

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Carolina Veiga Bueno

**Suco de uva e farinha de sorgo na elaboração de fermento natural para uso em
pão sem glúten: avaliação da aplicação e do possível incremento da capacidade
antioxidante**

Porto Alegre - RS

Setembro de 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Carolina Veiga Bueno

Suco de uva na elaboração de fermento natural para uso em pão sem glúten: avaliação da aplicação e do possível incremento da capacidade antioxidante

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como um dos requisitos para obtenção do grau em Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

1ª Orientador^a: Prof^a. Dr^a. Roberta Cruz Silveira Thys

2ª Orientador^a: Prof^a. Bruna Tischer

Porto Alegre – RS

Setembro de 2022.

CIP - Catalogação na Publicação

Veiga Bueno, Carolina

Suco de uva e farinha de sorgo na elaboração de fermento natural para uso em pão sem glúten: avaliação da aplicação e do possível incremento da capacidade antioxidante / Carolina Veiga Bueno. -- 2023.

68 f.

Orientadora: Roberta da Cruz Silveira Thys.

Coorientadora: Bruna Tischer.

Trabalho de conclusão de curso (Especialização) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. zero glúten. 2. fermentação natural. 3. sorgo. 4. suco de uva integral. 5. antioxidantes. I. da Cruz Silveira Thys, Roberta, orient. II. Tischer, Bruna, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Carolina Veiga Bueno

Tecnóloga de Alimentos

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos para obtenção do grau de
MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, RS, Brasil

Aprovada em: 14 de setembro de 2022

Homologada em: 16 de agosto de 2023

Por:

Pela Banca Examinadora:

Roberta Cruz Silveira Thys

1ª Orientadora – PPGCTA/UFRGS

Bruna Tischer

2ª Orientadora – PPGCTA/UFRGS

Prof. Dr. Juliano De Dea Lindner (UFSC)

Rodrigues (UFSM)

Profa. Dra. Daniele Bobrowski

Prof. Dr. Eliseu Rodrigues (UFRGS)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a minha família. Todas as oportunidades que tive na vida foi por esforço e dedicação de todos eles, em especial minha mãe e meu pai, e se hoje concluo esse trabalho é graças a eles. Dentro da família ainda preciso agradecer ao meu marido Matheus. Como eu sabia e te disse no nosso casamento há seis anos, tu segues sempre me apoiando, estando do meu lado em qualquer momento de dificuldade. Nossas conversas em momentos de crise foram essenciais pra que eu pudesse me sentir melhor, mais calma e mais segura e lidar com esses momentos, e tudo fica sempre mais leve e fácil contigo, obrigada por tudo.

Às minhas orientadoras Roberta e Bruna, que além de todo o conhecimento que me passaram, toda a disponibilidade durante o mestrado, são duas mulheres incríveis que eu tive o privilégio de conviver. Agradeço imensamente a tudo que aprendi com vocês profissional e pessoalmente.

Ao corpo técnico do ICTA, os meninos do 213, Rodrigo e Tiago, muito obrigada pela companhia e auxílio durante as análises de composição centesimal e fibras, vocês são maravilhosos. Às gurias do LAPFA, Ana e Michele, além de toda ajuda com o trabalho de vocês, vocês foram muito além, viraram nossas parceiras de trabalho, de papos e de cafés com docinhos. Vocês foram grandes presentes do mestrado que com certeza levarei pra vida.

Assim como minhas colegas de laboratório, que se tornaram amigonas! Raquel, Letícia e Duda, dividi com vocês as angústias de uma vida acadêmica durante a pandemia, mas nos divertimos muito mesmo que ainda virtualmente, que sorte a minha ter encontrado vocês. Assim como a sorte de ter reencontrado a Justine nessa nossa caminhada fora da química. Tu chegaste junto com a volta do presencial, e pudemos dividir o dia a dia do lab, as idas ao RU e a famigerada análise de fibras que durou CINCO SEMANAS pra ser concluída. Ela só foi concluída porque tu tava lá comigo na parceria, e assim seguimos até agora e seguiremos até onde for. Amo vocês lindas, obrigada por estarem comigo durante o mestrado.

“Mas o motivo pelo qual desejo ser chamado pelo meu apelido de infância é exatamente esse: me lembrar de que um cientista deve, acima de tudo, ser como uma criança. Se ele vê algo, deve dizer que vê esse algo, independentemente de aquilo ser o que ele imaginava ver ou não. Ver primeiro, testar depois. Mas sempre ver primeiro. Se não, você só vai ver o que você espera ver.” – Douglas Adams

