus Medianeira
(Orientadora)

Profa. Cristiane Canan
UTFPR - Câmpus Medianeira
(Convidada)

Profa. Gláucia Cristina Moreira
UTFPR - Câmpus Medianeira
(Convidada)

Prof. Fábio Avelino Bublitz Ferreira
UTFPR - Câmpus Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

AGRADECIMENTOS

Certamente este parágrafo não irá atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de nossas vidas. Portanto, desde já pedimos desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do nosso pensamento e de nossa gratidão. Primeiramente agradecemos à Deus pela presença constante em nossas vidas. Agradecemos especialmente aos nossos familiares, pelo apoio, carinho e compreensão, pois sem eles, seria muito difícil vencer esse desafio. À nossa orientadora, Profa. Dra. Rosana Aparecida da Silva Buzanello, pela sabedoria com que nos guiou nesta trajetória. Aos meus colegas de sala, que compartilharam dos mesmos sonhos e expectativas. A todos os professores, pelo aprendizado e amizade. Enfim, a todos os que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

*“O sucesso é a soma de pequenos
esforços repetidos dia após dia.”*

(Robert Collier)

RESUMO

Os pães são alimentos populares e consumidos desde o início da civilização. A adição de açúcar e gordura vegetal hidrogenada à formulação dos pães propiciam características sensoriais desejáveis, contudo, são ingredientes com alta densidade calórica apresentando-se com poucos atrativos nutricionais. Desta forma, alternativas que busquem melhorar a qualidade nutricional deste produto são válidas. O objetivo deste trabalho foi desenvolver formulações de pão de forma isentas de gordura vegetal hidrogenada com substituição do açúcar (sacarose) por malte, concentrado proteico de soro de leite (CP) e inulina, utilizando um Planejamento Fatorial Completo 2³ com duplicata no ponto central, e avaliar seu efeito nas características físico-químicas do produto obtido. A farinha de trigo utilizada nas formulações foi avaliada quanto aos parâmetros físico-químicos de cor, número de queda, propriedades viscoelásticas, teor de umidade e cinzas, apresentando resultados em atendimento a legislação vigente. Foram elaboradas 10 formulações de pães variando as proporções de malte (0,25%, 0,50%, 0,75%), CP (1%, 5%, 9%) e inulina (0,25%; 0,50%, 0,75%) e uma formulação controle (com adição de gordura vegetal hidrogenada e sacarose). Os pães foram avaliados em termos de firmeza (g), atividade de água, cor e composição centesimal. Por meio da análise de efeitos estimados, observou-se que o aumento da concentração de malte e inulina adicionada aos pães contribuiu para o aumento da maciez, enquanto que o aumento da concentração de CP resultou em um aumento da firmeza dos pães. Os pães da formulação controle exibiram firmeza similar à das formulações com adição dos ingredientes no ponto central e no seu uso em níveis inferiores. Foi possível determinar a equação do modelo para predição da firmeza dos pães, considerando a metodologia de superfície de resposta. A análise de firmeza dos pães foi repetida após 7 dias de armazenamento e os pães exibiram aumento nos valores médios, o que pode estar relacionado a retrogradação do amido. A inulina e a combinação de malte e CP resultaram na redução da atividade de água, avaliada 24 h após o assamento. A combinação dos referidos ingredientes afetou a coloração dos pães, obtendo-se amostras mais escuras em comparação ao controle. O aumento da atividade de água, do teor de umidade, de proteínas e de cinzas e redução do teor de lipídeos foi observado nas formulações, em comparação ao controle. Sendo assim, a combinação dos ingredientes em seu ponto central poderia ser uma alternativa viável para a substituição da gordura vegetal hidrogenada e da sacarose em pães de forma.

Palavras-chave: Farinha de trigo. Panificação. Sacarose.

ABSTRACT

Bread is a popular food and eaten since the beginning of civilization. The addition of hydrogenated vegetable fat and sugar to the bread formulation provides desirable sensory characteristics, however, they are ingredients with a high caloric density and present few nutritional attractions. Thus, alternatives that seek to improve the nutritional quality of this product are valid. The objective of this work was to develop bread formulations free of hydrogenated vegetable fat with substitution of sugar (sucrose) for malt, whey protein concentrate, and inulin, using a Complete Factor Design with a duplicate at the central point, and to evaluate their effects on physicochemical characteristics of the product. Physicochemical properties of wheat flour used in the formulations were evaluated in terms of color, falling number, viscoelastic properties, moisture, and ash exhibiting results in compliance with current legislation. Ten bread formulations were prepared, varying the proportions of malt (0,25%; 0,50%, 0,75%), whey protein concentrate (1%, 5%, 9%), and inulin (0,25%; 0,50%, 0,75%), and a control formulation (with the addition of hydrogenated vegetable fat and sucrose). The bread was evaluated in terms of firmness (g), water activity, color, and centesimal composition. Effect estimates analysis demonstrated that the increase of malt and inulin concentrations contributed to the softness increase of the bread, while the increase of whey protein concentrate concentration increased bread firmness. Control bread exhibited firmness similar to formulations with ingredients added to their central points or inferior levels. It was possible to determine the model equation for predicting the firmness of the bread, considering the response surface methodology. Firmness analysis was repeated after 7 days of storage and the bread exhibited an increase of standard values, relating to starch retrogradation. Inulin and the combination of malt and whey protein concentrate resulted in the reduction of water activity, evaluated at 24 h after baking. The combination of these ingredients affected the color of the bread, resulting in darker samples compared to the control. The increase in water activity, moisture, protein and ash content, and reduction in lipid content was observed in the formulations, in comparison to the control. Thus, the combination of the ingredients at their central point could be a viable alternative for the replacement of hydrogenated vegetable fat and sucrose in bread.

Keywords: Wheat flour. Bakery. Sucrose.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores reais e codificados das variáveis independentes estudadas para a elaboração dos pães de forma.	25
Tabela 2. Valores reais da formulação base dos pães de forma.	26
Tabela 3. Parâmetros para a caracterização da farinha de trigo utilizada na elaboração dos pães de forma.	29
Tabela 4. Matriz dos ensaios com os valores codificados e reais nas variáveis independentes estudadas para elaboração de pães de forma e os resultados das análises de firmeza e A_w determinados 24 h e 7 dias após o assamento.	31
Tabela 5. Matriz dos ensaios com os valores codificados e reais das variáveis independentes estudadas para elaboração de pães de forma e os resultados da medida instrumental de cor (L^* , a^* e b^*) para a casca e o miolo.	32
Tabela 6. Matriz dos ensaios com os valores codificados e reais das variáveis independentes estudadas para elaboração de pães de forma e os resultados da composição centesimal, expressas em % ($g\ 100\ g^{-1}$).	33
Tabela 7. Efeitos estimados das variáveis X_1 (malte), X_2 (concentrado proteico de soro de leite) e X_3 (inulina) e suas interações, para a firmeza (g) dos pães obtidos por meio do planejamento fatorial completo ($R^2 = 1,0$; R ajustado = 1,0), analisada 24 h após o assamento.	35
Tabela 8. Análise de variância para a firmeza dos pães determinada 24 h após o assamento.	36
Tabela 9. Efeitos estimados para a firmeza (g) dos pães obtidos por meio do planejamento fatorial completo ($R^2 = 0,71$; R ajustado = 0,67), determinada 7 dias após o assamento.	38
Tabela 10. Efeitos estimados para a A_w dos pães obtidos por meio do planejamento fatorial completo ($R^2 = 0,94$; R ajustado = 0,87), determinada 7 dias após o assamento.	40
Tabela 11. Efeitos estimados para os parâmetros de cor L^* e a^* da casca de pães obtidos por meio do planejamento fatorial completo (L^* : $R^2 = 0,97$; R ajustado = 0,95 / a^* : $R^2 = 0,99$; R ajustado = 0,99).	41

Tabela 12. Efeitos estimados das variáveis X_1 (malte), X_2 (concentrado proteico de soro de leite) e X_3 (inulina) e suas interações, para os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* do miolo dos pães obtidos por meio do planejamento fatorial completo.....43

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Imagens das formulações de pães obtidos.....34
- Figura 2.** Superfícies de resposta para a firmeza (g) dos pães de forma variando a concentração de malte (X_1), concentrado proteico de soro de leite (X_2) e inulina (X_3). (a) inulina no ponto central, (b) malte no ponto central e; (c) concentrado proteico de soro de leite no ponto central.37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 TRIGO	15
3.2 PANIFICAÇÃO	16
3.3 FARINHA DE TRIGO	17
3.4 ÁGUA	18
3.5. SAL	18
3.6 FERMENTO	18
3.7 LIPÍDEOS	19
3.8 AÇÚCAR	20
3.9 MALTES	21
3.10 MELHORADORES DE FARINHA	22
3.11 SORO DE LEITE	22
3.12 INULINA	23
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO	24
4.2 ELABORAÇÃO DOS PÃES DE FORMA	25
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES DE FORMA	27
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO	29
5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES DE FORMA	30
5.2.1 Análise da firmeza dos pães de forma	35
5.2.2 Atividade de água (Aw)	39
5.2.3 Medida instrumental de cor da casca dos pães	40
5.2.4 Medida instrumental de cor do miolo dos pães	42
5.2.5 Composição centesimal	44

6 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

Quando se trata da alimentação brasileira, o pão é um dos alimentos mais importantes em virtude de sua popularidade. Consumido desde a época dos ancestrais brasileiros que colonizaram o país, está impregnado na cultura brasileira, principalmente por caracterizar-se como um alimento barato e prático e por ser fonte de energia e apresentar características sensoriais atrativas oriundas de seus ingredientes e processamento. A incorporação de ingredientes funcionais tem-se mostrado uma alternativa para agregar valor aos pães, uma vez que os mesmos propiciam benefícios potenciais ao organismo que os ingere. Mas, para que esse novo padrão de alimentação seja efetivo, é necessário que seu consumo seja regular e também esteja associado ao aumento da ingestão de alimentos menos calóricos (VIDAL et al., 2012; ABIMAPI, 2019).

Altos índices de doenças crônicas não transmissíveis, tais como, obesidade, diabetes, hipertensão e cardiopatias, originados geralmente do consumo inadequado de alimentos, vem sendo observados nos últimos anos. Portanto, observou-se também, o aumento da procura por alimentos nutritivos e seguros, e o consumo desses alimentos considerados balanceados é um modo de prevenir e/ou corrigir possíveis problemas de saúde (TIVELLI et al., 2011).

Um dos ingredientes funcionais aplicáveis na panificação são os maltes. Estes atuam como substratos fermentativos para a levedura, proporcionando um aumento no volume da massa, contribuindo com o desenvolvimento da cor, podendo também auxiliar na redução do tempo de fermentação e forneamento das massas. Além disso, o malte é um produto natural livre de aditivos, sendo um potencial substituto do açúcar, facilmente digerido pelo organismo e transformado em fonte de energia (HANSEN; WASDOVITCH, 2005).

A inulina é empregada na indústria de alimentos devido a sua capacidade de substituir o açúcar e a gordura em diversos produtos, tornando os produtos menos calóricos sem alterar suas características sensoriais. A inulina possui capacidade de formar partículas de gel com água, quando submetida a uma força de cisalhamento. O gel resultante apresenta textura similar à da gordura e permite um bom índice de crescimento da massa e firmeza do produto, com melhor índice

nutricional e menor índice glicêmico. No sistema digestivo a inulina atua como fibras alimentares, para a melhoria das condições de todo o sistema gastrointestinal (HAGER et al., 2011).

