

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**CRISTIANE SANTOS ROHDEN
FABIANA BURNIER**

**COMPARAÇÃO ENTRE GOMA XANTANA E HIDROXIPROPILMETILCELULOSE
NA ELABORAÇÃO DE PÃES SEM GLÚTEN**

MEDIANEIRA

2023

**CRISTIANE SANTOS ROHDEN
FABIANA BURNIER**

**COMPARAÇÃO ENTRE GOMA XANTANA E HIDROXIPROPILMETILCELULOSE
NA ELABORAÇÃO DE PÃES SEM GLÚTEN**

**Comparison between xanthan gum and hydroxypropylmethylcellulose in the
elaboration of gluten-free breads**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Tecnólogo do curso de Tecnologia em Alimentos
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
UTFPR, Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof^a Dr^a Nádia Cristiane Steinmacher.

MEDIANEIRA

2023



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

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**CRISTIANE SANTOS ROHDEN
FABIANA BURNIER**

**COMPARAÇÃO ENTRE GOMA XANTANA E HIDROXIPROPILMETILCELULOSE
NA ELABORAÇÃO DE PÃES SEM GLÚTEN**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Tecnólogo do curso de Tecnologia em Alimentos
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 16/Junho/2023

Nádia Cristina Steinmacher
Doutorado em Ciências de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR

Gláucia Cristina Moreira
Doutorado em Agronomia/Horticultura
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR

Daiane Cristina Lenhard
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR

MEDIANEIRA

2023

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à todos que nos apoiaram e ajudaram durante essa jornada e nos incentivaram a não desistir.

Eu Fabiana, agradeço aos meus irmãos Fabieli Burnier e Jhonatan Burnier, minha mãe Teresa Sapko e meu noivo Vanderson Faraom por todo apoio, incentivo e compreensão necessários para concluir essa etapa.

Eu Cristiane, agradeço ao meu pai Adelio Pedro Rohden (em memória) pela vida, pelo exemplo e construção do meu caráter que me deixaram forte e decidida à concluir essa jornada. A minha prima Danieli Rohden que me incentiva e apoia todos os dias.

A todos os professores que se fizeram presentes ao longo desses anos e que contribuíram com seus ensinamentos.

Agradecemos imensamente a nossa orientadora Professora Dra Nádia Cristiane Steinmacher pelos ensinamentos, correções, paciência e dedicação que nos ajudaram a finalizar este trabalho.

Aos familiares e amigos que de forma indireta nos incentivaram a enfrentar as dificuldades encontradas durante o percurso.

A CEANMED- Central Analítica Multiusuário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira, Paraná, Brasil, pelos ensaios realizados.

RESUMO

O pão surgiu pelo cozimento de mingaus feitos com cereais, nos primórdios da população, no tempo em que o homem ainda era nômade. O glúten é uma rede formada por proteínas, principalmente a gliadina e a glutenina, que proporciona massas com uma boa estrutura, textura e sabor, presente em cereais como o trigo, cevada e centeio, sendo muito importante para obtenção de produtos de panificação, como o pão. No entanto, o glúten ocasiona problemas para indivíduos geneticamente predispostos, como a doença celíaca, sensibilidade ao glúten não celíaca e alergia ao trigo. A farinha de arroz é uma das matérias-primas mais utilizadas na substituição de farinhas com glúten, no entanto, ela não possui proteínas que tenham a mesma capacidade do glúten, o que gera massas com baixo volume específico, sabor e textura alterados. Por esse motivo, é importante utilizar aditivos, como a goma xantana ou o hidroxipropilmetilcelulose, que possuem a capacidade de reter e incorporar gás nas massas, dando maior volume ao produto e melhorando também sua textura. No presente trabalho foram desenvolvidas cinco formulações em triplicata, substituindo a farinha de trigo pela farinha de arroz e polvilho doce, sendo formulação controle sem adição de qualquer aditivo, formulações goma xantana 2 g e 5 g, formulações HPMC 2g e 5 g. Analisou-se a cor, volume específico, firmeza e atividade de água. As formulações padrão (3.329,55) e HPMC 2g (3329,55) apresentaram maior firmeza quando comparadas com as demais formulações. As formulações goma xantana 2 g e goma xantana 5 g apresentaram maior volume específico, e as formulações controle, HPMC 2g e HPMC 5g apresentaram semelhanças no volume específico. Todas as formulações tiveram valores acima de 0,9 para atividade de água sendo considerado um valor alto, visto que microrganismos deteriorantes se multiplicam nessa faixa de atividade de água. Os valores obtidos para o parâmetro L (luminosidade) mostram que todas as formulações tem tendência ao branco, por apresentarem coloração mais próxima de 100. Para o parâmetro a^* as formulações apresentaram-se mais próximos a cor verde, e para o parâmetro b^* mais próximas do amarelo.

Palavras-chave: Aditivos; doença celíaca; farinha de arroz; glúten; pão.

ABSTRACT

Bread emerged by cooking porridge made with cereals, in the early days of the population, in the time when man was still nomadic. Gluten is a network formed by proteins, mainly gliadin and glutenin, which provides pasta with a good structure, texture and flavor, present in cereals such as wheat, barley and rye, being very important for obtaining bakery products, such as the bread. However, gluten causes problems for genetically predisposed individuals, such as celiac disease, non-celiac gluten sensitivity and wheat allergy. Rice flour is one of the raw materials most used to replace gluten-containing flours, however, it does not have proteins that have the same capacity as gluten, which generates doughs with low specific volume, altered flavor and texture. For this reason, it is important to use additives, such as xanthan gum or hydroxypropylmethylcellulose, which have the ability to retain and incorporate gas into the dough, giving the product greater volume and also improving its texture. In the present work, five formulations were developed in triplicate, substituting wheat flour for rice flour and sweet starch, being a control formulation without the addition of any additive, xanthan gum formulations 2 g and 5 g, HPMC formulations 2g and 5 g. Color, specific volume, firmness and water activity were analyzed. The standard (3329.55) and HPMC 2g (3329.55) formulations showed greater firmness when compared to the other formulations. The 2 g xanthan gum and 5 g xanthan gum formulations showed higher specific volume, and the control, 2g HPMC and 5g HPMC formulations showed similarities in specific volume. All formulations had values above 0.9 for water activity, which is considered a high value, since deteriorating microorganisms multiply in this range of water activity. The values obtained for the parameter L (brightness) show that all formulations tend to be white, as they have a color closer to 100. For the parameter a*, the formulations were closer to the green color, and for the parameter b* closer to yellow.