RESUMO

Com o crescimento do diagnóstico de consumidores com distúrbios associados ao glúten, aliado ao crescente interesse da população em geral à dieta sem glúten, cresce a demanda por produtos que se adequem a uma dieta livre dessa proteína. Os produtos de panificação sem glúten, em especial, são um desafio para a indústria, já que em geral apresentam deficiência nas suas propriedades tecnológicas- funcionais, nutricionais e sensoriais. A fermentação natural é uma possível alternativa para a melhoria de tais características, assim com a adição de ingredientes que apresentem propriedades funcionais. Dessa forma, o presente estudo se propôs a desenvolver pão sem glúten com a utilização de um fermento natural a base de sorgo e suco de uva integral, objetivando incrementar seu perfil tecnológico-funcional, nutricional e funcional. Os pães produzidos apresentaram aceitação global acima de 70% e notas acima de 6 em todas as características avaliadas na análise sensorial. Através das análises de compostos fenólicos totais observou-se um aumento de até 54% do teor de compostos fenólicos com o uso de suco de uva tinta no fermento natural, no entanto, esse aumento não se manteve após o processamento dos pães. Os pães elaborados com fermento natural à base de sucos de uva tinta e branca não apresentaram diferença significativa entre si, assim como em comparação com o pão elaborado com água, nos teores de compostos fenólicos totais e na capacidade antioxidante medida via ORAC. Esse fato indica que a estratégia de utilização de suco de uva para o incremento da capacidade antioxidante de pães sem glúten não se mostrou efetiva. No entanto, comparativamente a outros trabalhos reportados pela literatura, os pães desenvolvidos com sorgo e fermentação natural apresentaram valores de capacidade antioxidante superiores à pães sem glúten elaborados com farinha de arroz, assim como, à pães elaborados com farinha de trigo, e também pães elaborados com adição de farinha de sorgo, todos sem uso de fermentação natural.

Palavras-chave: zero glúten, fermentação natural, sorgo, suco de uva integral, antioxidantes.

ABSTRACT

With the growing amount of diagnosis of gluten associated disorders combined with the increasing interest of the population to the gluten-free diet, the demand for products that don't present this protein is growing. Baking products are a challenge for this industry, since the ingredients used in these preparations present technological, nutritional, and sensory deficiencies. Sourdough fermentation is an alternative to enhance these characteristics, as well as the addition of ingredients that present functional properties. Therefore, this study aims to develop a gluten-free bread using sorghum and grape juice-based sourdough, with the goal of improving its techno-functional, nutritional, and functional characteristics. Breads made had global acceptance over 70% e rated over 6 in all characteristics evaluated in the sensory analysis. Breads produced with grape juice-based sourdoughs did not present significant differences, as well as in comparison with the water-based sourdough bread, in the total phenolic content and antioxidant capacity measured by ORAC. This indicates that the strategy of using grape juice to increase the antioxidant capacity of gluten-free breads was not effective. However, comparing with other studies found in literature, breads made with sorghum and sourdough presented higher antioxidant capacity values than breads made with rice flour, as well as breads made with wheat flour, and breads made with addition of sorghum flour, all without using sourdough.

Keywords: gluten-free, sourdough, sorghum, whole grape juice, antioxidants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama dos experimentos e análises realizadas.	27
Figura 2: Fluxograma de obtenção do fermento natural e imagem dos fermentos prontos.	28
Figura 3: Fotos dos pães elaborados com os diferentes tipos de fermento.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formulação dos pães de fermentação natural.	29
Tabela 2: Volume específico, perda de peso e parâmetros da estrutura do miolo dos pães de fermentação natural elaborados com fermento contendo água, suco de uva tinta e suco de uva branca.....	35
Tabela 3: Resultados para a análise de cor da casca e do miolo dos pães elaborados com diferentes tipos de fermento natural.....	37
Tabela 4: Resultados dos parâmetros obtidos através da análise de textura das amostras de pães elaborados com diferentes tipos de fermento natural.	39
Tabela 5: composição centesimal dos pães.....	39
Tabela 6: Dados observados a partir da análise sensorial.	40
Tabela 7: Teores de compostos fenólicos totais e da capacidade antioxidante medida por ORAC das amostras.....	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Cálculo da perda de massa (%).....	30
Equação 2: Cálculo do volume específico.....	30
Equação 3: Cálculo do teor de umidade (%)	31
Equação 4: Cálculo do teor de proteínas (%).....	31
Equação 5: Cálculo do teor de lipídios (%)	31
Equação 6: Cálculo do teor de fibra alimentar total (%).....	31