A adição do soro de leite em formulações de pães contribui para a melhoria nutricional desses produtos, especialmente em termos de proteínas de alto valor biológico e cálcio. Incorporar o soro de leite na panificação melhora a emulsão e a capacidade de estabilização da rede de glúten (LAM; NICKERSON, 2015). Além disso, melhora o sabor, a textura, a cor e o tempo de vida útil do produto (ZAVAREZE; MORAES; SALAS-MELLADO, 2010).

Com base no reconhecido potencial tecnológico e funcional do malte, da inulina e do concentrado proteico de soro de leite, o objetivo deste trabalho foi desenvolver formulações de pães de forma substituindo os ingredientes convencionais (gordura vegetal hidrogenada e sacarose) por ingredientes funcionais, em diferentes concentrações, utilizando planejamento fatorial completo, com o intuito de obter um produto mais saudável e acessível.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver formulações de pão de forma adicionado de malte, concentrado proteico de soro de leite e inulina, em substituição à gordura vegetal hidrogenada e açúcar (sacarose), utilizando um Planejamento Fatorial Completo com duplicata no ponto central.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a farinha de trigo utilizada para elaboração de pães de forma em termos de cor, teor de umidade e cinzas, número de queda e características viscoelásticas da massa.
- Elaborar uma formulação de pão de forma controle.
- Produzir formulações de pão de forma com substituição da gordura vegetal hidrogenada e do açúcar (sacarose) por malte, concentrado proteico de soro de leite e inulina, utilizando um Planejamento Fatorial Completo (2^3) com duplicata no ponto central.
- Determinar a composição centesimal dos pães obtidos.
- Avaliar as características físico-químicas de cor, firmeza e atividade de água dos pães.
- Avaliar o efeito da adição dos ingredientes nas características físico-químicas do produto obtido.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) possui significativo peso na economia agrícola global, uma vez que é um dos cereais mais produzidos no mundo, com uma representatividade de aproximadamente 27%, ficando atrás apenas do milho, que representa 28% da produção mundial de cereais. É uma planta de ciclo anual, geralmente cultivada durante o inverno, sendo um dos cereais mais abundantes do planeta, responsável por ocupar grande parte das terras cultivadas (FAO, 2016; MAPA, 2018).

Devido ao seu aprimoramento genético, o trigo consegue se adaptar em climas e regiões diferentes, sendo cultivado desde regiões de climas calorosos, como em alguns países do Oriente Médio, até regiões chuvosas, como na China e Índia. No Brasil, o trigo está sendo cultivado desde a Região Sul até a região Central (CONAB, 2017).

O trigo constitui a base da alimentação humana em mais de 40 países, o que corresponde a aproximadamente 35% da população mundial, sendo usado em larga escala para elaboração de diversos alimentos, como pães, biscoitos, bolos e massas (FIEP, 2016).

O grão do trigo é composto por três partes: gérmen, endosperma e pericarpo. O gérmen é responsável por originar uma nova planta e é uma fonte de vitaminas do complexo B e E possuindo, também, teor considerável de proteínas, lipídios e minerais. O gérmen é usualmente retirado durante o processo de extração por conter lipídios que limitam a qualidade da farinha. O endosperma, é o que dá origem à farinha de trigo branca propriamente dita, representa aproximadamente 80% do peso do grão e é constituído, em média, por 88% de carboidratos, formados basicamente pelo amido na forma de amilose e amilopectina, além de proteínas solúveis e insolúveis em água (SCHEUER et al., 2011).

As proteínas insolúveis são conhecidas como gliadina e glutenina, que são responsáveis pelo desenvolvimento da rede de glúten e tem a habilidade de se deformar sendo capaz de reter os gases formados durante a fermentação do pão,

que faz com que o pão cresça. O pericarpo, que constitui a camada mais externa e protetora do grão, rica em fibras e minerais, possui ainda uma camada denominada de aleurona, apesar de ser botanicamente considerada parte externa do endosperma, para a maioria dos moinhos é um dos constituintes do farelo, sendo que esta camada contém vitaminas do complexo B e metade do conteúdo mineral presente no grão de trigo (FREUND; POPPER; SCHÄFER, 2006; ABITRIGO, 2011).

3.2 PANIFICAÇÃO

O pão é um dos alimentos mais antigos e mais consumidos no mundo inteiro. Comumente originado da farinha de trigo. O que chamamos de pão hoje representa o desenvolvimento e aperfeiçoamento técnico progressivo dos produtos fermentados à base de trigo ao longo de milhares de anos. Em algumas religiões ficou conhecido como símbolo sagrado, tendo registros em algumas orações e algumas citações na Bíblia Sagrada. Para fabricação de algum tipo de pão deve-se conhecer a sua matéria-prima, e suas interações complexas como a composição desses ingredientes podem afetar o produto final. Uma série de transformações acontecerá com a matéria prima juntamente com alguns ingredientes, devido ao seu processo de conversão para produtos assados (CAUVAIN et al., 2009; GAYARDO; COLLING; ENSINA, 2015).

De acordo com a RDC nº 90 de 18 de outubro 2000, pão é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes (BRASIL, 2000). Já o pão de forma é denominado como o produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo clástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia (BRASIL, 2000).

3.3 FARINHA DE TRIGO

O regulamento técnico de identidade e qualidade para a classificação da farinha de trigo define farinha de trigo como o produto obtido a partir da espécie *Triticum aestivum* L. e outras espécies de trigo do gênero *Triticum*, ou combinações por meio de trituração ou moagem do grão de trigo beneficiado, podendo ser acrescida a outros componentes de acordo com a norma legal vigente (BRASIL, 2005).

A farinha de trigo indicada para a panificação é a do tipo forte ou especial, por ser rica em proteínas de excelente qualidade e formadoras do glúten, resultando em uma massa de boa consistência. A farinha deve ter propriedades tecnológicas específicas para fabricação de diferentes produtos. Dentre essas características uma das mais importantes é a relação entre a qualidade e quantidade das proteínas formadoras do glúten, e atividade da enzima α -amilase. Os fatores responsáveis pela qualidade da farinha muitas vezes podem ser inerentes ao trigo resultantes das condições de cultivo, ou processamento do trigo para obtenção da farinha (SINGER, 2006).

A qualidade do grão de trigo é o resultado da interação das condições de cultivo (interferência do solo, doenças, clima, pragas, manejo da cultura e da cultivar), em soma à interferência das operações de colheita, secagem e armazenamento, fatores estes que influem diretamente sobre o uso industrial a ser dado ao produto final, que é a farinha de trigo (COSTA et al., 2008).

Quando se trata da utilização do trigo, algumas características são necessárias para determinar sua qualidade, conforme o produto final esperado, entre elas, a concentração de proteínas, rendimento de moagem, e propriedades relacionadas aos produtos de panificação (KAUR; KAUR; MAVI, 2019).

De acordo com a Resolução nº 244, de 13 de abril de 2002 torna-se obrigatória a fortificação das farinhas de trigo e das farinhas de milho com ferro e ácido fólico, exigindo que para cada 100 g de farinha, devem fornecer no mínimo 4,2 mg de ferro e 150 μ g de ácido fólico, que foi uma das estratégias adotadas pelo Ministério de Saúde para diminuição da incidência de más formações de bebês durante a gestação, e para a prevenção da anemia (BRASIL, 2002).

3.4 ÁGUA

É um ingrediente indispensável na panificação, sendo responsável por hidratar as proteínas da farinha de trigo (glúten) formando a massa. Também tem a função plastificante e solvente, permitindo a gelatinização do amido durante a cocção (FIB, 2017).

Para atingir a consistência padrão da massa deve-se ajustar as quantidades de água adicionada durante o processo de mistura da massa. Porém, isso só será possível se for levada em consideração a capacidade de absorção de água disponível na farinha de trigo. Conforme o aumento do tempo de fermentação de uma massa, é necessário que seja ajustada a consistência da massa para que fique mais firme, devido ao amassamento da massa resultante da ação enzimática progressiva (CAUVAIN et al., 2009).

3.5. SAL

O sal apresenta importância na elaboração de pães, tendo como funções: regular a fermentação, fortificar o glúten da farinha, ter alta afinidade com a gliadina (componente de parte do glúten), ter potencial de ação bactericida, realçar o sabor e clarear o miolo do pão, além de ser fundamental para a hidratação da massa (FIB, 2009).

Devido a sua capacidade de absorver água, fenômeno conhecido como higroscopicidade, o sal influencia na vida útil do produto. O sal reduz a pressão osmótica, fazendo com que a umidade do interior do produto migre para a parte exterior, dessa maneira retardará o endurecimento da casca, quando armazenado em ambiente seco, o que é mais recomendado. Já em ambientes úmidos, o sal tende a adquirir a umidade do ar, introduzindo-a no produto, causando um efeito negativo em sua conservação (QUAGLIA, 1991).

3.6 FERMENTO

O fermento faz parte da nossa história da panificação, na qual foi considerada a fermentação da massa do pão inicialmente com os egípcios, que

aconteceu por acaso, onde a farinha umedecida começou a fermentar espontaneamente, alterando seu volume e suas características, tornando-a mais macia e mudando seu sabor. O fermento é um agente de fermentação da espécie de fungo *Saccharomyces cerevisiae*. O fermento biológico para panificação é produzido industrialmente (CAUVAIN et al., 2009).

Agentes fermentadores são aqueles denominados dilatadores por ação direta ou indireta e aumentam o volume das massas destinadas a panificação. O principal metabólito formado é o gás carbônico, mas também é importante a ação do vapor de água e do ar que é incorporado durante a preparação da massa, que é então dilatada durante o cozimento no forno (QUAGLIA, 1991).

Cada tipo de pão requer um fermento diferente em todo o mundo, e isso ocorre devido as diferenças climáticas de um lugar para o outro. A temperatura da massa desempenha um papel muito importante na formulação dependendo da quantidade de fermento adicionada. Nesse caso, é necessário o ajuste do tempo de descanso, ou da quantidade de fermento, em casos de mudanças de temperatura. A prática convencional recomenda temperaturas entre 20 e 30 °C. De certa forma, se a temperatura for aumentada em torno de 5 °C, pode ser reduzido pela metade a quantidade de fermento da receita, em contrapartida, se diminuir em torno de 5 °C, é necessário a duplicação da quantidade de fermento (CAUVAIN et al., 2009).

3.7 LIPÍDEOS

O conteúdo total e a composição de lipídeos podem variar de acordo com cada tipo de alimento. Os lipídeos desempenham um papel importante na qualidade dos produtos, pois contribuem com atributos como textura, sabor, nutrição e densidade calórica. A sua manipulação tem tido ênfase especial na pesquisa e no desenvolvimento, focada na alteração da composição de lipídeos, a fim de modificar a textura, alterar a composição de ácidos graxos e colesterol, diminuir o conteúdo total de gordura, alterar a biodisponibilidade e tornar os lipídeos mais estáveis diante da oxidação (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

As gorduras são descritas como agentes de enriquecimento dos produtos fermentados. É um ingrediente funcional eficaz em termos de custo utilizada como

melhoradora de massas alimentícias, proporcionando uma mordida mais curta e mais suave, e, simultaneamente, um aumento da vida útil da maciez. Os seus efeitos se intensificam de acordo com os níveis crescentes de adição. A influência dos lipídeos na textura dos alimentos é fortemente determinada pelo estado físico e pela natureza da matriz alimentar. O estado físico tem influência na textura pela formação de uma rede de cristais de gordura que interagem entre si, dando ao produto final propriedades reológicas desejáveis, como firmeza ou crocância (CAUVAIN et al., 2009).