Keywords: Additions; bread; celiac disease; gluten; rice flour.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais proteínas formadoras de glúten.....	17
Figura 2 - Mucosa normal e mucosa de portador de doença celíaca.....	18
Figura 3 - Etapas do processo de produção dos pães.....	25
Figura 4 - Amostras com Goma Xantana.....	32
Figura 5 - Pães adicionados de HPMC 2g e 5 g e amostra padrão.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulação controle que será utilizada para o desenvolvimento dos pães.	23
Tabela 2 - Concentrações dos aditivos utilizadas nas formulações.	24
Tabela 3 - Resultado obtido para firmeza dos pães	28
Tabela 4 - Resultados obtidos para volume específico.	29
Tabela 5 - Resultados obtidos para Atividade de água das formulações.	30
Tabela 6 - Resultados obtidos para cor das formulações.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 História do pão	16
3.2 Glúten	16
3.3 Pão sem gluten	19
3.4 Farinha de arroz	19
3.5 Polvilho doce	20
3.6 Aditivos	21
3.6.1 Ação do hidrocoloide hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)	21
3.6.2 Ação da goma xantana.....	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 Formulações dos pães sem gluten	23
4.2 Determinação das propriedades tecnológicas dos pães	26
4.2.1 Firmeza	26
4.2.2 Volume específico (VE)	26
4.2.3 Cor.....	27
4.2.4 Atividade de água (aW)	27
5.3 Análise estatística	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Firmeza	28
5.2 Volume específico	29
5.3 Atividade de água (aw)	30
5.4 Cor	30
6 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Conforme a RDC N° 90, de 18 de outubro de 2000 (ANVISA 2000) o pão é um alimento obtido por meio da cocção de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo ou farinhas que contenham naturalmente o glúten.

Para obtenção do pão, é utilizada uma mistura de ingredientes, como farinhas, água, sal, açúcar e fermento biológico. Suas características ocorrem devido à fermentação alcóolica acometida por leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*. A fermentação produzida pelas leveduras converte o açúcar em gás carbônico, e em conjunto com o vapor da água originado no forno durante o aquecimento, ocorre a expansão da massa (SELMO, 2014).

A obtenção de pão à base de trigo só é possível por meio das propriedades do conjunto de proteínas presentes nos grãos. Sendo essas proteínas solúveis em água, chamadas de prolaminas, ou então, proteínas de reserva. Quando as mesmas são hidratadas, tornam a massa viscoelástica (BATISTA; FILHO, 2002).

No entanto, o glúten presente em muitos produtos de panificação, é um grande causador de desordens, que atingem a população de forma global, sendo a doença celíaca, alergia ao trigo e sensibilidade ao glúten não celíaca as mais conhecidas (ELLI *et al.*, 2015).

A única forma de amenizar os sintomas ocasionados pelo glúten em indivíduos que apresentam esses distúrbios, é a dieta isenta de glúten. Neste caso, é necessário fazer a substituição de produtos, como massas, biscoitos, pães e bolos feitos à base de trigo por produtos isentos de glúten (FIGUEIRA *et al.*, 2011).

Com o objetivo de ofertar aos consumidores intolerantes ao glúten produtos que possam ser consumidos sem riscos, é importante elaborar novos produtos que substituam os produtos tradicionais, sendo a farinha de arroz uma ótima substituta da farinha de trigo. No entanto, a farinha de arroz não possui a capacidade de reter gás na massa, por isso, os pães feitos a partir desse tipo de farinha, não apresentam as mesmas características que os pães a base de trigo oferecem (FIGUEIRA *et al.*, 2011).

Ainda, a produção de pães sem glúten é um desafio tecnológico, visto que, os pães sem glúten encontrados em mercados não apresentam a mesma qualidade sensorial que os pães ditos normais, sendo importante e necessária a busca constante por melhorias nessas formulações. Uma forma de tentar amenizar as

diferenças entre os pães com glúten e sem glúten, é a utilização de aditivos, como goma xantana e hidroxipropilmetilcelulose. Sendo os mesmos uma ótima opção para melhorar as características físicas desses pães (SANTOS, 2017).

Desta forma, o presente trabalho objetiva a comparação entre a adição de goma xantana e HPMC nas formulações de pães a base de farinha de arroz e polvilho doce, como uma opção de produto sem glúten.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver formulações de pães isentos de glúten pela substituição de farinha de trigo por farinha de arroz e polvilho doce, com adicional de goma xantana e HPMC, fazendo a comparação do efeito que eles causam nas características tecnológicas destes pães.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar formulações de pães sem glúten;
- Caracterizar as propriedades tecnológicas (cor, volume específico, atividade de água e firmeza) dos pães;
- Comparar o efeito da adição de goma xantana e HPMC nos pães isentos de glúten.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 História do pão

A palavra “pão” vem do latim “panis” e, sua história tem início nos primórdios da civilização, no tempo em que o homem ainda era nômade. Quando o homem sentiu necessidade de fixar-se em determinado lugar por longos períodos para o plantio de cereais, acabou descobrindo a cultura das plantas, e assim, surgiu a agricultura racional (FREIRE, 2011).

Segundo estudos arqueológicos, existem vestígios de que a produção do pão teve início há 10.000 a.C. nas aldeias palafitas. No entanto, os hebreus foram, de forma acidental, os responsáveis por descobrir a massa fermentada, tornando os pães daquela época muito parecidos com os pães que temos hoje. E com a transformação da civilização, o pão chegou ao século XXI, tornando-se um alimento presente no mundo todo (FREIRE, 2011).