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	OBJETIVOS	11
	2.1 Objetivo geral	11
	2.2 Objetivos específicos	11
3	JUSTIFICATIVA.....	12
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
	4.1 Doenças relacionadas ao consumo do glúten	13
	4.2 O papel do glúten na panificação e os desafios na sua substituição.....	13
	4.3 Mercado da panificação sem glúten	15
	4.4 Fermentação natural na panificação	16
	4.4.1 Histórico, definição e caracterização.....	Erro! Indicador não definido.
	4.4.2 Mercado de produtos à base de fermento natural	17
	4.4.3 Características de pães de fermentação natural	18
	4.4.4 Panificação sem glúten com uso de fermentação natural	20
	4.5 Alimentos Funcionais: definição e mercado	22
	4.6 Compostos Bioativos.....	23
	4.6.1 Definição e características	23
	4.6.2 Compostos bioativos em suco de uva	24
5	MATERIAIS E MÉTODOS	27
	5.1 Elaboração do Fermento Natural	27
	5.2 Preparo dos pães.....	28
	5.3 Análises de caracterização dos pães	30
	5.4 Análises de capacidade antioxidante	32
	5.5 Análise Sensorial	33
	5.6 Análise Estatística	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
	6.1 Caracterização dos pães.....	35
	6.2 Análise Sensorial	40
	6.3 Análises de capacidade antioxidante	41
7	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	46
8	REFERÊNCIAS	47
	ANEXO I - FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL.....	60
	ANEXO II – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	61

1 INTRODUÇÃO

A doença celíaca, a alergia e a sensibilidade ao glúten são problemas de saúde que atingem cerca de 5% da população global, sendo a dieta com exclusão do glúten, a única forma de tratamento possível (HILL *et al.*, 2016). Aliado a este fato, o crescente interesse da população em geral pela dieta sem glúten tem contribuído para o aumento da demanda por produtos que não apresentem essa proteína (ARAB JOURNAL OF GASTROENTEROLOGY, 2020).

O pão é um dos produtos mais afetados com a exclusão do glúten, já que essa rede proteica possui propriedades tecnológicas importantes que garantem a retenção de ar da massa (MORRISSEY; MOORE, 2008) e, assim, uma qualidade final desejável. Visto este fato, a panificação sem glúten torna-se um grande desafio para a indústria de panificação (CALLE; BENAVENT-GIL; ROSELL, 2020), que além da questão estrutural, é necessário considerar as características nutricionais e sensoriais, já que os produtos de panificação sem glúten, em geral, utilizam farinhas com baixo teor proteico e alto teor de carboidratos (MANDALA; KAPSOKEFALOU, 2011; PICO; BERNAL; GÓMEZ, 2017). Apresentam também deficiências em micronutrientes e fibras, assim como em compostos bioativos, compostos que se encontram em pequenas quantidades em certos alimentos como frutas e vegetais, e que quando consumidos desempenham ações benéficas a saúde (GUAADAQUI *et al.*, 2014; TORRES *et al.*, 2017).

A fermentação natural já vem sendo utilizada na panificação sem glúten com resultados positivos, sendo uma alternativa para a melhora na qualidade sensorial desse tipo de produto (GALLE *et al.*, 2012; WANG, Yaqin *et al.*, 2020). Adicionalmente, diversos estudos fazem uso de ingredientes com propriedades funcionais, como a farinha de sorgo e a farinha de chia, por exemplo, na produção de fermentos naturais, com intuito de melhorar características nutricionais. Paralelamente, por também possuir tais propriedades, o suco de uva, produto de produção expressiva no Rio Grande do Sul, pode ser uma alternativa interessante para o incremento das propriedades antioxidantes dos pães sem glúten (DENTICE MAIDANA *et al.*, 2020; IBRAVIN; SEBRAE, 2018; OLOJEDE; SANNI; BANWO, 2020b).

O uso da fermentação natural tem se mostrado uma alternativa promissora para encarar esses desafios. Melhorias na textura, maciez, elasticidade, maleabilidade,

umidade, coesão, volume específico e aparência já foram reportados. A utilização dessa tecnologia também resultou na melhora das propriedades tecnológicas funcionais dos pães, que apresentaram maior força da massa e, conseqüentemente, maior retenção de gás e maior volume final do pão. Além disso, o aumento da qualidade nutricional dos pães foi também observado por alguns autores, que relataram melhora nas propriedades funcionais e, também, na diminuição do índice glicêmico de acordo com a matéria prima utilizada na produção do fermento natural (DENTICE MAIDANA *et al.*, 2020; EDEMA; NAUSHAD EMMAMBUX; TAYLOR, 2013; GALLE *et al.*, 2012; RINALDI *et al.*, 2017; WANG, Yaqin *et al.*, 2020).

Na panificação de fermentação natural sem glúten, a seleção de micro-organismos específicos e o uso de ingredientes funcionais também são relatadas como alternativas para melhora nutricional. Bactérias lácticas específicas já foram utilizadas na produção de fermentos naturais para pão e geraram melhora na capacidade antioxidante e anti-inflamatória (GALLI *et al.*, 2018; LUTI *et al.*, 2020; OLOJEDE *et al.*, 2020). Além disso, a adição de ingredientes como sorgo e farinha de castanha também foram alternativas para obtenção de pães com maior capacidade antioxidante (PACIULLI *et al.*, 2016; WU *et al.*, 2018; YOUSIF; NHEPERA; JOHNSON, 2012).