O sabor dos alimentos é fortemente influenciado pelo tipo e pela concentração dos lipídeos presentes. Entretanto, óleos e gorduras comestíveis de diferentes fontes naturais têm perfis de sabor diferenciados pela presença de compostos voláteis característicos, como produtos da oxidação de lipídeos e impurezas naturais (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Apesar de sua importância na tecnologia de panificação, a substituição de gorduras por ingredientes que apresentem características físico-químicas semelhantes às gorduras, porém com menos calorias, é uma das propostas sugeridas para diminuir o consumo de gorduras e calorias, uma vez que o consumo excessivo de gorduras tem sido relacionado com o aumento de doenças, como hipertensão arterial a chamada pressão alta, diabetes, doenças cardiovasculares e outras associadas à obesidade (ZAMBRANO et al., 2012).

3.8 AÇÚCAR

As quantidades de açúcar são ajustadas na panificação por motivos de sabor, textura e vida útil do produto, e assim a formulação dos produtos fermentados pode ter uma influência significativa na atividade do fermento. Concentrações de 2 à 15%, por exemplo, podem acelerar a fermentação, sendo um substrato para a levedura, porém em concentrações acima das quantidades citadas anteriormente, pode atrapalhar a atividade do fermento, diminuindo assim o tempo de fermentação, para alguns produtos uma fermentação mais lenta produz aromas e sabores únicos que são o diferencial sensorial de alguns pães (CAUVAIN et al., 2009).

Existem alimentos que não possuem nutrientes e possuem apenas calorias como é o caso do açúcar branco ou refinado que quando consumidos em excesso essas calorias que não são gastas acumulam no organismo, principalmente nos adipócitos. O açúcar refinado é de digestão rápida, pois não tem fibras elevando rapidamente a glicose no sangue que é conhecida como hiperglicemia (BESEGATO, 2017).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) mais da metade da população em diversos países encontra-se acima dos valores ideais de peso o que se configura em uma epidemia de obesidade mundial resultando no aparecimento de uma série de outras doenças crônicas (ANS, 2017).

3.9 MALTES

O malte apresenta-se como um ingrediente funcional na panificação, tendo como papel enriquecer nutricionalmente e aprimorar sensorialmente estes produtos. Contudo, ainda é pouco utilizado na elaboração de produtos de panificação. Estudos indicam que é possível manter características observadas nos pães com a adição deste produto. Devido ao aumento da demanda por alimentos naturais, estudos são realizados frequentemente para novos métodos de obtenção de produtos de panificação com melhoria de maciez, textura e vida útil dos pães (HANSEN; WASDOVITCH, 2005).

Como o malte é um produto natural, ele é livre de aditivos, pois é oriundo do grão de cevada. A composição do grão de malte é bem complexa, e é um bom substituto do açúcar refinado e é totalmente natural. Composto por duas moléculas de glucose, a maltose é o principal açúcar do extrato de malte. Na digestão os açúcares presentes e a maltose são quebrados em glicose, que é o único açúcar que é facilmente digerido pelo organismo, transformando-os em fonte de energia (DOBRZANSKI; DIAS; AYALA, 2008).

Ainda, segundo Dobrzanski, Dias e Ayala (2008), além de realçarem o sabor adocicados de produtos panificáveis, os açúcares presentes no malte atuam como substratos fermentativos para a levedura, aumentando a produção de CO₂ proporcionando aumento no volume da massa, tornando a massa com seus alvéolos mais areados, poupando suas características ao longo da vida útil.

Contribui com o desenvolvimento da cor, podendo também auxiliar na redução do tempo de fermentação e forneamento. Depois de assado o produto fica com sua crosta mais crocante, e seu brilho fica mais evidente, além de ocorrer uma homogeneização da coloração marrom na crosta, decorrente da caramelização dos açúcares e da reação de *Maillard*.

3.10 MELHORADORES DE FARINHA

De acordo com a Instrução Normativa nº 8 de 2005, são considerados como coadjuvantes de tecnologia, toda substância, excluindo os equipamentos e os utensílios utilizados na elaboração e/ou conservação de um produto, que não se consome por si só como ingrediente alimentar e que se emprega intencionalmente na elaboração de matérias-primas, alimentos ou seus ingredientes, para obter uma finalidade tecnológica durante o tratamento ou elaboração, devendo ser eliminada do alimento ou inativada, podendo admitir-se no produto final a presença de traços da substância ou seus derivados (BRASIL, 2005).

Para que aconteça o melhoramento das farinhas são adicionados aditivos aprovados pela legislação brasileira como oxidantes, emulsificantes/estabilizantes e enzimas com o intuito de melhorar a qualidade do pão ajudando na conservação das massas, textura, cor e leveza atuando como reforçadores da rede de glúten tornando essa rede mais estruturada (BRASIL, 2000).

3.11 SORO DE LEITE

O soro de leite, considerado principal subproduto da indústria de laticínios, é um derivado lácteo, podendo ser adicionado nas formulações de diversos alimentos tanto na forma fluida ou em pó (integral ou fracionado). Suas proteínas possuem altos índices de valor biológico, quando comparadas com outras fontes proteicas como ovos, caseína, carnes e, principalmente a soja. Além disso, considerado uma boa fonte de cálcio e fósforo (ZAVAREZE; MORAES; SALAS-MELLADO, 2010).

Além dos benefícios nutricionais, pesquisas evidenciam vários efeitos terapêuticos que as proteínas do soro de leite parecem desempenhar no organismo, tais como atividades antimicrobiana e antiviral, ação imunomoduladora,

dentre outras. A adição do soro de leite na panificação melhora a emulsão e a capacidade de estabilização da rede de glúten (LAM; NICKERSON, 2015). Além disso, melhora o sabor, a textura, a cor e o tempo de vida útil do produto (ZAVAREZE; MORAES; SALAS-MELLADO, 2010). A adição do soro de leite em formulações de pães contribui para a melhoria nutricional desses produtos, especialmente em termos de proteínas de alto valor biológico e cálcio, considerando que a farinha de trigo, ingrediente base da panificação, apresenta deficiências em certos aminoácidos essenciais como, por exemplo, a lisina, e contém baixa concentração (LAM; NICKERSON, 2015).

3.12 INULINA

A inulina é um carboidrato de reserva em plantas que pertence ao grupo de polissacarídeos denominados frutanas e pode ser encontrada em uma grande variedade de plantas como a cebola, alho poró e raiz de chicória. A inulina é um carboidrato solúvel em água. Uma importante característica da inulina está associada às suas propriedades nutricionais, atuando no sistema digestivo de maneira similar às fibras dietéticas, para a melhoria das condições de todo o sistema gastrointestinal (HAGER et al., 2011).

A inulina é empregada na indústria de alimentos devido a sua capacidade de substituir a gordura em diversos produtos, tornando os produtos menos calóricos sem alterar suas características sensoriais, podendo ser empregada como ingrediente em diversos produtos de panificação. Como substituto de gordura, a inulina possui a capacidade de formar partículas de gel com água, quando submetida a uma força de cisalhamento. O gel resultante apresenta textura similar à da gordura e confere o paladar desejado que quando adicionado em farinhas panificáveis, permite um bom índice de inchaço e firmeza do produto, com melhor índice nutricional e menor índice glicêmico (HAULY; MOSCATTO, 2002). A inulina é considerada um ingrediente GRAS (do inglês, *Generally Recognized As Safe*) pela FDA desde 1992, ou seja, é um alimento seguro, podendo ser usada sem restrições em formulações alimentícias (KOLBYE, 1992).

4 MATERIAL E MÉTODOS

As matérias-primas convencionais (farinha de trigo e aditivos) e as matérias-primas funcionais foram adquiridas em um comércio local na cidade de Céu Azul/PR, a partir de diferentes marcas comerciais. O concentrado proteico de soro de leite utilizado apresentou teor de proteínas de 80% (Sooro, Marechal Cândido Rondon/PR).

Os demais reagentes utilizados apresentaram grau de pureza analítico.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO

Foram realizadas as seguintes análises em triplicatas para a caracterização da farinha de trigo:

- Medida instrumental de cor: realizada na superfície das amostras, tomando cinco pontos diferentes de leitura por amostra, utilizando o colorímetro (CR 400, Konica Minolta, Osaka, Japão), com iluminante D65 e ângulo de visão de 10°. Os valores de L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB.
- Teor de umidade e cinzas: determinada conforme as metodologias da AOAC (2005).
- Número de queda, também conhecido como "*falling number*": Foi determinado de acordo com o método 56-81B (AACC, 2000) e com o manual de operação do equipamento "*Falling Number*". A técnica consiste na determinação da atividade da enzima α -amilase, que pode ser realizada tanto no grão de trigo quanto na farinha dele obtida. Este método mede a liquefação do amido gelificado de uma suspensão da farinha que é aquecida em banho de água fervente. A α -amilase liquefaz este amido gelatinizado, de acordo com a atividade que possui. O número de queda ou o valor de *Falling Number* foi obtido através da medida do tempo de queda de um bastão dentro de uma solução de farinha (*Falling Number*, Perten, Suécia).
- Determinação das características viscoelásticas da massa, parâmetros: força de glúten (W), tenacidade (P) extensibilidade (L) e a relação entre

tenacidade e extensibilidade (P/L), análise realizada no alveógrafo (Chopin AlveoPC, França) de acordo com o método 54-30A (AACC, 2000).

4.2 ELABORAÇÃO DOS PÃES DE FORMA

Os pães foram elaborados de acordo com o Padrão de Identidade e Qualidade para este tipo de produto (BRASIL, 2005), em um laboratório de panificação localizado em Céu Azul/PR. As formulações dos pães de forma foram elaboradas por meio de um planejamento fatorial completo com duas repetições no ponto central. As variáveis independentes testadas foram: concentração de malte (X_1), concentração de soro de leite (X_2) e concentração de inulina (X_3) conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Valores reais e codificados das variáveis independentes estudadas para a elaboração dos pães de forma.

Variáveis	Níveis codificados e reais		
	-1	0	+1
X_1 (Malte, %)	0,25	0,50	0,75
X_2 (CP, %)	1	5	9
X_3 (Inulina, %)	0,25	0,50	0,75

CP = Concentrado proteico de soro de leite.

Percentuais dos ingredientes calculados com base em 100 g de farinha de trigo (100%).

Fonte: Autoria própria (2020).

Uma formulação controle (Tabela 2) também foi produzida. A mesma foi utilizada como base para a elaboração das formulações de pães apresentadas na Tabela 1, sendo substituídos a gordura vegetal hidrogenada e o açúcar nas formulações testadas. Para os aditivos (emulsificantes, melhoradores de farinha azodicarbonamida, ácido ascórbico, enzimas α -amilase) foram utilizadas as quantidades permitidas pela RDC n° 45 da ANVISA de 03 de novembro de 2010, que dispõe sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BRASIL, 2010).

Tabela 2. Formulação controle de pão de forma.

Ingredientes	Concentração (%)
Farinha	100,0
Água	52,0
Sal	2,0
Açúcar	6,0
Fermento biológico seco	1,0
Gordura vegetal hidrogenada	4,0
Melhoradores de farinha (emulsificantes azodicarbonamida, ácido ascórbico, α -amilase)	0,4

*Percentuais dos ingredientes calculados com base em 100 g de farinha de trigo (100%).

Fonte: Autoria Própria (2020).