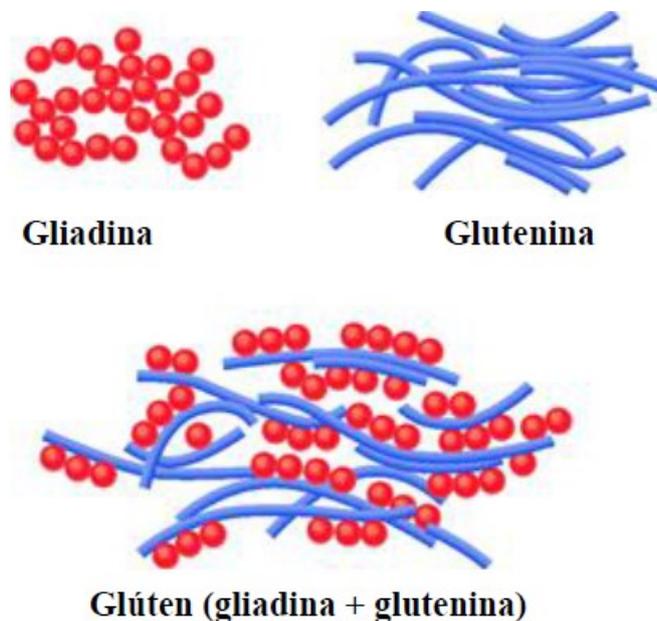
O pão é feito por meio de uma mistura de ingredientes, podendo utilizar diversos tipos de farinhas, juntamente com fermento biológico ou fermento natural, água, açúcar, sal e gordura (FREIRE, 2011).

3.2 Glúten

O glúten é a proteína de armazenamento mais importante dos grãos de trigo. Sendo formado por centenas de proteínas relacionadas que formam uma mistura complexa, mas distintas, como a gliadina e glutenina. Existem proteínas parecidas, que são encontradas em outros grãos de cereais, como a secalina no centeio, e a hordeína na cevada. O glúten é estável ao calor, exercendo a função de agente de ligação e extensão, melhorando a textura, e a retenção de umidade e sabor, produzindo massas de alta qualidade (BIESIEKIERSKI, 2017).

Na Figura 1, estão representadas as duas principais proteínas formadoras do glúten.

Figura 1 - Principais proteínas formadoras de glúten.



Fonte: Ribeiro, (2012).

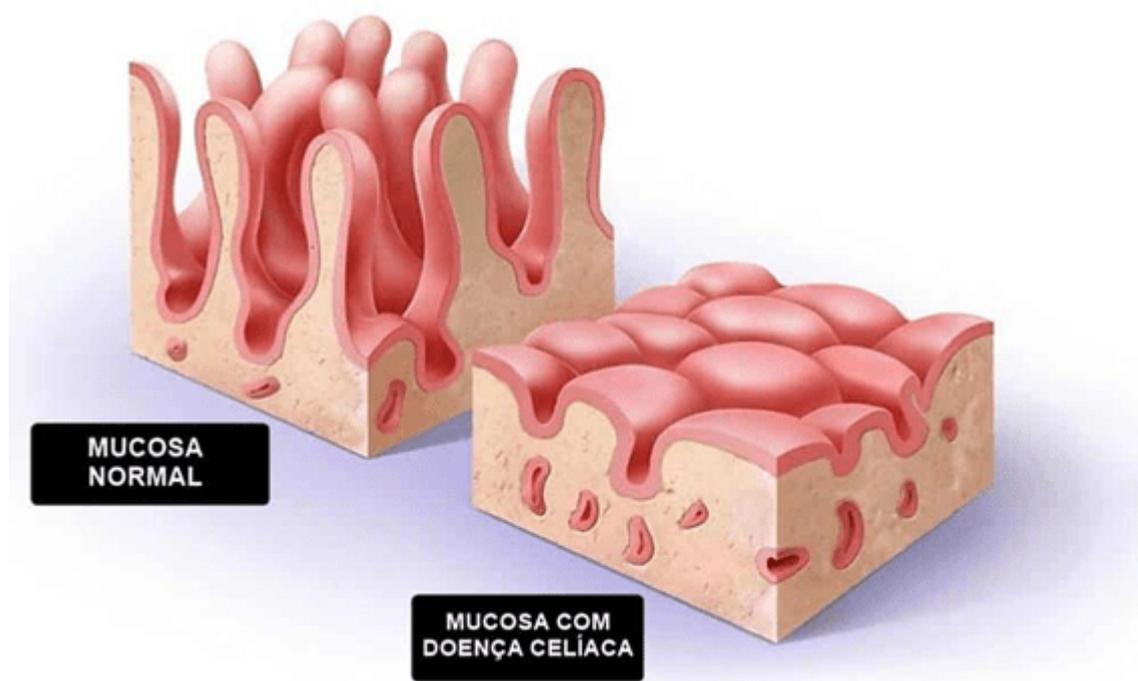
A gliadina presente na formação do glúten possui sequências peptídicas que são altamente resistentes à digestão gástrica, pancreática e intestinal, dessa forma, ela não é degradada pelo intestino humano. Isso ocorre devido ao alto teor de aminoácidos, como a prolina e glutamina. Sendo que os resíduos ricos em prolina é que criam estruturas firmes que podem causar as reações na doença celíaca (BIESIEKIERSKI, 2017).

A doença celíaca (DC), a sensibilidade ao glúten não celíaca também denominada como intolerância ao glúten, a ataxia do glúten, a dermatite herpetiforme e a alergia ao trigo, são desordens relacionadas ao glúten. São doenças que afetam a população mundial, inclusive em regiões mais pobres. A doença celíaca e a intolerância ao glúten são mais prevalentes em mulheres, tendo estimativa de 1% da população para DC, e 6% para intolerância ao glúten (CRUCINSKY *et al.*, 2021).

A DC é uma doença autoimune ocasionada pela ingestão do glúten por pessoas que são geneticamente predispostas. A manifestação da DC ocorre quando a gliadina entra em contato com as células do intestino delgado, e assim, gera uma resposta imunológica com a produção de anticorpos (ARAÚJO *et al.*, 2010).

A Figura 2 mostra a diferença entre um intestino saudável e o intestino de um celíaco, onde as vilosidades do intestino de um celíaco acabam sendo prejudicadas pela doença.

Figura 2 - Mucosa normal e mucosa de portador de doença celíaca.



Fonte: Beyour Future (2020).

Ao contrário da DC, na sensibilidade ao glúten não celíaca (SGNC) não ocorre o surgimento de anticorpos, não envolvendo o sistema imunológico. No entanto, os sintomas da SGNC são similares aos sintomas gastrointestinais apresentados na doença celíaca. O diagnóstico em casos de SGNC é feito pela exclusão do glúten da dieta (RIBEIRO *et al.*, 2017).

A alergia ao trigo está relacionada às proteínas do trigo e não apenas ao glúten, ocorrendo a liberação de mediadores químicos como a histamina. Neste caso, as pessoas acometidas além de apresentarem sintomas digestivos, apresentam sintomas respiratórios e cutâneos, quando entram em contato com trigo por meio de mucosa, ou em contato com a pele ou por meio de vias respiratórias. Esses sintomas aparecem em pouco tempo após o indivíduo fazer a ingestão (ORTIZ; VELENZUELA; LUCERO, 2017).