Considerando a importância da dieta sem glúten para o crescente número de consumidores com distúrbios associados ao glúten e a necessidade da melhoria na qualidade em geral de produtos que atendam a esse público, este trabalho buscou desenvolver pães sem glúten com boas características sensoriais, tecnológicas funcionais e nutricionais. Para se conseguir esse resultado será utilizada a fermentação natural, na qual o fermento será produzido com a utilização da farinha de sorgo e suco de uva integral em substituição à água, com o intuito do incremento da capacidade antioxidante dos pães produzidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho foi produzir pães a base de farinha de sorgo e verificar a capacidade antioxidante de pão sem glúten através do uso de fermentação natural e da adição de farinha de sorgo e suco de uva como ingredientes do fermento natural.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse trabalho foram:

- Elaborar um fermento natural do Tipo I, sem glúten e com uso de farinha de sorgo e suco de uva como ingredientes;
- Comparar o uso do suco das uvas tinta e branca em relação à água, no que concerne o incremento da capacidade antioxidante do pão;
- Analisar a textura dos pães com uso de texturômetro;
- Analisar a capacidade antioxidante dos pães através do ensaio ORAC e quantificar os compostos fenólicos totais através do método colorimétrico;
- Analisar as características sensoriais dos pães.
- Analisar os resultados obtidos estatisticamente.

3 JUSTIFICATIVA

O crescente número de diagnósticos de celíacos ou consumidores com sensibilidade ao glúten, aliado à adesão dos consumidores ao consumo de produtos sem glúten em função da sua percepção de saudabilidade, vem gerando um aumento da demanda por esses produtos. Esse panorama evidencia a necessidade de desenvolver produtos que se adequem a esta dieta, e que apresentem qualidades tecnológicas funcionais, nutricionais e sensoriais adequadas.

A fim de atender essa demanda e produzir um alimento com características sensoriais superiores aos produtos já disponíveis no mercado, esse trabalho visa aplicar a fermentação natural na produção de pães sem glúten. Além disso, esse projeto também busca prover uma melhora nutricional nesses produtos, por meio da utilização de suco de uva integral na elaboração do fermento natural, com o intuito de prover maior capacidade antioxidante a esse alimento.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo serão apresentados os itens mais importantes relacionados ao assunto, como a importância do glúten na panificação, a panificação sem glúten e seus desafios, a fermentação natural, assim como os aspectos relacionados à elaboração de alimentos com características funcionais.

4.1 Doenças relacionadas ao consumo do glúten

Recentemente, o consumo de glúten tem sido associado a diferentes problemas de saúde, atingindo uma estimativa de 5% de prevalência global (ARAB JOURNAL OF GASTROENTEROLOGY, 2020). Segundo Elli e colaboradores, três principais distúrbios estão associados ao consumo de glúten, sendo eles a doença celíaca, a alergia ao glúten e a sensibilidade ao glúten não celíaca (ELLI *et al.*, 2017).

A doença celíaca é uma doença imunomediada, caracterizada por diversos sintomas gastrointestinais e pela presença de anticorpos específicos. A alergia ao trigo, por sua vez, é uma reação de hipersensibilidade ao glúten, que na maioria das vezes ocorre via consumo de alimentos com essa substância, mas também pode ser causada por exposição à pele ou vias aéreas, como na “asma do padeiro”.

A sensibilidade não celíaca é ainda um distúrbio menos explorado, caracterizado por sintomas intestinais e extra intestinais que ocorrem logo após o consumo de alimento com glúten e que desaparecem rapidamente após a retirada do glúten da dieta, ocorrendo em indivíduos que tiveram diagnósticos de doença celíaca e alergia ao trigo refutados. Assim sendo, para todos os distúrbios citados, a exclusão de alimentos com presença dessa proteína da dieta é necessária (HILL *et al.*, 2016).

4.2 O papel do glúten na panificação e os desafios na sua substituição

O glúten é uma rede de proteínas presente em cereais, como o trigo, o centeio e a cevada. Essa rede é formada pela união, via pontes dissulfeto, de dois tipos de proteínas, as gliadinas, que são solúveis em álcool, e as gluteninas, que são insolúveis; e, quando juntas, são insolúveis em água. As ligações dissulfeto se formam quando dois resíduos Cys de proteínas são colocados próximos, com orientação adequada, gerando a oxidação de grupos sulfidril pelo oxigênio molecular resulta. Uma vez formadas, elas ajudam a estabilizar a estrutura tridimensional das proteínas, gerando assim, propriedades viscoelásticas únicas (FENNEMA;

DAMODARAN; PARKIN, 2008). No pão, a rede tridimensional formada é responsável pela retenção de água e gás durante o processo de fermentação, sendo assim crucial para a estrutura da massa, o que torna sua substituição um grande desafio tecnológico na indústria de panificação. (CAPRILES; ARÊAS, 2014; MORONI; DAL BELLO; ARENDT, 2009; PHONGTHAI *et al.*, 2020).