As matérias-primas e os demais ingredientes necessários foram pesados de acordo com cada formulação. Em seguida, a mistura foi preparada em uma masseira, sendo adicionados a farinha de trigo e os demais ingredientes sólidos, seguido da água, realizando a mistura dos ingredientes em torno de 2-3 minutos até absorção total da água pelos ingredientes. Posteriormente, foi adicionado o concentrado proteico de soro de leite. Para os aditivos (emulsificantes, melhoradores de farinha azodicarbonamida, ácido ascórbico, enzimas α -amilase) foram utilizadas as quantidades permitidas pela RDC n° 45 da ANVISA de 03 de novembro de 2010 (BRASIL, 2010). Em seguida, foi realizada a incorporação dos ingredientes até a obtenção uma massa homogênea, e formação do ponto de véu uniforme.

A massa obtida foi retirada da masseira, modelada em formato oval, etapa conhecida como boleamento, e foi mantida em repouso por 10 minutos a temperatura ambiente $\pm 25^{\circ}\text{C}$. Após o tempo de descanso, a massa foi dividida manualmente em partes iguais de 500 g cada e realizada a modelagem com auxílio de uma modeladora (HM2SS, Hypo, Brasil), no formado de pão de forma. Os pães moldados foram acondicionados em formas individuais untadas e levados para câmara de fermentação (CFC20, Perfecta, Brasil) por 90 min a 30°C . Em seguida, os pães foram assados em forno industrial (Perfecta, Brasil) pré-aquecido a temperatura de 160°C por 20 min. Após o forneamento, os pães foram mantidos em repouso a temperatura ambiente $\pm 25^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, para em seguida realizar-se as determinações analíticas.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES DE FORMA

Os testes panificáveis foram feitos depois de um período mínimo de descanso de 24 horas após a elaboração da seguinte maneira:

- Análise da firmeza dos pães de forma: foi determinada pelo analisador texturômetro (TA-HD plus, (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) com célula de carga de 5 kg, utilizando método padrão, cuja uma probe cilíndrica de alumínio de 36 mm (P36R) comprimiu o pão até 40% da sua altura, com uma velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,0, 1,7 e 10,0 mm/s, respectivamente. Para a análise foram utilizadas quatro fatias centrais de aproximadamente 25 mm de espessura de cada formulação. Foram realizadas determinações em 24 h e em 7 dias após o assamento.
- Atividade de água: foi determinada em duplicata em analisador de atividade de água (Meter, AquaLab 4TEV, EUA). Foram realizadas determinações em 24 h e em 7 dias após o assamento.
- A medida instrumental de cor foi obtida usando o colorímetro (CR 400, Konica Minolta, Osaka, Japão), com iluminante D65 e ângulo de visão de 10°. Os valores de L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB. A medição foi realizada em um ponto central aleatório da casca de cada produto, em triplicata. Em seguida, através de um corte transversal no pão foi realizada a mensuração da cor do miolo, também em triplicata.
- Composição centesimal dos pães: o teor de umidade, cinzas, lipídeos e proteínas foram obtidos seguindo os procedimentos descritos nas metodologias da AOAC (2005), em triplicata. O teor de carboidratos foi estimado por diferença.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos a análise de efeitos estimados, análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para comparação de médias ($p \leq 0,05$). Adicionalmente, os dados de firmeza dos pães analisados 24 h após o assamento

foram analisados pela metodologia de superfície de resposta. As análises foram realizadas utilizando o *software* Statistica 11.0 (Statsoft Inc. Tulsa, OK, USA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE TRIGO

A caracterização da farinha de trigo utilizada para a elaboração dos pães de forma é apresentada na Tabela 3. Os teores de umidade e cinzas estão de acordo com o previsto no regulamento técnico de identidade e qualidade para farinha de trigo, que preconiza como valores máximos 0,68% para cinzas e 15% de umidade (BRASIL, 2005).

Tabela 3. Parâmetros para a caracterização da farinha de trigo utilizada na elaboração dos pães de forma.

Parâmetro	Resultado
Umidade	13,4%
Cinzas	0,68%
Glúten úmido	26,3%
L*	95,34
a*	-0,65
b*	8,06
<i>Falling number</i>	391"
W	286 10 ⁻⁴ J
P	82 mm H ₂ O
L	110 mm
P/L	0,75

Medida instrumental de cor = L*, a* e b*, W = energia de deformação da massa ou força de glúten, P = tenacidade, L = extensibilidade, P/L = relação entre tenacidade e extensibilidade.

Fonte: Autoria própria (2020).

A quantificação de glúten úmido permite avaliar o teor desta proteína na farinha de trigo. O glúten é responsável pelas características de extensibilidade e elasticidade da massa, representando, portanto, a sua estrutura. Além disso, durante o processamento, permite o aprisionamento de gases (BORGES et al. 2011). O valor obtido no presente estudo (26,3%) foi similar aos valores reportados por Costa et al. (2008) para amostras de trigo nacionais (21,67 a 28,57%).

Para a medida instrumental de cor da farinha, o valor do parâmetro L* (luminosidade) foi próximo ao branco (100 = branco) o que segundo Zardo (2010) é considerado positivo, já que a cor da farinha pode afetar a coloração do produto acabado, além de ser uma exigência dos clientes pois, os mesmos preferem farinhas mais brancas. O valor para o parâmetro a* (-0,65) indicou tonalidade verde

e o parâmetro b^* (8,06) indicou tonalidade amarelada das farinhas, valores similares aos apresentados por Borges et al. (2011).

O número de queda (*falling number*) mede a atividade enzimática da farinha de trigo. Este método baseia-se na capacidade da α -amilase de liquefazer um gel de amido, de modo que altos valores de queda indicam baixa atividade dessa enzima, e baixos valores indicam alta atividade enzimática para panificação e, para massas, o interessante é uma farinha com baixa atividade enzimática (SCHIDLOWSKI, 2014). Na determinação das características viscoelásticas da farinha de trigo, realizada por alveografia, foram avaliados os parâmetros de tenacidade (P), que consiste na pressão máxima exercida na expansão da massa (mm); extensibilidade (L) que mede o comprimento da curva (mm) e a energia de deformação da massa (W), que está relacionado ao trabalho mecânico necessário para expandir uma bolha de massa até a ruptura. A análise de alveografia reproduz o comportamento da massa durante a fermentação, e a partir dos resultados pode-se destinar a farinha a seu possível uso (ZARDO, 2010). De acordo com as especificações apresentadas pela Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010 (BRASIL, 2010) a farinha do presente estudo sugere o uso para produção de pães.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES DE FORMA

A matriz dos ensaios do planejamento fatorial completo (2^3) com duplicata no ponto central, variando as concentrações de malte (X_1), concentrado proteico de soro de leite (X_2) e de inulina (X_3) e as respostas avaliadas estão disponíveis nas Tabelas 4, 5 e 6. Na Tabela 4 são apresentados os resultados da firmeza e atividade de água (A_w) dos pães, determinados 24 h e 7 dias após o assamento. Os resultados da medida instrumental de cor da casca e do miolo dos pães estão disponíveis na Tabela 5. Na Tabela 6 são apresentados os resultados da determinação da composição centesimal dos pães.

As imagens das formulações de pães obtidos estão disponíveis na Figura 1. Os resultados serão discutidos nos subitens a seguir.

Tabela 4. Matriz dos ensaios com os valores codificados e reais (% , entre parênteses) das variáveis independentes estudadas para a elaboração dos pães de forma e os resultados das análises de firmeza (g) e atividade de água (Aw) determinadas 24 h e 7 dias após o assamento.

Formulações	X ₁	X ₂	X ₃	Firmeza (g) - 24 h	Firmeza (g) - 7 dias	Aw - 24 h	Aw - 7 dias
F1	-1 (0,25)	-1 (1)	-1 (0,25)	251,2 ^c ± 14,4	629,4 ^{cd} ± 22,6	0,9553 ^a ± 0,0023	0,9378 ^b ± 0,0017
F2	1 (0,75)	-1 (1)	-1 (0,25)	198,9 ^{de} ± 6,4	556,9 ^{de} ± 25,6	0,9580 ^a ± 0,0016	0,9570 ^{ab} ± 0,0023
F3	-1 (0,25)	1 (9)	-1 (0,25)	362,1 ^a ± 26,4	864,0 ^a ± 53,8	0,9301 ^b ± 0,0008	0,9526 ^{ab} ± 0,0017
F4	1 (0,75)	1 (9)	-1 (0,25)	296,4 ^b ± 12,7	699,2 ^{bc} ± 37,5	0,9213 ^{bc} ± 0,0011	0,9521 ^{ab} ± 0,0005
F5	-1 (0,25)	-1 (1)	1 (0,75)	180,3 ^e ± 7,9	350,8 ^f ± 24,1	0,9029 ^d ± 0,0016	0,9552 ^{ab} ± 0,0044
F6	1 (0,75)	-1 (1)	1 (0,75)	182,3 ^e ± 11,7	528,8 ^e ± 47,3	0,9137 ^{cd} ± 0,0019	0,9529 ^{ab} ± 0,0068
F7	-1 (0,25)	1 (9)	1 (0,75)	363,6 ^a ± 18,3	859,4 ^a ± 53,7	0,9600 ^a ± 0,0013	0,9598 ^a ± 0,0023
F8	1 (0,75)	1 (9)	1 (0,75)	271,9 ^{bc} ± 25,8	753,4 ^b ± 37,0	0,9266 ^{bc} ± 0,0069	0,9549 ^{ab} ± 0,0010
F9	0 (0,50)	0 (5)	0 (0,50)	243,9 ^c ± 9,4	615,7 ^{cd} ± 13,1	0,9602 ^a ± 0,0020	0,9571 ^{ab} ± 0,0008
F10	0 (0,50)	0 (5)	0 (0,50)	243,8 ^{cd} ± 11,7	634,2 ^{cd} ± 24,1	0,9589 ^a ± 0,0016	0,9547 ^{ab} ± 0,0043
Controle	-	-	-	234,6 ^{cd} ± 12,0	614,1 ^{cd} ± 22,2	0,9336 ^b ± 0,0071	0,9153 ^c ± 0,0135

X₁ = malte; X₂ = concentrado proteico de soro de leite; X₃ = inulina. Controle = pães adicionados de gordura vegetal hidrogenada e sacarose.

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 5. Matriz dos ensaios com os valores codificados e reais (% , entre parênteses) das variáveis independentes estudadas para a elaboração dos pães de forma e os resultados da medida instrumental de cor (L*, a* e b*) para a casca e o miolo.