3.3 Pão sem glúten

A produção de pães que não tenham glúten é um desafio, pois o glúten é o responsável por tornar a massa elástica, viscosa, e com extensibilidade, além da retenção de gás, originando um pão com miolos e estruturas de qualidades. Dessa forma, os pães isentos de glúten apresentam baixo volume específico, além de miolos borrachentos e firmes, sendo produtos pouco atraentes aos olhos dos consumidores (SELMO, 2014).

Na literatura científica estão apresentados muitos ingredientes substitutos da farinha do trigo, dentre eles farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*) (HELOIZA *et al.*, 2016), fibras de colágeno (GRAÇA *et al.*, 2017), farinha de casca de batata, semente de abóbora e quinoa (JACINTO *et al.*, 2020), farinha de arroz e fécula de batata (LUCIANE; SAUERESSIG; ESCOBAR, 2016), assim como, a pasta de arroz cozido (HELOIZA *et al.*, 2016).

Segundo Heloiza *et al.* (2016) a farinha de mesocarpo de babaçu mostrou-se uma alternativa promissora na elaboração de pães sem glúten devido a boa aceitação sensorial obtida quando utilizada na concentração de até 5% associada a pasta de arroz cozido e fécula de batata.

Para Graça *et al.* (2017) os pães elaborados com fibras de colágeno apresentaram aceitação sensorial superior a 75%, quando utilizadas na concentração de até 4% de colágeno em fibra). Os autores concluíram que é possível adicionar colágeno em pães sem glúten, sendo que o pão adicionado de 4% de colágeno em fibra apresentou características mais próximas às do pão padrão testado.

A farinha de arroz é a matéria prima mais utilizada para substituição do trigo em produtos de panificação. Porém, a farinha de arroz apresenta proporções diferentes de frações de proteínas de estocagem, incapacitando a farinha de produzir uma rede proteica parecida com a rede de glúten (SELMO, 2014).

3.4 Farinha de arroz

Entre os grãos, o arroz é um cereal de grande fonte energética, sendo cultivado em muitos países (SELMO, 2014), além disso, é um carboidrato, e contém

nutrientes importantes para a manutenção da saúde, como potássio, cálcio e fibras (BASSINELLO; FERREIRA; LUZ, 2017).

A farinha de arroz é muito apreciada por pessoas que buscam uma alimentação mais saudável e equilibrada, seja ela por estilo de vida ou por restrições alimentares, como no caso das desordens relacionadas ao glúten (BASSINELLO; FERREIRA; LUZ, 2017). Pode ser obtida por grãos inteiros ou moídos. Possui cerca de 6% a 7% de proteína, sendo as proteínas e os carboidratos os maiores componentes presentes no arroz (TORNISIELLO, 2019).

As proteínas do arroz apresentam semelhanças quando comparadas com as proteínas presentes em leguminosas, e não apresentam a toxicidade que o trigo apresenta para as pessoas com restrições ao glúten, como no caso da doença celíaca. No entanto, não possuem as características viscoelásticas do glúten, o que dificulta a produção de pães com qualidade semelhante aos pães feitos com trigo, tornando estes com miolos emborrachados e pouco volumosos (TORNISIELLO, 2019).

A farinha de arroz apresenta suavidade em seu sabor, e é muito utilizada na substituição da de trigo, sendo uma matéria prima essencial para produção de produtos glúten *free*. Em pães feitos com farinha de trigo, o glúten é o responsável pela retenção de gás carbônico, gerando pães de alta qualidade, nos produtos feitos com farinha de arroz, não ocorre a retenção de gás carbônico, pois a farinha de arroz não tem essa capacidade, o que gera um produto com pouco crescimento da massa, quando comparado com pães à base de trigo (TORNISIELLO, 2019).

3.5 Polvilho doce

Obtido por meio do processamento e beneficiamento da mandioca (EMATER-MG, 2000), o polvilho doce é constituído por 18% de amilose e 82% de amilopectina, sendo um produto rico em carboidratos (SILVA, 2016).

As aplicações do polvilho doce na panificação sem glúten tem suma importância, sendo um grande fornecedor de açúcares para as enzimas amilases, além de ser flexível durante a gelificação, ajudando assim a expandir o volume das massas durante o processo de assamento (ESCOUTO, 2004).

3.6 Aditivos

As gomas e os hidrocolóides são aditivos essenciais na elaboração de pães ausentes de glúten. Pois, possuem capacidade de melhorar a textura e aparência do produto final, devido as suas estruturas de propriedades de formação, a sua adição assegura maior consistência da massa, melhora a capacidade de retenção de gás e proporciona ao produto uma vida de prateleira mais longa. Dentre os aditivos mais eficazes estão presentes o hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) e a goma xantana (CAPRILES; ARÊAS, 2012).

3.6.1 Ação do hidrocoloide hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)

O HPMC é um hidrocolóide de éter de celulose, solúvel em água, que possui em sua estrutura química grupos alquil, os quais, se ligam parcialmente à estrutura, substituindo os hidrogênios e grupos hidroxilas e modificando as características originais da celulose. Esse tipo de modificação confere capacidade elevada de hidratação em solução, relacionando essa ação com as mudanças de temperatura (SDEPANIAN; BATISTA; FAGUNDES-NETO, 2001).

A utilização dos hidrocolóides, como o HPMC, na fabricação de pães isentos de glúten confere ao produto aumento no volume, pois sua estrutura possibilita alta capacidade de retenção de gás. Além de melhorar as características do miolo provocando o retardamento da retrogradação da amilopectina, conferem aspectos positivos na parte sensorial (BÁRCENAS; ROSELL, 2005; GUJRAL; ROSELL, 2004).

Além dos hidrocolóides, as gomas (guar, xantana) e os emulsificantes (gliceril monoestearato–GMS, polioxietilenoestearato–POES, mono e diglicerídeos estearoil-lactatos) também são usados para a fabricação de alimentos isentos de glúten (FIGUEIRA *et al.*, 2011). De modo geral, esses aditivos substituem a função do glúten, promovendo uma rede proteica que tem o propósito de gerar volume, viscosidade e estrutura à massa, além de atuar na estabilidade da emulsão, evitando que o pão fique quebradiço (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2004).