Além da questão tecnológica, a questão nutricional também é um fator a ser considerado na substituição do glúten. Grande parte das farinhas sem glúten contém majoritariamente amido, sendo os teores proteicos inferiores aos presentes na farinha de trigo (8-15%). A ausência das proteínas do trigo afeta a digestibilidade do amido, já que o amido sozinho é mais rapidamente metabolizado, aumentando o risco de desenvolvimento de doenças crônicas como diabetes do tipo 2 por pessoas que consomem apenas produtos com essa característica (GUGLIELMETTI *et al.*, 2019; PHONGTHAI *et al.*, 2020).

A falta de proteína em pães sem glúten gera também um problema sensorial, gerando produtos com menos sabor, aroma e aparência menos atrativa. Isso ocorre, pois, a principal reação por gerar o sabor, o aroma e a coloração desejados pelo consumidor, é a reação de Maillard, que ocorre apenas na presença de proteínas e açúcares redutores (CAPRILES; ARÊAS, 2014; PHONGTHAI *et al.*, 2020; PUERTA *et al.*, 2020).

Como alternativa ao glúten na panificação, o uso de farinhas proteicas, aliada à agentes estruturantes têm sido estudados. Nozawa e colaboradores obtiveram um aumento de volume da massa e uma melhor retenção de gás com a utilização de albumina. Cappa e colaboradores utilizaram a fibra *psyllium* em suas amostras que apresentaram maior maleabilidade da massa, maior retenção de água e um processo de retrogradação amido retardado. O uso de hidrocoloides também é uma alternativa com bons resultados, como evidenciado por Mohammadi e colaboradores que utilizaram goma xantana e carboximetilcelulose e obtiveram uma melhora na liga da massa e células de gás maiores, o que confere uma porosidade maior do miolo do pão (CAPPA; LUCISANO; MARIOTTI, 2013; MOHAMMADI *et al.*, 2014; NOZAWA; ITO; ARAI, 2016).

4.3 Mercado da panificação sem glúten

Segundo relatório que avalia as tendências dos consumidores elaborado pela Euromonitor International em 2018, as vendas de produtos com a característica “*FreeFrom*”, ou seja, livres de alguma substância, cresceram em mais de dez bilhões de dólares entre os anos de 2012 e 2017, e essa característica foi identificada como uma tendência que permaneceria em alta nos anos subsequentes (EUROMONITOR, 2018). Nessa classificação se encontram os produtos sem glúten, do inglês “*Gluten-Free*”.

É importante ressaltar que o mercado de produtos sem glúten não abrange apenas os indivíduos que sofrem com a doença celíaca. Este mercado pode abranger pessoas próximas também, os quais podem adquirir os hábitos alimentares dessa dieta para garantir que o celíaco possa se alimentar com segurança. Para que essa adesão ocorra, é importante que o produto sem glúten tenha qualidade similar aos produtos com glúten e propriedades sensoriais bem aceitas, portanto é interessante que as empresas tenham esse objetivo no desenvolvimento de produtos sem glúten, a fim de garantir que esse público não celíaco também se torne um público-alvo. Além disso, existem também os consumidores que não possuem nenhum problema de saúde associado ao consumo de glúten, porém tem a percepção de que essa proteína não é saudável para o organismo, e por isso optam por não consumi-la. Esse é considerado o segmento mais imprevisível do mercado de produtos sem glúten, principalmente por serem influenciados pela informação que é passada nas mídias (CASPER; ATWEL, 2014).

Em estudo publicado em 2018 foi mostrado que produtos sem glúten podem apresentar valores médios de venda duas vezes superiores aos produtos tradicionais, gerando um grande impacto econômico na vida de celíacos ou indivíduos que sofrem com algum tipo de sensibilidade ao glúten (CAPACCI; LEUCCI; MAZZOCCHI, 2018). Esses valores elevados são resultantes da estratégia de precificação que é associada a longa lista de ingredientes e a tecnologia utilizada na produção desses pães, tendendo a se enquadrar em produtos de custo elevado (ARENDDT; DAL BELLO, 2008). Segundo relatório elaborado pela Euromonitor, sobre escolhas estratégicas para o mercado de produtos sem glúten, a tendência é que os custos desses produtos diminuam, entretanto, muitos países ainda apresentam pouca oferta, enquanto o número de diagnósticos de doença celíaca vem crescendo (INGEMAR HEDIN, 2016).

4.4 Fermentação natural na panificação

Pães levedados existem desde a época do Egito antigo, e é provável que o fermento natural tenha sido utilizado, principalmente até o século 19, quando a levedura *Saccharomyces cerevisiae* tomou o lugar do fermento natural na produção de pães, devido ao seu uso reduzir significativamente o tempo de fermentação e facilitar a mecanização do processo (CATZEDDU, 2019). No entanto, a partir de 2011, um retorno do fermento natural na panificação vem sendo observado, com maior popularidade no mercado internacional (CATZEDDU, 2011). No mercado brasileiro, esta tendência também foi identificada em relatório de tendências elaborado pela Associação Brasileira das Indústrias de Panificação (ABIP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA, 2018).