Formulações	X ₁	X ₂	X ₃	Casca			Miolo		
				L*	a*	b*	L*	a*	b*
F1	-1 (0,25)	-1 (1)	-1 (0,25)	67,73 ^a ± 1,15	7,28 ^f ± 0,21	39,13 ^{abc} ± 0,99	74,00 ^{abc} ± 1,38	-4,86 ^{bcd} ± 0,07	16,70 ^{bc} ± 0,62
F2	1 (0,75)	-1 (1)	-1 (0,25)	66,10 ^a ± 0,65	8,11 ^{ef} ± 0,27	40,36 ^a ± 0,57	75,10 ^{ab} ± 1,60	-4,83 ^{bcd} ± 0,07	16,28 ^{bc} ± 0,52
F3	-1 (0,25)	1 (9)	-1 (0,25)	55,12 ^{ef} ± 0,77	14,79 ^a ± 0,44	39,91 ^{ab} ± 0,90	71,87 ^{bcd} ± 1,20	-4,94 ^{cde} ± 0,06	16,99 ^{abc} ± 0,69
F4	1 (0,75)	1 (9)	-1 (0,25)	53,77 ^f ± 1,18	14,21 ^a ± 0,26	38,58 ^{bc} ± 0,36	69,13 ^{de} ± 0,66	-4,69 ^{abc} ± 0,13	17,91 ^a ± 0,35
F5	-1 (0,25)	-1 (1)	1 (0,75)	65,28 ^a ± 0,44	8,12 ^{ef} ± 0,15	39,63 ^{abc} ± 1,38	73,37 ^{abc} ± 1,80	-5,03 ^{de} ± 0,08	15,03 ^{de} ± 0,40
F6	1 (0,75)	-1 (1)	1 (0,75)	62,10 ^b ± 0,66	8,97 ^e ± 0,24	39,22 ^{abc} ± 0,44	70,42 ^{cd} ± 0,79	-4,54 ^a ± 0,06	16,52 ^{bc} ± 0,40
F7	-1 (0,25)	1 (9)	1 (0,75)	57,79 ^{cd} ± 1,06	11,63 ^{bc} ± 1,41	38,71 ^{abc} ± 0,45	66,48 ^e ± 2,08	-4,64 ^{ab} ± 0,13	14,72 ^e ± 0,43
F8	1 (0,75)	1 (9)	1 (0,75)	53,64 ^f ± 0,95	13,91 ^a ± 0,33	39,19 ^{abc} ± 0,53	65,59 ^e ± 1,77	-4,41 ^a ± 0,11	17,23 ^{ab} ± 0,49
F9	0 (0,50)	0 (5)	0 (0,50)	58,14 ^{cd} ± 1,61	10,18 ^d ± 0,28	38,15 ^c ± 0,71	68,91 ^{de} ± 1,01	-4,58 ^{ab} ± 0,10	16,12 ^c ± 0,39
F10	0 (0,50)	0 (5)	0 (0,50)	59,71 ^{bc} ± 0,67	10,5 ^{cd} ± 0,34	39,56 ^{abc} ± 0,61	69,07 ^{de} ± 0,95	-4,56 ^{ab} ± 0,10	16,05 ^{cd} ± 0,28
Controle/Padrão	-	-	-	56,63 ^{de} ± 0,80	12,78 ^b ± 0,18	40,36 ^a ± 0,49	76,86 ^a ± 3,12	-5,16 ^e ± 0,21	16,07 ^{cd} ± 0,62

X₁ = malte; X₂ = concentrado proteico de soro de leite; X₃ = inulina. Controle = pães adicionados de gordura vegetal hidrogenada e sacarose.

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 6. Matriz dos ensaios com os valores codificados e reais (% , entre parênteses) das variáveis independentes estudadas para a elaboração dos pães de forma e os resultados da composição centesimal, expressas em % (g 100 g⁻¹).

Formulações	X ₁	X ₂	X ₃	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Carboidratos* (%)
F1	-1 (0,25)	-1 (1)	-1 (0,25)	30,54 ^d ± 0,35	1,14 ^c ± 0,00	11,00 ^d ± 0,05	0,20 ^{bc} ± 0,00	57,12
F2	1 (0,75)	-1 (1)	-1 (0,25)	30,49 ^d ± 0,32	1,04 ^{ef} ± 0,01	10,77 ^d ± 0,11	0,19 ^c ± 0,01	57,51
F3	-1 (0,25)	1 (9)	-1 (0,25)	28,73 ^e ± 0,40	1,19 ^b ± 0,01	14,82 ^a ± 0,19	0,21 ^b ± 0,01	55,06
F4	1 (0,75)	1 (9)	-1 (0,25)	39,09 ^a ± 0,37	1,06 ^{ef} ± 0,01	12,04 ^c ± 0,08	0,20 ^{bc} ± 0,01	47,61
F5	-1 (0,25)	-1 (1)	1 (0,75)	34,11 ^c ± 0,16	1,08 ^{de} ± 0,01	10,96 ^d ± 0,07	0,19 ^{bc} ± 0,01	53,66
F6	1 (0,75)	-1 (1)	1 (0,75)	33,05 ^c ± 0,27	1,04 ^{ef} ± 0,01	10,78 ^d ± 0,06	0,21 ^b ± 0,00	54,92
F7	-1 (0,25)	1 (9)	1 (0,75)	33,16 ^c ± 0,21	1,12 ^c ± 0,01	11,34 ^d ± 0,11	0,20 ^{bc} ± 0,00	54,19
F8	1 (0,75)	1 (9)	1 (0,75)	34,31 ^{bc} ± 0,12	1,29 ^a ± 0,01	12,87 ^b ± 0,11	0,19 ^{bc} ± 0,00	51,35
F9	0 (0,50)	0 (5)	0 (0,50)	29,99 ^{de} ± 0,06	1,02 ^f ± 0,01	12,70 ^b ± 0,13	0,19 ^{bc} ± 0,00	56,11
F10	0 (0,50)	0 (5)	0 (0,50)	35,53 ^b ± 0,46	1,02 ^f ± 0,01	12,72 ^b ± 0,13	0,19 ^{bc} ± 0,00	50,53
Controle/Padrão	-	-	-	26,84 ^f ± 0,50	1,10 ^{cd} ± 0,00	10,86 ^d ± 0,37	0,78 ^a ± 0,01	60,42

X₁ = malte; X₂ = concentrado proteico de soro de leite; X₃ = inulina. Controle = pães adicionados de gordura vegetal hidrogenada e sacarose.

Resultados expressos como média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

*Estimado por diferença (100% – Umidade% – Cinzas% – Proteína% – Lipídeos%).

Fonte: Autoria própria (2020).

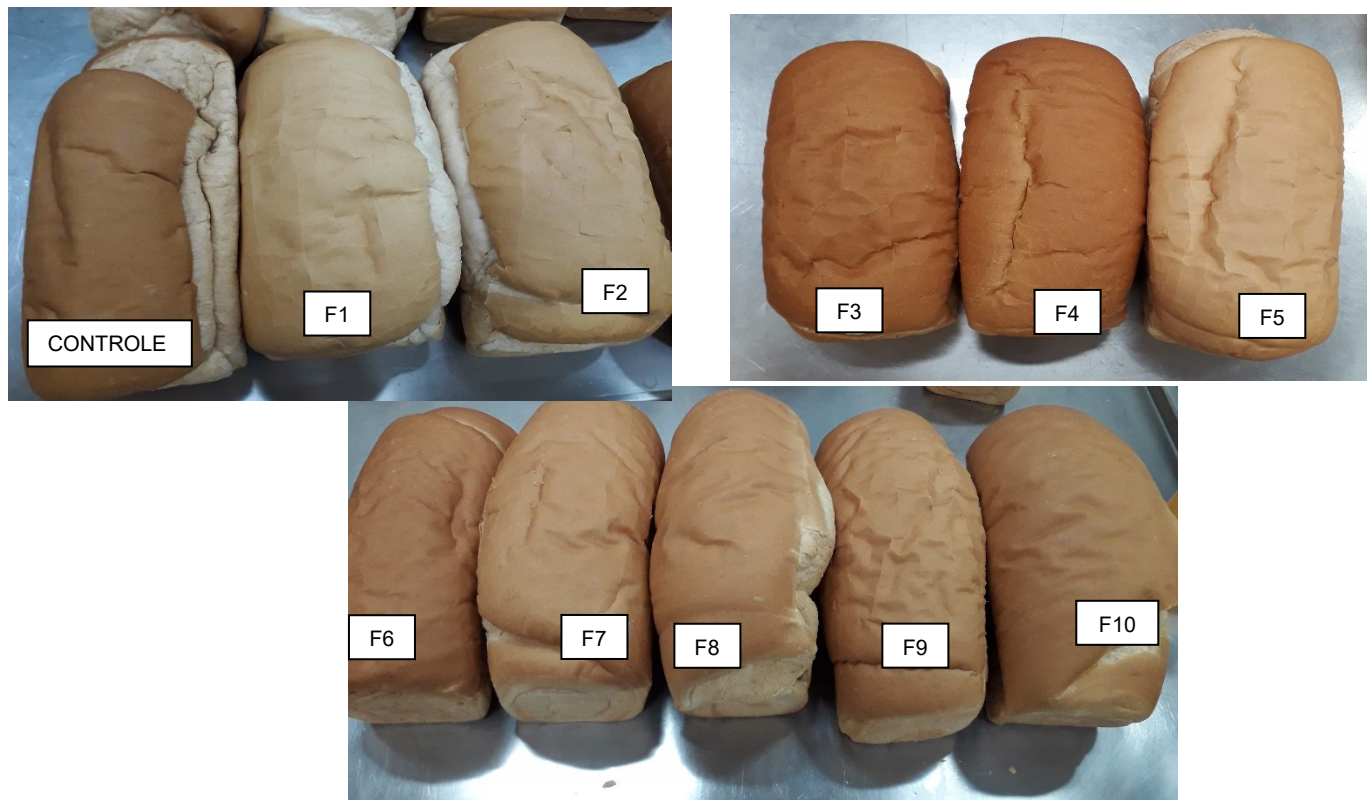


Figura 1. Imagens das formulações de pães obtidos.
Fonte: Autoria própria (2020).

5.2.1 Análise da firmeza dos pães de forma

Na análise de efeitos estimados para a firmeza dos pães (Tabela 7) observa-se que todas as variáveis estudadas, suas interações, e a checagem da curvatura afetaram significativamente os valores de firmeza dos pães de forma analisados 24 h após o assamento ($p < 0,05$). Quando as concentrações de malte (X_1) e de inulina (X_3) foram aumentadas nas formulações, um efeito negativo na firmeza foi observado, resultando na redução média dos valores obtidos (-51,925 e -27,625 g, respectivamente). Como o malte possui grande capacidade de retenção de água, pode se verificar aumento na maciez do miolo, além disso, o malte fornece aroma à massa, e atua como substrato para a levedura na fermentação, enriquecendo o produto e produzindo um sabor adocicado (SENAR; 2016).

Tabela 7. Efeitos estimados das variáveis X_1 (malte), X_2 (concentrado proteico de soro de leite) e X_3 (inulina) e suas interações, para a firmeza (g) dos pães obtidos por meio do planejamento fatorial completo ($R^2 = 1,0$; R ajustado = 1,0), analisada 24 h após o assamento.

Fator	Efeito	Erro padrão	t(1)	p-valor
Média	263,337	0,025	10533,500	0,0001*
Curvatura	-38,975	0,112	-348,603	0,0018*
X_1	-51,925	0,050	-1038,500	0,0006*
X_2	120,325	0,050	2406,500	0,0003*
X_3	-27,625	0,050	-552,500	0,0012*
$X_1 * X_2$	-26,775	0,050	-535,500	0,0012*
$X_1 * X_3$	7,075	0,050	141,500	0,0045*
$X_2 * X_3$	16,125	0,050	322,500	0,0020*
$X_1 * X_2 * X_3$	-20,075	0,050	-401,500	0,0016*

*Fatores significativos ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2020).

O aumento da concentração de concentrado proteico de soro de leite (X_2) resultou em aumento médio da firmeza dos pães (120,3 g) ($p < 0,05$). A presença de proteína não formadora de glúten pode enfraquecer a rede de glúten, reduzindo a viscosidade e elasticidade da massa, pela alta competição por moléculas de água, exigindo maior adição desta à mistura, podendo dessa forma ocasionar um efeito indesejável na firmeza. Tais alterações foram observadas por Rocchia et al. (2009) ao avaliarem a influência da adição de outras fontes proteicas (lupin, soja e cacau) em mistura à farinha de trigo na produção de massas. Segundo esses autores, esse tipo de proteína promove, também, uma interrupção na estrutura tridimensional do glúten aumentando sua porosidade e prejudicando, com isto, a

capacidade de retenção de gases, o que, juntamente com outros componentes da mistura, ajuda a explicar as alterações observadas no presente estudo.