3.6.2 Ação da goma xantana

O polímero goma xantana está sendo amplamente utilizado na elaboração de alimentos, tanto no Brasil, como no mundo. Esse polissacarídeo de grande importância industrial é sintetizado por uma bactéria fitopatogênica do gênero *Xanthomonas*. No ano de 1969 sua utilização foi aprovada pela *Food and Drug Administration* (FDA), desde então é aplicada em diversos ramos da indústria com a finalidade de formação de soluções viscosas a baixas concentrações e estabilidade em extremas faixas de temperatura e pH (KAROLINE *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2016).

Por possuir propriedades, como espessante de solução aquosa, agente dispersante, estabilizadora de emulsões e suspensões, estabilizadora de temperatura do meio, propriedades reológicas e pseudoplásticas e compatibilidade com ingredientes alimentícios, sua utilização é vasta na produção de alimentos. A característica de ser um estabilizante é a mais visada na indústria de alimentos, sendo empregada em cremes, sucos artificiais, molhos em geral, carnes, xaropes, coberturas para sorvetes e sobremesas (CHAVAN; BAIG, 2016).

A goma xantana apresenta compatibilidade com a maioria dos colóides utilizados nos alimentos, incluindo o amido, sendo assim é ideal para a elaboração de pães e produtos de panificação. Confere aos produtos aumento da vida de prateleira, diminuindo a taxa de desidratação ou retendo a umidade, melhora da textura e nas características sensoriais do alimento (APLEVICZ; MOREIRA, 2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar as análises tecnológicas, foi necessária a utilização do laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira. Os ingredientes como farinha de arroz, polvilho doce, fermento biológico, açúcar, sal, ovos, azeite de oliva, e goma xantana foram obtidos no comércio local da cidade de Medianeira, enquanto, o HPMC foi doado pela empresa Germinal Aditivos para Alimentos-SP.

4.1 Formulações dos pães sem gluten

Para a elaboração dos pães sem glúten foram desenvolvidas cinco formulações. Uma formulação padrão (sem uso de aditivos), apresentada na Tabela 1, duas formulações com adição de goma xantana (2 g e 5g) e duas formulações com adição de HPMC (2g e 5g). As concentrações dos aditivos nas formulações estão mostradas na Tabela 2. Todas as formulações foram elaboradas em triplicata.

A Tabela 1 mostra a formulação controle utilizada para produção dos pães.

Tabela 1 - Formulação controle que será utilizada para o desenvolvimento dos pães.

Ingredientes	Quantidade (g)
Farinha de arroz	150 g
Polvilho doce	150 g
Açúcar	30 g
Sal	15 g
Azeite de oliva	30 g
Fermento biológico	10 g
Água	200 g

Fonte: Autoria própria (2022).

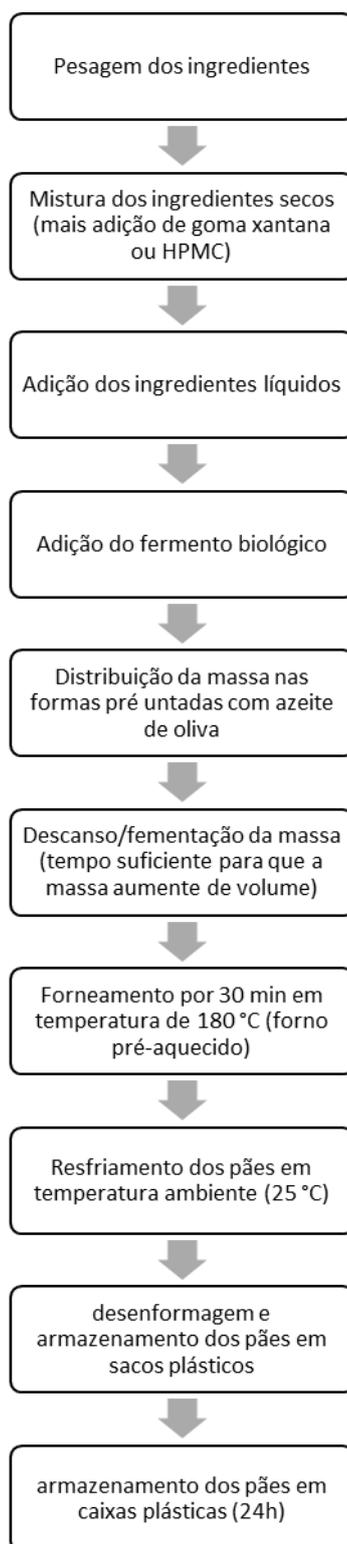
A Tabela 2 mostra as concentrações de aditivos que foram utilizadas para as formulações dos pães goma xantana e HPMC.

Tabela 2 - Concentrações dos aditivos utilizadas nas formulações.

Formulação	Concentração(g)
Goma Xantana	2
Goma Xantana	5
HPMC	2
HPMC	5

Fonte: Autoria própria (2022).

As etapas do processo de produção dos pães estão representadas no fluxograma da Figura 3.

Figura 3 - Figura 3 Etapas do processo de produção dos pães

Fonte: Autoria própria (2022).

Após o término do processo de fabricação dos pães, foram armazenados em sacos plásticos e previamente armazenadas em caixas plásticas de armazenamento. As análises tecnológicas foram determinadas no dia seguinte.

4.2 Determinação das propriedades tecnológicas dos pães

Para determinar as propriedades tecnológicas foram realizadas as análises de firmeza, cor, volume específico e atividade de água. Todas as análises foram realizadas em triplicata, exceto a atividade de água. Após a determinação dos resultados, passaram pelo teste de variância (ANOVA) a nível de 5% de probabilidade e teste de Tukey, realizadas em triplicata, com exceção da atividade de água.

4.2.1 Firmeza

Para analisar a firmeza dos pães utilizou-se texturômetro TA-XT2i (Stable Micro System, Inglaterra) com método modificado da AACC 74-09 para avaliação da firmeza. Após o resfriamento, os pães fatiados a uma espessura de 25 mm, sendo descartado as laterais externas. Comprimiu-se as amostras por duas vezes até 40% da altura com um *probe* cilíndrico com diâmetro de 36 mm, com velocidade de pré-teste (1,0 mm/s); teste (1,7 mm/s) e pós-teste (1,0 mm/s). Sendo considerado os parâmetros de firmeza.