Entre os principais tipos de fermento natural, podem-se destacar três, de acordo com a tecnologia utilizada na sua produção (CHAVAN; CHAVAN, 2011). O tipo I é o fermento produzido tradicionalmente, a partir da mistura de água e farinha, alimentado frequentemente, com o intuito de manter ativos os microrganismos presentes no meio (CORSETTI; SETTANNI, 2007). O fermento natural do tipo II é feito de maneira similar ao tipo I, no entanto é fermentado por períodos mais longos e não é alimentado novamente, sendo utilizado após o período citado, com o intuito de acidificar e prover sabor a massa (HAMMES; GÄNZLE, 1998). Este tipo possui textura semifluida, o que facilita sua aplicação na indústria, e recebe a adição da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Já o fermento do tipo III, diferentemente dos outros dois tipos, é um fermento seco, também adicionado de *Saccharomyces cerevisiae*, produzido a partir de bactérias ácido-láticas resistentes ao processo de secagem, e é o tipo mais conveniente para a introdução na indústria por garantir a qualidade constante do produto (CHAVAN; CHAVAN, 2011). Um quarto tipo de fermento natural foi proposto por Catzeddu (2019) consistindo em uma mistura dos fermentos dos tipos I e III, no qual é realizada a inoculação de um starter microbiano que é posteriormente propagado por “*backslopping*”, alternativa que tem sido bastante utilizada em padarias artesanais.

O fermento natural é composto por um grupo de diferentes microrganismos, sendo predominantes as bactérias ácido-láticas e as leveduras. A maioria das bactérias identificadas são do gênero *Lactobacillus*, porém bactérias dos gêneros *Pediococcus*, *Leuconostoce* *Weissella* também são encontradas frequentemente.

Essas bactérias encontradas no fermento natural são tanto homofermentativas, ou seja, produzem majoritariamente ácido lático através da glicólise, quanto heterofermentativas, que produzem além de ácido lático, ácido acético, etanol e CO₂ (CHAVAN; CHAVAN, 2011).

Em relação às leveduras presentes nessa microbiota, muitas pertencem ao filo *Ascomycetes*, sendo apenas seis (pertencentes aos gêneros *Saccharomyces* e *Candida*) encontradas com frequência e consideradas essenciais para o processo fermentativo. A alta taxa de detecção de *Saccharomyces cerevisiae* em fermentos naturais, por sua vez, se dá em função da contaminação do fermento biológico comercial utilizado nos locais de produção, já que essa levedura não é comumente encontrada em fermentos espontâneos. É importante ressaltar que diferentes fatores endógenos e exógenos (farinha utilizada, temperatura de fermentação e armazenamento, número de alimentações, hidratação do fermento) podem afetar a composição de microrganismos presentes no fermento natural, alterando por consequência as características do produto produzido com ele (CATZEDDU, 2019; GOBBETTI *et al.*, 2014).

4.4.1 Mercado de produtos à base de fermento natural

Em 2018, o mercado de produtos à base de fermento natural foi estimado em 2,4 bilhões de dólares (GRAND VIEW RESEARCH, 2020), e a expectativa é que atinja a marca de 4,3 bilhões de dólares até 2024 (MARKET RESEARCH FUTURE, 2020), já que a demanda por estes produtos é cada vez maior. A utilização do fermento natural em pães continua tendo a maior parcela do mercado, sendo de 61%, seguido de seu uso em pizzas, bolos, biscoitos, waffles e produtos variados (GRAND VIEW RESEARCH, 2020).

A Europa, seguida da América do Norte, contribuem para a maior parcela do mercado de fermento natural, sendo a Ásia, a região que terá o maior crescimento desse mercado nos próximos anos, devido ao aumento de demanda por diferentes produtos de panificação e a disponibilidade de matéria prima em abundância. As maiores empresas globais atuando nesse segmento são Ernst Böcker GmbH & CoKG, IREKS GmbH, Good Mills Group GmbH, Puratos NVSA e Lesaffre (MORDOR INTELLIGENCE, 2020).

Um destaque especial é dado ao uso desta tecnologia em pães sem glúten em função da alta porcentagem de indivíduos com intolerância ao glúten e a consequente necessidade de produtos desse tipo com maior qualidade (GRAND VIEW RESEARCH, 2020). Além disso uma grande porcentagem da população está inclinada a aderir a uma dieta sem glúten mesmo sem apresentar qualquer sensibilidade a esta proteína, tornando essa tendência ainda mais significativa para o mercado (MORDOR INTELLIGENCE, 2020).

No Brasil, a fermentação natural tem sido identificada como tendência para o setor de panificação desde 2017 quando foi citada em um estudo de mercado realizado pelo SEBRAE e, posteriormente, em relatório de tendências para a indústria da panificação em 2019, pela Associação Brasileira de Indústrias da Panificação e pela Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI, 2020; ABIP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA, 2018; SEBRAE, 2017).