Em contrapartida, os efeitos de interação entre malte e inulina ($X_1 \cdot X_3$) e entre concentrado proteico de soro de leite e inulina ($X_2 \cdot X_3$) resultaram no aumento da firmeza dos pães, enquanto que os efeitos de interação entre malte e concentrado proteico de soro de leite ($X_1 \cdot X_2$) e, entre malte, concentrado proteico de soro de leite e inulina ($X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$) resultou na redução da firmeza dos pães ($p < 0,05$). As diferentes propriedades nutricionais e funcionais presentes em cada um desses ingredientes, ao serem combinados resultaram na redução da firmeza dos pães. Esses resultados também podem estar relacionados à presença da enzima α -amilase maltogênica, visto que essa enzima tem a especificidade de hidrolisar as extremidades das cadeias de amido, mantendo a estrutura cristalina interna, o que diminui a retrogradação e prolonga a maciez de pães ao longo da vida útil como verificado por Bosmans et al. (2013), que encontraram diferença significativa em termos de firmeza experimental nos pães adicionados da enzima α -amilase maltogênica.

A checagem da curvatura apresentou efeito significativo negativo na firmeza ($p < 0,05$), demonstrando que nas condições experimentais foram observadas um ponto de mínimo para firmeza dos pães, dentro da faixa experimental estudada.

Na análise de variância (ANOVA) (Tabela 8) observou-se que o valor de F calculado foi superior ao de F tabelado, indicando que o modelo experimental obtido com os dados determinados foi válido para prever a firmeza para os pães, nas condições estudadas (RODRIGUES; IEMMA, 2009). Sendo assim, foi possível determinar a equação do modelo para predição da firmeza dos pães (Equação 1) e foram geradas as superfícies de resposta (Figura 2).

Tabela 8. Análise de variância para a firmeza dos pães determinada 24 h após o assamento.

Fonte de regressão	SQ	GL	QM	Fcalc	Ftab	p-valor
Regressão	39342,48	8	4917,81	983562,0	5,318	0,0008
Resíduos	0,00	1	0,005			
Total	39342,48	9				

SQ = Soma dos Quadrados; GL = graus de liberdade; QM = quadrados médios; Fcalc = F calculado; Ftab = F tabelado.

Fonte: Autoria própria (2020).

$$\begin{aligned} \text{Firmeza (g)} = & 263,3 - 26,0X_1 + 60,2X_2 - 13,8X_3 - 13,4X_1X_2 + 3,5X_1X_3 + 8,1X_2X_3 \\ & - 10X_1X_2X_3 \end{aligned} \quad (1)$$

Em que, X_1 = malte, X_2 = concentrado proteico de soro de leite e X_3 = inulina.

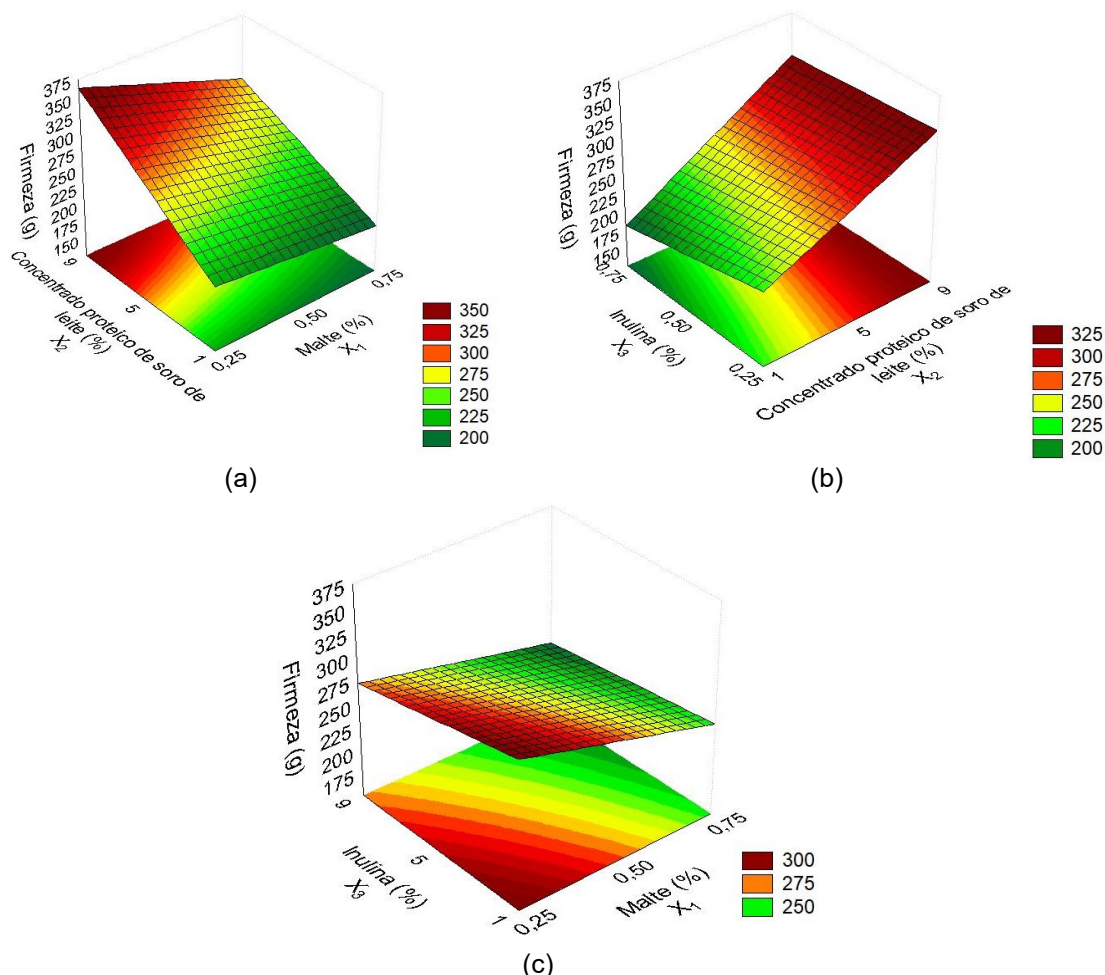


Figura 2. Superfícies de resposta para a firmeza (g) dos pães de forma variando a concentração de malte (X_1), concentrado proteico de soro de leite (X_2) e inulina (X_3). (a) inulina no ponto central, (b) malte no ponto central e; (c) concentrado proteico de soro de leite no ponto central.

Fonte: Autoria própria (2020).

Pode-se observar que o concentrado proteico exerceu maior influência nos resultados de firmeza dos pães e, comparando os valores obtidos no planejamento fatorial completo com os pães obtidos com a formulação controle (com adição de gordura vegetal hidrogenada e sacarose) (Tabela 4), observa-se que as amostras de pães correspondentes aos ensaios F9 e F10 (ponto central) apresentaram valores de firmeza similares à formulação controle ($p > 0,05$), com valores médios variando entre 234,6 a 243,8 g. Estes resultados demonstram que em termos de firmeza dos pães, o uso de 0,50% de malte, 5% de concentrado proteico de soro

de leite e 0,50% de inulina produziram pães com textura similar à formulação controle, com adição de gordura vegetal hidrogenada e açúcar (sacarose). Adicionalmente, a formulação controle apresentou resultado similar a F1, onde todas as variáveis foram adicionadas em seus níveis inferiores, bem como, a F2 (nível superior para o malte e inferior para concentrado proteico de soro de leite e inulina). Assim como o sabor, a textura é um importante indicador de qualidade de um alimento. A firmeza de pães de forma é a característica mais evidente de textura observada pelos consumidores, influenciando grandemente no julgamento da aceitabilidade do produto (CAUVAIN et al., 2009).

A análise de firmeza foi repetida 7 dias após o assamento dos pães e constatou-se valores superiores aos apresentados após a 24 h (Tabela 4) em todas as amostras. Isto pode ser explicado pelo fenômeno de retrogradação do amido, ocorrendo a expulsão da água para o ambiente e ocasionando o aumento da firmeza dos pães durante o tempo de armazenamento (ESTELLER; LANNES; 2005).

Na análise de efeitos estimados (Tabela 9) observou-se que apenas o concentrado proteico de soro de leite teve efeito significativo positivo na firmeza dos pães, indicando que o aumento da sua concentração na formulação resultou em um aumento médio de 277,5 g na firmeza dos pães armazenados durante 7 dias após o assamento. Devido a interação entre as proteínas do concentrado proteico do soro do leite com as proteínas do glúten, a massa tornou-se mais rígida e conseqüentemente aumentou a firmeza dos pães (OLIVEIRA, 2010). Na análise de variância o valor de F calculado (19,4) foi inferior ao F tabelado (238,9), portanto, não foi possível estabelecer um modelo matemático para prever a firmeza dos pães após 7 dias de armazenamento, nas condições experimentais estudadas.

Tabela 9. Efeitos estimados para a firmeza (g) dos pães obtidos por meio do planejamento fatorial completo ($R^2 = 0,71$; R ajustado = 0,67), determinada 7 dias após o assamento.

Fator	Efeito	Erro padrão	t(8)	p-valor
Média	649,180	28,160	23,053	<0,00001*
X ₂	277,525	62,967	4,407	0,0023*

X₂ = concentrado proteico de soro de leite.

*Fatores significativos ($p \leq 0,05$).

Nota: as variáveis não significativas foram adicionadas aos resíduos para garantir um melhor ajuste.

Fonte: Autoria própria (2020).

Comparando os valores de firmeza médio obtidos após 7 dias de armazenamento dos pães, valores similares à controle foram obtidos para as amostras F1, F2 e as do ponto central (F9 e F10), similarmente ao observado após 24 h de assamento.

5.2.2 Atividade de água (A_w)

Os valores de A_w determinados 24 h após o assamento (Tabela 10), variaram de 0,9029 a 0,9600 entre as formulações. A atividade de água é um dos fatores que exerce grande influência no potencial de deterioração nos alimentos. A A_w representa a disponibilidade de água livre no alimento, ou seja, são as moléculas que estão fracamente ligadas às moléculas do alimento, que estão disponíveis para as reações de desenvolvimento microbiano, logo, é um parâmetro fundamental no controle de qualidade. Os resultados obtidos para A_w foram superiores aos valores encontrados por César et al. (2006), que no primeiro dia obteve 0,852 e no segundo 0,857 ao elaborar pães sem glúten.

Na análise de efeitos estimados (Tabela 10), observa-se que o aumento da concentração de inulina (X_3) resultou em uma redução significativa no valor de A_w dos pães, assim como o efeito de interação entre malte e concentrado proteico de soro de leite ($X_1 * X_2$). Estes resultados demonstram que a adição de inulina e a combinação de malte e concentrado proteico de soro de leite contribuíram para o aumento das interações hidrofílicas entre os componentes do pão e o seu conteúdo de água, reduzindo o conteúdo de água livre. Já, a interação entre concentrado proteico e inulina ($X_2 * X_3$) apresentou efeito significativo positivo, ou seja, aumentaram o valor médio de A_w . A curvatura apresentou efeito significativo positivo, indicando que na faixa experimental estudada há um ponto de máximo para a A_w . As demais variáveis não exerceram efeito significado na resposta.

Tabela 10. Efeitos estimados para a A_w dos pães obtidos por meio do planejamento fatorial completo ($R^2 = 0,94$; R ajustado = $0,87$), determinada 7 dias após o assamento.