4.2.2 Volume específico (VE)

Após 24 horas, calculou-se o volume específico a partir do método de deslocamento de sementes de painço (MARTINBIANCO, 2011).

Sendo determinado o volume específico pela razão entre o volume (ml) e sua massa (g).

$$VE = \frac{V}{m}$$

Sendo:

VE = volume específico (ml.g^{-1})

V = volume de painço deslocado (ml)

m = massa do pão (g)

4.2.3 Cor

Para obter a cor dos miolos utilizou-se o calorímetro Minolta (Konica Minolta Sensing, INC, Chroma Meter CR-400, Japan) utilizando os parâmetros instrumentais de cor de acordo com o sistema CIE Lab L^* , a^* e b^* , definido pela CIE- Comissão Interna de Iluminação.

Os resultados foram expressos em valores de luminosidade ou brilho (L^*), com variação de preto (0) a branco (100) e a^* do verde ao vermelho (-60 a +60) e b^* do azul ao amarelo (-60 a +60).

4.2.4 Atividade de água (aW)

Utilizou-se o equipamento medidor de atividade de água AquaLab- 4TE, Munique, Alemanha.

5.3 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas em triplicata, onde os resultados obtidos foram avaliados pelo teste de variância (Anova) a 5% de probabilidade e pelo teste de Tukey, utilizando o programa Statistica 7.0 (Statsoft, 2004).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Firmeza

A força que é precisa para deformar um produto depois da primeira compressão se denomina firmeza (CARR *et al.*, 2006) e é considerada uma das principais características para um pão de qualidade. A Tabela 3 apresenta os resultados da firmeza obtida para as formulações de pães.

Tabela 3 - Resultado obtido para firmeza dos pães

Formulação	Firmeza (N)
Controle	3310,31 ^a ± 371,19
HPMC_2g	3329,55 ^a ± 325,86
HPMC_5g	1643,94 ^b ± 196,14
Goma Xantana_2g	834,83 ^c ± 41,52
Goma Xantana_5g	143,75 ^d ± 8,68

*Médias na mesma coluna acompanhadas de letras diferentes, diferem a $p < 0,05$ pelo teste de Tukey

Fonte: **Autoria própria (2023).**

O teste indica que as formulações controle e a formulação HPMC_2g apresentaram maiores coeficientes em relação ao parâmetro firmeza, enquanto a formulação goma xantana_5g foi a que apresentou melhor resultado em relação a firmeza do pão.

A adição de espessantes como goma xantana e HPMC em massas sem glúten tem a função de substituir sua função de promover elasticidade, maciez e volume a massa.

Estudos realizados por Hager & Arendt (2013), com a aplicação da goma xantana e do HPMC em diferentes tipos de farinhas concluíram que a melhoria da formulação depende do tipo de farinha, devido às reações químicas envolvidas entre as gomas e as farinhas utilizadas, e por isso podem de acordo com a formulação atuar de formas diferentes. De acordo com esses autores, a comparação dos resultados obtidos em estudos que utilizam diferentes misturas de farinhas e amidos deveriam ser comparados de forma relativa e não absoluta, levando-se em

consideração a possibilidade de diferente comportamento entre as gomas e as diferentes matérias-primas.

5.2 Volume específico

Fatores como as características e composição da massa e o modo de processamento são responsáveis por afetar o volume específico, pois eles interferem na retenção de gás na massa. Os pães com ausência de glúten apresentam dificuldade de expansão da massa resultante da dificuldade de crescimento (GALLAGHER; GORMLEY; ARENDT, 2004).

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para o volume específico das formulações.

Tabela 4 - Resultados obtidos para volume específico.

Formulação	Volume Específico (mlg ⁻¹)
Controle	0,68 ^b ± 0,04
HPMC_2g	0,65 ^b ± 0,02
HPMC_5g	0,66 ^b ± 0,03
Goma Xantana_2g	1,06 ^a ± 0,07
Goma Xantana_5g	1,16 ^a ± 0,18

*Médias na mesma coluna acompanhadas de letras diferentes, diferem a $p < 0,05$ pelo teste de Tukey

Fonte: Aatoria própria (2023).

Quanto ao volume específico dos pães apresentados na Tabela 4, observou-se que houve diferença significativa entre as formulações ($p < 0,05$). Significa que adição de aditivos na massa interfere no resultado do volume específico dos pães. As formulações goma xantana_2g e goma xantana_5g apresentaram maior volume específico. A formulação controle e as amostras com HPMC_2g e HPMC_5g apresentaram semelhanças em relação ao volume específico.

Resultados diferentes encontrados por SCHOBBER *et al.*, (2009), que em seu estudo obteve respostas positivas para o efeito de HPMC sobre o volume específico. Em relação aos efeitos da goma xantana sobre o volume específico, Van Vliet *et al.*, (1992), encontrou resultados diferente apresentado neste trabalho, obtendo redução de volume específico.

5.3 Atividade de água (aw)

Estudos apontam que a adição de aditivos em pães sem glúten aumenta a atividade de água, pois a interação dos mesmos com o amido presente na massa forma uma rede que retém as moléculas de água durante o processamento (MARIOTTI *et al.*, 2009). A atividade de água dos pães está representada na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 - Resultados obtidos para Atividade de água das formulações.

Formulação	Atividade de Água (Aw)
Controle	0,9984 a 23,85 °C
HPMC_2g	0,9921 a 23,62 °C
HPMC_5g	0,9925 a 23,50 °C
Goma Xantana_2g	0,9924 a 23,73 °C
Goma Xantana_5g	0,9922 a 23,62 °C

Fonte: Autoria própria (2023).

Todas as formulações apresentaram valores acima de 0,9 para atividade de água (Aw), resultado esperado para pães sem glúten devido a retenção de água durante o processamento.

Em seu estudo, Botelho (2012) observou resultados próximos aos apresentados no presente trabalho, com um valor máximo de 0,989 em formulação com adição de goma xantana utilizando farinha de trigo.

Os estudos apresentados por Mesquita (2012) afirmam que o tempo de fabricação do pão até a realização da análise, interfere significativamente nos resultados de atividade de água, assim como a utilização de ingredientes na formulação de pão desenvolvida.

5.4 Cor

Os resultados obtidos para a análise de cor realizada para os pães estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados obtidos para cor das formulações.