4.4.2 Características de pães de fermentação natural

A utilização de fermento natural em pães é associada a diversas características presentes no produto final, sendo elas sensoriais, tecnológicas funcionais, e nutricionais, descritas a seguir (CATZEDDU, 2019).

Microbiologicamente, os pães de fermentação natural são mais estáveis, quando comparados aos pães obtidos através da fermentação tradicional. Os diferentes tipos de bactérias ácido lácticas presentes no fermento natural são capazes de produzir diferentes metabólitos que inibem o desenvolvimento de fungos e bactérias deteriorantes. Exemplos disso são os ácidos orgânicos, etanol, diacetil, ácidos graxos hidroxilados, bacteriocinas e até mesmo antibióticos como a reuterina (DE VUYST; VAN KERREBROECK; LEROY, 2017).

A textura do pão, aspecto relacionado mais especificamente à maciez/dureza também é afetada pela fermentação natural. A produção de ácidos orgânicos causa uma diminuição do pH da massa, promovendo o aumento da atividade de amilases e proteases e reduzindo a retrogradação do amido. Esse fato pode acarretar na eliminação da necessidade do uso de hidrocolóides, normalmente adicionados com a finalidade de reduzir a dureza (AXEL; ZANNINI; ARENDT, 2017).

Os compostos que mais afetam o aroma e o sabor dos pães são os ácidos orgânicos, ésteres, álcoois e carbonilas, sendo necessárias entre 12 e 24h para que sejam formados. Por este motivo, o fermento natural contribui para o incremento do *flavor* do pão, já que a fermentação com fermento biológico ocorre em poucas horas, gerando pouquíssima formação desses compostos. Além da presença dos compostos anteriormente mencionados, a presença de aminoácidos é considerada também muito importante na produção do sabor dos pães, outro ponto facilitado pela fermentação natural, já que há maior ação proteolítica, devido ao baixo pH, e a consequente maior liberação de aminoácidos (CORSETTI; SETTANNI, 2007).

A diminuição do pH também apresenta papel importante para qualidade nutricional dos pães de fermentação natural. Valores menores de pH favorecem a ação de enzimas como amilases e proteases, conforme já mencionado. A enzima fitase, responsável por degradar fitatos, compostos antinutricionais naturalmente presentes em cereais, também possui sua atividade favorecida nesse tipo de fermentação, já que seu pH ideal é entre 5 e 5,5, e a massa passa de um pH próximo a 7, antes da fermentação, para um pH próximo de 4, após a fermentação (REALE *et al.*, 2007).

Os ácidos orgânicos presentes nos pães de fermentação natural não influenciam apenas o sabor, mas também as características nutricionais. A presença de ácido acético nos pães está associada com o retardamento do esvaziamento gástrico, enquanto a presença do ácido lático induz reações entre o amido e o glúten, reduzindo a disponibilidade desse amido. Como consequência dessas características, os pães de fermentação natural geralmente apresentam menor índice glicêmico quando comparados aos pães de fermentação convencional (BJÖRCK; ELMSTÅHL, 2003). Sabe-se que o uso de bactérias lácticas heterofermentativas como inóculos para o fermento geram maior quantidade de ácidos orgânicos durante o processo fermentativo (ANTONIA MARTINEZ ANAYA, 2003).

A capacidade dos microrganismos presentes no fermento natural em hidrolisar a proteína do glúten também tem sido estudada, o que torna esse produto seguro para o público com enfermidades relacionadas ao consumo de glúten. Em estudo realizado por Greco e colaboradores, produtos de panificação a base de farinha de trigo hidrolisada com lactobacilos e proteases não apresentaram efeitos tóxicos a indivíduos celíacos (GRECO *et al.*, 2011). Similarmente, os sintomas da síndrome do

intestino irritável também são reduzidos após consumo de pães de fermentação natural (COSTABILE *et al.*, 2014), doença que também apresenta como gatilho dos sintomas a ingestão de glúten (SOARES, 2018).

A capacidade antioxidante de pães com fermentação natural também tem sido investigada, como por exemplo a produção de peptídeos bioativos durante o processo fermentativo, assim como a retenção desses peptídeos no pão mesmo após o forneamento (GOBBETTI *et al.*, 2019; LUTI *et al.*, 2020). A maior liberação de compostos fenólicos já presentes nas farinhas também foi comprovada em pães de fermentação natural, melhorando a bioacessibilidade desses compostos no produto produzido (LAURENT-BABOT; GUYOT, 2017).

4.4.4 Panificação sem glúten com uso de fermentação natural

O pão sem glúten apresenta diversos desafios relacionados as suas propriedades tecnológicas e nutritivas, assim como suas características sensoriais, já descritos anteriormente. Uma alternativa para melhorar esses problemas é a utilização de fermento natural sem glúten. Moore e colaboradores observaram que os ácidos produzidos durante o processo de fermentação foram capazes de aumentar a absorção de água de polissacarídeos e com isso melhorar a estrutura das massas, além de retardar a retrogradação do amido pães produzidos (MORRISSEY; MOORE, 2008).