Fator	Efeito	Erro padrão	t(5)	p-valor
Média	0,933	0,003	353,014	<0,00001*
Curvatura	0,052	0,012	4,408	0,0070*
X_3	-0,015	0,005	-2,907	0,0335*
X_1X_2	-0,014	0,005	-2,633	0,0464*
X_2X_3	0,033	0,005	6,235	0,0016*

X_1 = malte. X_2 = concentrado proteico de soro de leite. X_3 = inulina.

*Fatores significativos ($p \leq 0,05$).

Nota: as variáveis não significativas foram adicionadas aos resíduos para garantir um melhor ajuste.

Fonte: Autoria própria (2020).

A variação dos valores de A_w obtidos nas formulações deve-se a retrogradação do amido e pela consistência mais úmida e líquida da massa antes do forneamento. Valores de A_w acima de 0,93 possibilitam condições adequadas para o aparecimento de bolores e leveduras (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Na análise de efeitos estimados, nenhuma das variáveis apresentou efeito significativo na A_w após 7 dias de armazenamento ($p > 0,05$).

5.2.3 Medida Instrumental de Cor da Casca dos Pães

As análises de efeitos estimados da medida instrumental de cor dos parâmetros L^* (luminosidade) e a^* (verde-vermelho) para a casca dos pães são apresentadas na Tabela 11. Para o parâmetro b^* não foram observados efeitos significativos ($p > 0,05$).

O parâmetro L^* indica a luminosidade, sendo que a amostra F1, em que as concentrações de malte (X_1), concentrado proteico de soro de leite (X_2) e inulina (X_3) foram usadas em seus níveis inferiores, exibiu o maior valor (67,73) sendo que esta não diferiu significativamente das amostras F2 e F5. Quanto ao parâmetro a^* , os maiores valores indicam amostras com tonalidade avermelhada, onde a formulação F3, seguida da F4, apresentaram os maiores resultados (14,7 e 14,21, respectivamente). Para o parâmetro b^* , quanto maior o valor maior será a tonalidade amarelada dos pães, e o maior valor foi o da formulação F2 e controle (40,36). Os autores Esteller e Lannes (2005) realizaram a avaliação de pães de forma para a fixação de qualidade e, ao verificarem a cor da crosta de pães de forma encontraram valores médios de 48,14 para L^* , 17,19 para a^* e 29,01 para o

parâmetro b^* , indicando valores mais escuros dos que encontrados no presente estudo.

Tabela 11. Efeitos estimados para os parâmetros de cor L^* e a^* da casca de pães obtidos por meio do planejamento fatorial completo (L^* : $R^2 = 0,97$; R ajustado = 0,95 / a^* : $R^2 = 0,99$; R ajustado = 0,99).

Parâmetro L^* ($R^2 = 0,97$; R ajustado = 0,95)				
Fator	Efeito	Erro padrão	t(6)	p-valor
Média	59,938	0,3723	160,983	0,0000*
X_1	-2,577	0,8325	-3,095	0,0213*
X_2	-10,223	0,8325	-12,280	0,0000*
$X_2 * X_3$	2,247	0,8325	2,699	0,0356*
Parâmetro a^* ($R^2 = 0,99$; R ajustado = 0,99)				
Fator	Efeito	Erro padrão	t(2)	p-valor
Média	10,880	0,058	187,837	0,0000*
X_1	0,844	0,116	7,290	0,0183*
X_2	5,516	0,116	47,618	0,0004*
$X_1 * X_3$	0,718	0,116	6,200	0,0250*
$X_2 * X_3$	-1,290	0,116	-11,137	0,0080*
$X_1 * X_2 * X_3$	0,711	0,116	6,139	0,0255*

X_1 = malte. X_2 = concentrado proteico de soro de leite. X_3 = inulina.

*Fatores significativos ($p \leq 0,05$).

Nota: Efeitos de variáveis não significativas foram adicionadas aos resíduos para garantir um melhor ajuste.

Fonte: Autoria própria (2020).

O aumento da concentração de malte (X_1) e o aumento da concentração de concentrado proteico de soro de leite (X_2) apresentaram efeito negativo significativo no parâmetro L^* , ou seja, deixaram as amostras mais escuras. Tal fato foi verificado por Zavareze, Moraes e Salas-Mellado (2010) ao trabalharem com fabricação de bolos com soro de leite, relacionando o ocorrido a lactose, a qual reage com os grupos amino livres dos aminoácidos, normalmente, temperatura elevada aliada à presença de açúcares redutores acelera reações de *Maillard* e de caramelização, levando ao escurecimento progressivo da crosta e do miolo em produtos de panificação.

Já o efeito da interação entre concentrado proteico e inulina ($X_2 * X_3$) foi positivo, indicando que a combinação das duas variáveis em um mesmo nível, resultou no aumento da luminosidade dos pães.

Para o parâmetro a^* , o aumento da concentração de malte (X_1) e o aumento da concentração de concentrado proteico de soro de leite (X_2), bem como, a interação entre malte e inulina ($X_1 * X_3$), resultaram em um aumento da tonalidade

avermelhada dos pães, similarmente ao que já foi explicado quanto a redução da luminosidade. A interação das três variáveis ($X_1 \times X_2 \times X_3$) em um mesmo nível também afetaram significativamente o aumento da tonalidade avermelhada.

5.2.4 Medida Instrumental de Cor do Miolo dos Pães

A amostra controle apresentou um valor médio de 76,42 para o parâmetro L^* , havendo variação significativa entre as demais formulações ($p < 0,05$), que exibiram valores entre 65,59 e 75,10. Estes resultados demonstram que as amostras exibiram coloração clara. Para o parâmetro a^* , a amostra controle exibiu o menor valor (-5,13) em comparação as demais formulações, que variaram de -4,41 a -5,03, indicando amostras de tonalidade esverdeada. Já para o parâmetro b^* , a amostra controle apresentou valor intermediário entre as amostras (16,07), indicando tonalidade amarelada. As demais formulações apresentaram valores de 14,72 a 17,91 para o parâmetro b^* . Em um estudo realizado por Almeida (2015), onde avaliaram a medida instrumental de cor no miolo dos pães de forma, valores de 80,21 foram observados para o parâmetro L^* , -2,49 para o parâmetro a^* e, 17,92 para o parâmetro b^* , valores similares ao observado no presente estudo.

Na análise de efeitos estimados (Tabela 12), o aumento da concentração de malte (X_1), concentrado proteico (X_2) e inulina (X_3), bem como, suas interações binárias resultou em efeito significativo na redução do valor médio do parâmetro L^* , indicando o seu escurecimento. A curvatura também exibiu efeito negativo significativo ($p < 0,05$), indicando que na faixa estudada houve um ponto de mínimo para o parâmetro L^* . Enquanto que, a interação entre as três variáveis resultou em efeito significativo no aumento do valor L^* .

Tabela 12. Efeitos estimados das variáveis X_1 (malte), X_2 (concentrado proteico de soro de leite) e X_3 (inulina) e suas interações, para os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* do miolo dos pães obtidos por meio do planejamento fatorial completo.

L^* ($R^2 = 0,99$; R ajustado = 0,99)				
Fator	Efeito	Erro padrão	t(1)	p-valor
Média	70,745	0,040	1768,625	0,0004*
Curvatura	-3,510	0,179	-19,621	0,0324*
X_1	-1,370	0,080	-17,125	0,0371*
X_2	-4,955	0,080	-61,938	0,0103*
X_3	-3,560	0,080	-44,500	0,0143*
$X_1 * X_2$	-0,445	0,080	-5,563	0,1132*
$X_1 * X_3$	-0,550	0,080	-6,875	0,0920
$X_2 * X_3$	-0,905	0,080	-11,313	0,0561
$X_1 * X_2 * X_3$	1,475	0,080	18,438	0,0345*
a^* ($R^2 = 0,99$; R ajustado = 0,99)				
Fator	Efeito	Erro padrão	t(2)	p-valor
Média	-4,742	0,005	-948,500	0,0000*
Curvatura	0,345	0,022	15,429	0,0042*
X_1	0,250	0,010	25,000	0,0016*
X_2	0,145	0,010	14,500	0,0047*
X_3	0,175	0,010	17,500	0,0032*
$X_1 * X_3$	0,110	0,010	11,000	0,0082*
$X_2 * X_3$	0,115	0,010	11,500	0,0075*
$X_1 * X_2 * X_3$	-0,120	0,010	-12,000	0,0069*
b^* ($R^2 = 0,99$; R ajustado = 0,99)				
Fator	Efeito	Erro padrão	t(2)	p-valor
Média	16,422	0,031	531,942	0,0000*
Curvatura	-0,675	0,138	-4,889	0,0394*
X_1	1,125	0,062	18,220	0,0030*
X_2	0,580	0,062	9,393	0,0111*
X_3	-1,095	0,062	-17,734	0,0032*
$X_1 * X_2$	0,590	0,062	9,555	0,0108*
$X_1 * X_3$	0,875	0,062	14,171	0,0049*
$X_2 * X_3$	-0,380	0,062	-6,154	0,0254*

*Fatores significativos ($p \leq 0,05$).

Nota: Efeitos de variáveis não significativas foram adicionados aos resíduos para garantir melhor ajuste.

Fonte: Autoria própria (2020).

Observa-se que o aumento das concentrações das variáveis estudadas exerceu efeito positivo no valor médio de a^* , contribuindo para o aumento da tonalidade avermelhada do miolo dos pães, com exceção da interação entre as três variáveis ($X_1 * X_2 * X_3$), que apresentou efeito oposto. Já para o componente b^* , as amostras de pães exibiram miolos com tendência de tonalidade amarelada, sendo que o malte (X_1) e o concentrado proteico de soro de leite (X_2) exerceram efeito positivo no valor médio, enquanto que a inulina (X_3) exerceu efeito negativo. Além disso, a interação entre malte e concentrado proteico ($X_1 * X_2$) e, entre malte e inulina ($X_1 * X_3$), também contribuíram para o aumento da tonalidade amarela. Em

contrapartida, a interação entre concentrado proteico e inulina ($X_2 * X_3$) teve efeito na redução do valor médio de b^* .

5.2.5 Composição Centesimal

A composição centesimal dos pães (Tabela 6) demonstrou que a amostra controle exibiu o menor valor médio de umidade entre as formulações estudadas (26,89%), enquanto que as demais formulações variaram de 28,73 a 35,53%. O inverso foi observado para o teor de lipídeos das amostras, sendo que a amostra controle exibiu o maior valor (0,78%) e as demais formulações variaram de 0,19 a 0,21%. A substituição da gordura vegetal hidrogenada e sacarose por malte, concentrado proteico e inulina contribuíram para a redução do teor de lipídeos e aumento da umidade, conforme esperado.

Com relação ao teor de cinzas, a amostra F8, em que todas as variáveis estudadas foram aplicadas em seus níveis superiores, apresentou o maior valor ($p < 0,05$). A amostra controle e as demais formulações apresentaram valores intermediários. Estes resultados estão relacionados ao conteúdo de minerais presentes nos ingredientes utilizados. Borges et al. (2011) também observaram aumento no teor de cinzas de formulações de pães de forma adicionados de farinha de linhaça em comparação a amostra controle. O teor de proteínas diferiu entre as formulações e o controle, onde a amostra F3 apresentou o maior conteúdo ($p < 0,05$), sendo a formulação com adição do concentrado proteico em seu nível superior, é importante destacar que as proteínas do soro contêm uma alta concentração de lisina, um aminoácido que não está presente na proteína do trigo, resultando em um melhor perfil de aminoácidos essenciais, que são facilmente digeridos (MARKUS; OLIVER; HAAN, 2002).