Formulações	L	a	b
Controle	68,91 ^c ± 0,62	-8,37 ^b ± 0,09	22,05 ^{ab} ± 0,59
HPMC_2g	69,36 ^{bc} ± 1,21	-8,44 ^b ± 0,08	23,40 ^a ± 0,41
HPMC_5g	69,40 ^{bc} ± 0,50	-7,44 ^a ± 0,24	22,49 ^{ab} ± 0,15
Goma Xantana_2g	72,41 ^a ± 1,35	-7,67 ^a ± 0,16	21,83 ^b ± 0,77
Goma Xantana_5g	71,76 ^{ab} ± 0,86	-7,39 ^a ± 0,11	22,63 ^{ab} ± 0,56

*Médias na mesma coluna acompanhadas de letras diferentes, diferem a $p < 0,05$ pelo teste de Tukey

Fonte: Aatoria própria (2023).

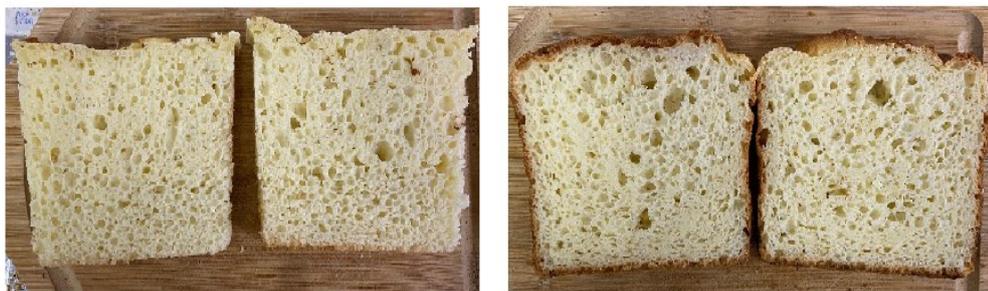
Em relação ao parâmetro de luminosidade é observado que as amostras tendenciaram para o branco, as formulações controle e HPMC diferenciaram-se da formulação com adição de goma xantana, mas apresentaram semelhança entre si.

Quando analisado o parâmetro a* observou-se que todas as amostras apresentaram valores negativos, ou seja, próximos a cor verde. Já para o parâmetro b* as amostras apresentaram cores próximas ao amarelo visto que, todas apresentaram valores positivos.

No estudo apresentado por Mesquita (2012), o parâmetros a* apresentaram valores positivos tendenciando para o vermelho, o parâmetro b* apresentou valores negativos coordenando para o amarelo, e L apresentou valores mais próximo do branco, resultado oposto ao apresentado neste trabalho em relação ao parâmetro a* que apresentou valores negativos tendenciando para o verde.

Em seu estudo Santos (2017) apresenta valores para L próximos do branco, os valores atribuídos para os parâmetros a* e b* tendenciaram para o verde e amarelo respectivamente. Resultados semelhantes aos apresentados neste trabalho.

Figura 4 Amostras com Goma Xantana.



Goma xantana 2 g

Goma xantana 5g

Fonte: Autoria própria (2023).

A Figura 5 mostra as amostras com HPMC e a amostra padrão.

Figura 5 Pães adicionados de HPMC 2g e 5 g e amostra padrão.



HPMC 2 g

HPMC 5 g



Padrão

Fonte: Autoria própria (2023).

6 CONCLUSÃO

Ao produzir pães sem glúten com a adição de aditivos como a goma xantana e HPMC, concluiu-se que eles apresentaram resultados esperados para pães isentos de glúten.

Analisando os critérios avaliados neste estudo como firmeza, volume específico, cor e atividade de água as formulações com a adição do aditivo goma xantana foram os que apresentaram as características adequadas para produtos panificados, sendo este um produto mais macio e volumoso.

Embora, neste estudo a formulação com a adição de HPMC_5g tenha apresentados resultados ótimos, deve-se testar outras concentrações desse aditivo afim de obter resultados com mais qualidade para um produto de panificação.

Por tanto, é de grande valia o uso de aditivos como goma xantana para produção de pães e outras massas isentas de glúten, tornando esses produtos com mais volume, e maciez, sendo funcional para a alimentação de pessoas celíacas e adeptas ao consumo de alimentos saudáveis.

REFERÊNCIAS

- ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da diretoria colegiada- **RDC nº 90, de Outubro de 2000**. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2000/rdc0090_18_10_2000.html. Acesso em: 15 abr. 2022.
- APLEVICZ, K. S.; MOREIRA, J. P. Avaliação de goma xantana e carboximetilcelulose em pães para celíacos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 13, p. 608–615, 2015.
- ARAÚJO, H. M. C. *et al.* Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 3, p. 467–474, maio 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rn/a/CWKQ7fDBKfF7g88gRvy4jMG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 8 abr. 2022.
- BÁRCENAS, M. E.; ROSELL, C. M. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. **Food Hydrocolloids**, v. 19, n. 6, p. 1037–1043, 2005.
- BASSINELLO, P. Z.; FERREIRA, C. M.; LUZ, T. C. de L. A. **Farinha de Arroz: Alternativa Alimentar e Econômica**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2017.
- BATISTA, T. M. de; FILHO, R. B. **Efeito do Cozimento e Mercaptoetanol nas Proteínas do Glúten de Trigo**. [s.l.: s.n.]
- BE YOUR FUTURE. 7 alergias causadas pelas doenças do glúten. 2020. Disponível em: <https://beyourfuture.com.br/gluten/>. Acesso em: 12 abr.2022.
- BIESIEKIERSKI, J. R. **What is gluten?** In: Journal of Gastroenterology and Hepatology. [s.l.] John Wiley & Sons, Ltd, 2017. 32p. 78–81.
- BOTELHO, Fabiana de Souza. **Efeito das gomas xantana e/ou guar na textura de pães isentos de glúten elaborados com farinhas de arroz e de milho**. Orientador: Doutora Maria Paulina Estorninho Neves da Mata. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Gastronômicas) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.
- CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. **Avaliação da qualidade tecnológica de snacks obtidos por extrusão de grão integral de amaranto ou de farinha de amaranto desengordurada e suas misturas com fubá de milho**. Brazilian Journal of Food Technology, v. 15, n. 1, p. 21–29, 2012.
- 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, 2006.
- CHAVAN, S.; BAIG, M. **Relationship of Biomass and Xanthan Gum Production by Xanthomonas campestris: Optimization of Parameters**. British Biotechnology Journal, v. 11, n. 1, p. 1–8, 2016.

CRUCINSKY *et al.* **Fragilidade no cuidado em saúde às pessoas com desordens relacionadas ao glúten.** *Cadernos de Saude Publica*, v. 37, n. 2, mar. 2021.

ELLI, L. *et al.* **Diagnosis of gluten related disorders: Celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity.** *World Journal of Gastroenterology*, v. 21, n. 23, p. 7110–7119, 2015.

Processamento artesanal da mandioca. Fabricação de polvilho. **EMATER-MG**, p. 1–6, 2000.

ESCOUTO, L. F. S. **Elaboração e avaliação sensorial de pré-mistura de massa para pão sem glúten a partir de derivados energéticos de mandioca.** 2004. Universidade estadual paulista julio de mesquita filho, 2004.

FERREIRA, S. M. R. *et al.* Utilization of sorghum, rice, corn flours with potato starch for the preparation of gluten-free pasta. **Food Chemistry**, v. 191, p. 147–151, 2016.

FIGUEIRA, F. da S. *et al.* Pão sem glúten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 04, p. 308–316, 2011.

FREIRE, F. C. O. A deterioração fúngica de produtos de panificação no Brasil. **Comunicado Técnico – EMBRAPA**, p. 1679–6535, 2011.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends in Food Science and Technology**, Cork, v. 15, n. 3-4, p. 143–152, set. 2004.

GRAÇA, C. da S. *et al.* Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz Addition of collagen to gluten-free bread made from rice flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016105, 2017.

GUJRAL, H. S.; ROSELL, C. M. Functionally of rice flour modified with a microbial transglutaminase. **Journal of Cereal Science**. v. 39, p. 225-230, 2004.

HAGER, Anna-Sophie; ARENDT, E. K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. **Food Hydrocolloids**, v.32, n. 1, p.195-203, 2013.

HELOIZA, M. *et al.* **Pão sem glúten adicionado de farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*): avaliação física , química e sensorial 1.** v. 4, p. 297–304, 2016.

JACINTO, G. *et al.* Effect of potato peel , pumpkin seed , and quinoa flours on sensory and chemical characteristics of gluten-free breads. . **Brazilian Journal of Food Technology**, 23, e2019169. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.16919>. Acesso em: 8 abr. 2022.

KAROLINE, A. *et al.* Efeito da substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio em pão francês Effect of the substitution of sodium chloride by potassium chloride in French rolls. *Campinas*, v. 16, n.1, p. 1–11, 2013.

LUCIANE, A.; SAUERESSIG, C.; ESCOBAR, T. D. Inclusion of dietary fiber in gluten-free breads. *Braz. J. Food Technol.*, v. 19, e2014045, 2016.

MARIOTTI, Manuela., LUCISANO, Mara., PAGANI, M. A.; NG, Perry. K. W. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. **Food Research International**, 42, 963–975, apr. 2009.

MARTINBIANCO, F. **Desenvolvimento da Tecnologia para a Produção de Pão Sourdough**: Aspectos da Produção de Inócua e Qualidade Sensorial de Pães. 2011. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/77659/000896223.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 abr. 2022.

MESQUITA, B. P. **Desenvolvimento de pão de forma livre de glúten**. 2012. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, Mauá, 2012. Disponível em: <https://conic-semesp.org.br/anais/files/2015/trabalho-1000019936.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2022.

ORTIZ, C.; VALENZUELA, R.; LUCERO ALVAREZ, Y. Celiac disease, non celiac gluten sensitivity and wheat allergy: comparison of 3 different diseases triggered by the same food. **Revista chilena de pediatria**, v. 88, n. 3, p. 417–423, maio 2017.

RIBEIRO, P. V. de M. *et al.* Nutritional status variation and intestinal and extra intestinal symptomatology in patients with celiac disease and non-celiac gluten sensitivity given specialized dietary advice. **Revista de Nutrição**, v. 30, n. 1, p. 57–67, 2017.

RIBEIRO. **Modelo para as proteínas gliadina, glutenina e para a emoção delas**. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Modelo-para-as-proteinas-gliadina-glutenina-e-para-a-juncao-delas-Fonte_fig1_354242748. Acesso em: 8 abr.2022.

SANTOS, M. R. DOS. **Seguido de enriquecimento com polpa de abacate (Persea americana Mill)**. 2017. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13247/1/adicaohidrocoloidespaessemgluten.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2022.

SELMO, M. S. **Efeito da adição de metilcelulose, transglutaminase e Spirulina nas características tecnológicas e nutricionais de pães de farinha de arroz**. 2014. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/6088>. Acesso em: 14 abr. 2022.

SCHOBBER, T.J.; BEAN, S.R., Gluten-free baking: what is happening inside the bread? CSA Library Series. Volume XXIX No. II, 2009.

SDEPANIAN; BATISTA; FAGUNDES-NETO. Doença celíaca avaliação da obediência à dieta isenta de glúten e do conhecimento da doença pelos pacientes cadastrados na Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA). v. 38, n. 4 - out./dez. 2001.

SILVA, L. P. A. G. **Desenvolvimento de pão de forma sem glúten com farinhas mistas: efeito de hidrocolóides em atributos sensoriais**. 2016. Universidade Federal do Maranhão, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/1312>. Acesso em: 14 abr. 2022.

TORNISSELO, A. L. Farinha de arroz como alternativa tecnológica para o desenvolvimento de biscoitos sem glúten e veganos. **Carbohydrate Polymers**, v. 6, n. 1, p. 5–10, 2019. Disponível em: [http://waset.org/publications/14223/soil-resistivity-data-computations-single-and-two-layer-soil-resistivity-structure-and-its-implication-on-earthing-design%0Ahttp://www.jo-mo.com/fadoohelp/data/DotNet/Ethical securty.pdf%0Ahttp://link.springer.com/10.10](http://waset.org/publications/14223/soil-resistivity-data-computations-single-and-two-layer-soil-resistivity-structure-and-its-implication-on-earthing-design%0Ahttp://www.jo-mo.com/fadoohelp/data/DotNet/Ethical%20securty.pdf%0Ahttp://link.springer.com/10.10). Acesso em: 14 abr. 2022.

VAN VLIET, T., JANSSEN, A. M., BLOKSMA, A. H.; WALSTRA, P. Strain hardening of dough as a requirement for gas retention. **Journal of Texture Studies**, 23, 439–460, 1992.