As formulações adicionadas de malte, concentrado proteico e inulina apresentaram teor de carboidratos, determinado por diferença, inferior a amostra controle. Este resultado pode estar associado, conseqüentemente, a um menor teor de amido nas formulações com considerável função no processo de panificação por contribuir na formação da estrutura, consistência e textura do miolo e no aumento de volume (CAUVAIN et al., 2009) além de desempenhar papel fundamental no envelhecimento de pães. Os resultados de teor de carboidratos do

presente estudo foram similares aos determinados por Lima (2007) e Oliveira, Pirozi e Borges (2007) ao utilizarem farinha integral de linhaça na elaboração de pães de forma e pão de sal.

6 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu obter dez formulações de pães de forma, sem adição de gordura vegetal hidrogenada e açúcar (sacarose), utilizando malte, concentrado proteico de soro de leite e inulina, e estas foram comparadas a uma formulação controle.

A combinação das variáveis concentração de malte, concentrado proteico de soro de leite e inulina adicionadas em seus níveis inferiores ou no ponto central permitiram obter formulações de pães de forma com firmeza similar ao controle (com adição de gordura vegetal hidrogenada e sacarose), sendo possível determinar a equação do modelo matemático para prever o teor de firmeza dos pães após 24 h de produção, avaliado por meio da metodologia de superfície de resposta.

A combinação dos referidos ingredientes afetou a coloração dos pães, obtendo-se amostras mais escuras em comparação ao controle, principalmente quando adicionados em seus níveis superiores, resultado do processo de caramelização e/ou reação de *Maillard* favorecido pelos ingredientes adicionados. Além disso, o aumento da atividade de água, do teor de umidade e de cinzas e redução do teor de lipídios foram observados nas formulações, em comparação ao controle, não havendo diferença quanto ao teor de proteínas.

Tendo em vista o potencial tecnológico e funcional do malte, do concentrado proteico de soro de leite e da inulina e os resultados obtidos, pode-se concluir que formulações com características físico-químicas similares ao pão de forma convencional foram obtidas, porém com um potencial de saudabilidade. Desta forma, a combinação dos ingredientes em seu ponto central (F9 e F10) poderia ser uma alternativa viável para a substituição da gordura vegetal hidrogenada e da sacarose.

A aplicação de uma análise sensorial seria uma proposta sugerida para trabalhos futuros, podendo ser correlacionada aos parâmetros físico-químicos determinados.

REFERÊNCIAS

- AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods**. 10. ed. Saint Paul, 2000. 1 CD-ROM.
- ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria do trigo. O papel do trigo na evolução da humanidade. **O Triticulor e o Mercado**, 2011. Disponível em <http://www.abitrigo.com.br/pdf/cartilha/Cartilha_Triticulor> Acesso em 25 de setembro 2019.
- ABIMAPI. Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados. **Anuário, 2019**. Disponível em <https://www.abimapi.com.br/anuario/01.html#your_book_name/32-33> Acesso em 15 de novembro de 2019.
- ALMEIDA, E. B. **Efeito da sova nas características e aceitabilidade do pão de forma**. 2015. Disponível em: <https://ppgcta.ufc.br/wp-content/uploads/2018/10/dissertacao-elaine-batista-almeida.pdf>. Acessado em: 11/11/2020
- ANS. Agência Nacional De Saúde Suplementar. **Manual de diretrizes para o enfrentamento da obesidade na saúde suplementar brasileira**. Rio de Janeiro: ANS, 2017. Disponível em <http://www.ans.gov.br/images/Manual_de_Diretrizes_para_o_Enfrentamento_da_Obesidade_na_Sa%C3%BAde_Suplementar_Brasileira.pdf> Acesso em 15 de novembro de 2019.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists** (method 900.02). Arlington: A.O.A.C., 2005.
- BESEGATO, M. R. S. **Excesso de açúcar x prevenção de doenças**. In: os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor. Secretaria de Estado da Educação, Programa de Desenvolvimento Educacional: PDE, 2017. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_bio_ufpr_marareginascortegagnabesegato.pdf> Acesso em 27 de setembro de 2019.
- BORGES, J. T. S., PIROZI, J. B. P. C.; GERMANI, R.; PAULA, C. D. Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas de trigo e linhaça. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 159-172, jul./dez, 2011.
- BOSMANS, G. M.; LAGRAN, B.; FIERENS, E.; DELCOUR, J. A. Impact f Amylases on Biopolymer Dynamics during Storage of Straight-Dough Wheat Bread. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 6525-6532, 2013.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada. **RDC nº 90 de 18 de outubro de 2000**. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão. Diário Oficial da República Federativa do Brasil: Brasília, 2000.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada. **RDC nº 244 de 13 de abril de 2002**. Regulamento Técnico para a Fortificação das Farinhas de Trigo e das Farinhas de Milho com Ferro e Ácido Fólico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil: Brasília, 2002.

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8 de 02 de junho de 2005**. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade da Farinha de Trigo. Diário Oficial da República Federativa do Brasil: Brasília, 2005.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada. **RDC nº 45, de 3 de novembro de 2010**. Aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF). Diário Oficial da República Federativa do Brasil: Brasília, 2010.

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: BRASIL 2017/2018 a 2027/2028**. Secretaria de Política Agrícola. Brasília, 2018, 114 p. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/PROJECOES2018_FINALIZADA_web_05092018.pdf> Acesso em 15 de novembro de 2019.

CAUVAIN; S. P.; et al. **Tecnologia da panificação**. 2. ed., Manole: Barueri, SP, 2009. 418 p.

CÉSAR, A. S.; GOMES, J. C.; STALIANO, C. D.; FANNI, M. L.; CHAVES, M. Elaboração de pão sem glúten. **Ceres**, v. 53, n. 306, p. 150-155. 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **A Cultura do Trigo**, Brasília: CONAB, 2017. 218 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf> Acesso em 14 de outubro de 2019.

COSTA, M. D. G. et al. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 220–225, 2008.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed., Artmed: Porto Alegre, RS, 2010, 900 p.

DOBRZANSKI, J.; DIAS, L. F.; AYALA, L. Característica e utilização do bagaço de cerveja em panificação. Anais... In: **IV Semana de Tecnologia em Alimentos**, 2008. UTFPR: Ponta Grossa, PR, v. 2, n. 7, 2008.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 802-806, 2005.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World food situation**. Rome: FAO, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/en/>> Acesso em 15 de novembro de 2019.

FIB. Food Ingredients Brasil. **Dossiê panificação: ingredientes enriquecedores para panificação**. Food Ingredients Brasil, n. 42, 2017. Disponível em <https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201711/2017110916886001512043790.pdf> Acesso em 15 de novembro de 2019.

FIEP. Federação das Indústrias do Estado do Paraná. **Panorama setorial: indústria do trigo**. Federação das Indústrias do Estado do Paraná e Sindicato da Indústria do Trigo no Estado do Paraná, 2016, 150 p. Disponível em: <[http://www.fiepr.org.br/para-sindicatos/estudos-economicos/uploadAddress/Panorama_do_Trigo_final_Alta\[76388\].pdf](http://www.fiepr.org.br/para-sindicatos/estudos-economicos/uploadAddress/Panorama_do_Trigo_final_Alta[76388].pdf)> Acesso em 20 de novembro de 2010.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 196 p.

FREUND, L.; POPPER, W.; SCHÄFER, W. **The Cereals, Flour and Flour Improvement Handbook**. In: Future of Flour, 2006, 500 p.

GAYARDO, M.; COLLING, S. S.; ENSINA, T. C. S. **Desenvolvimento de pães bisnaguinhas com substituição de farinha de trigo por farinha de beterraba, isento de gordura hidrogenada com adição de estermid**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, Medianeira: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2015. 26 f. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5489/1/MD_COALM_2015_2_01.pdf> Acesso em 20 de setembro de 2019.

HAULY, M. C. DE O.; MOSCATTO, J. A. Inulina e Oligofrutoses: Uma Revisão Sobre Propriedades Funcionais, Efeito Prebiótico e Importância na Indústria de Alimentos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, 2002.

HAGER, A.-S., et al. Influence of the soluble fibres inulin and oat β -glucan on quality of dough and bread. **European Food Research and Technology**, v. 232, p. 405-413, 2011.

HANSEN, B.; WASDOVITCH, B. Malt ingredients in baked goods. **Cereal Foods World**, v. 50, n. 1, p. 18-22, 2005.

KOLBYE, A. C. et al. Evaluation of the food safety aspects of inulin and oligofructose - GRAS Determination. **Orafti Internal Report Tienen**, Belgium: Orafti, 1992.

KAUR, N.; KAUR, H.; MAVI, G. S. Assessment of nutritional and quality traits in biofortified bread wheat genotypes. **Food Chemistry**, v. 302, p. 125-342, 2019.

LAM, R. S. H.; NICKERSON, M. T. The effect of pH and temperature pre-treatments on the physicochemical and emulsifying properties of whey protein isolate. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 427-434, 2015.

Disponível em

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643814004629>> Acesso em 15 de novembro de 2019.

LIMA, C. C. **Aplicação das farinhas de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) no processamento de pães com propriedades funcionais**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2007. 148 f.

MARKUS, C. R.; OLIVER, B; DE HAAN, E. H. F. Whey Protein rich in alfa-lactalbumin increases the ratio of plasma tryptophan to the sum of the other large neutral amino acids and improves cognitive performance in stress-vulnerable subjects. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 2002, v. 75, n. 6, p. 1051-1056.

OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. S. Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 2, p. 141-150, 2007.

OLIVEIRA, L. C. **Adubação Nitrogenada na qualidade tecnológica do trigo**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 75f.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnología de la panificación**. 2. ed. Zaragoza: Editora Acribia, 1991. 485 p.

ROCCIA, P.; RIBOTTA, P. D.; PEREZ, G. T.; LENON, A. E. Influence of soy protein on rheological properties and water retention capacity of wheat gluten. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 358-362, 2009.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**. 2 ed. Campinas, SP: Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, 2009. 358 p.

SCHIDLOWSKI, L. L. **Produtividade e qualidade industrial de trigo em diferentes anos e regiões de cultivo**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2014. 56 f.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Agroindústria: Panificação caseira**, Brasília: SENAR, 2016. 76 p. Disponível em:

<[https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/175-](https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/175-PANIFICA%C3%87%C3%83O.pdf)

PANIFICA%C3%87%C3%83O.pdf> Acesso em 07 de novembro de 2020.

SCHEUER, P. M. et al. Trigo: Características E Utilização Na Panificação.

Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 13, n. 2, p. 211–222, 2011.

SINGER, C. S. **Propriedades físico-químicas, reológicas, entálpicas e de panificação da farinha obtida de trigo irradiado**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia, São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 106 f. Disponível em

<[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-05092006-](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-05092006-105810/publico/DissertacaoCarolinaSobralSinger.pdf)

105810/publico/DissertacaoCarolinaSobralSinger.pdf> Acesso em 15 de novembro de 2019.

TIVELLI, S. W.; et al. **Beterraba: do Plantio a Comercialização**. Instituto Agrônomo: Campinas, SP, 2011. 45 p.

VIDAL, A. M.; et al. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Cadernos de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 1, n. 15, p. 43-52, 2012.

ZAMBRANO, F.; et al. Concentrado proteico de soro como substituto de gordura em pão de queijo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 3, p. 244-252, 2012.

ZARDO, F. P. **Análises Laboratoriais para o controle de qualidade da farinha de trigo**. 2010. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso- Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, 2010.

ZAVAREZE, E. R.; MORAES, K. S.; SALAS-MELLADO, M. L. M. Qualidade tecnológica e sensorial de bolos elaborados com soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 100-105, 2010.