O uso de microrganismos para desenvolvimento do fermento natural também se mostrou uma estratégia para melhora de pães sem glúten. Belz e colaboradores utilizaram *Lactobacillus amylovorous* DSM19280 na produção de fermento natural e aplicaram em pães a base de quinoa, e obtiveram uma vida de prateleira aumentada para 4 dias enquanto o controle tinha de apenas dois (BELZ *et al.*, 2019). Além disso, os microrganismos podem ter produtos do seu metabolismo natural com propriedades funcionais, como demonstrado por Coda e colaboradores, que utilizaram *Lactobacillus plantarum* C48 e *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* PU1 para obter um pão enriquecido com ácido γ -aminobutírico (GABA), composto com ação anti-hipertensiva, diurética e tranquilizadora (CODA; RIZZELLO; GOBBETTI, 2010).

Diversos cereais estão sendo investigados em estudos de pão sem glúten com fermentação natural, como o sorgo, quinoa, teff, trigo sarraceno, painço e fonio

(ADEPEHIN, 2020; EDEMA; NAUSHAD EMMAMBUX; TAYLOR, 2013; OLOJEDE; SANNI; BANWO, 2020b; WOLTER *et al.*, 2014).

Em pães sem glúten de fermento natural feitos com sorgo, os exopolissacarídeos produzidos pelos microrganismos presentes foram capazes de deixar o miolo mais macio, tanto em pães analisados após forneamento, quanto em pães armazenados por 5 dias (GALLE *et al.*, 2012). Um estudo similar verificou os efeitos da produção do exopolissacarídeo dextran (produzido pelos microrganismos presentes no fermento natural) no sabor e textura de pães sem glúten com farinha de sorgo. Os pães sem glúten com fermento natural apresentaram diferenças significativas como maior elasticidade, maleabilidade, umidade, coesão, maciez e flexibilidade em relação ao controle (100% farinha de trigo sem uso de fermento natural), que não possuía o substrato necessário para o desenvolvimento do dextran (WANG, Yaqin *et al.*, 2020). O sorgo também foi utilizado em formulações de pães em estudo que utilizou farinhas de chia e linhaça na produção de fermento natural. Nesse caso, os pães com utilização de 30% e 40% de fermento natural apresentaram melhor volume específico e aparência visual que os pães elaborados sem a presença desse fermento, sendo o de 40% mais aceito na análise sensorial (DENTICE MAIDANA *et al.*, 2020).

O Fonio, um tipo de painço nativo da África ocidental também foi utilizado para elaboração de fermento natural em pães sem glúten. A utilização desse fermento, em quantidade de 66%, melhorou significativamente a consistência dos pães, tornando-os mais similares aos pães à base de trigo. A fermentação natural causou mudanças nos grânulos de amido da farinha utilizada, o que provavelmente ocasionou a maior absorção de água e, conseqüentemente, maior força da massa e maior retenção de gás (EDEMA; NAUSHAD EMMAMBUX; TAYLOR, 2013).

A farinha de castanha portuguesa também foi estudada em pães de fermentação natural sem glúten. Nesse estudo, a utilização do fermento natural aumentou a umidade do miolo dos pães sem glúten, que não variou durante sua vida útil. A redução da retrogradação do amido foi observada no quinto dia de armazenamento, e, uma possível redução do índice glicêmico, já que em uma digestão *in vitro* foi observada uma diminuição do amido hidrolisado presente (RINALDI *et al.*, 2017).

Diante das diferentes propriedades tecnológicas e funcionais apresentadas pela adição de fermento natural em pães sem glúten, fica evidente que a fermentação natural é uma estratégia de processamento promissora para resolução de problemas associados com a utilização de ingredientes sem glúten na produção de produtos de panificação.

4.5 Alimentos Funcionais: definição e mercado

Segundo a Functional Food Science in Europe (FUFOSE), alimento funcional é aquele que “demonstra satisfatoriamente afetar benéficamente uma ou mais funções alvo no organismo, além dos efeitos nutricionais já esperados, de maneira que melhore a saúde e bem-estar e/ou reduza o risco de doenças” (FUNCTIONAL FOOD SCIENCE IN EUROPE, 1999). Esses benefícios são atribuídos à presença de compostos bioativos presentes nesses alimentos, como fitoquímicos, vitaminas e peptídeos (TADESSE; EMIRE, 2020).

Em 2017, o mercado global de ingredientes alimentícios funcionais foi avaliado em 2,54 bilhões de dólares e a estimativa é que atingirá o valor de 3,18 bilhões de dólares até 2023. O alto índice de incidência de doenças crônicas, assim como, o melhor entendimento das propriedades de melhora da imunidade através da dieta e hábitos alimentares, contribuem para esses números. Dentre os principais obstáculos para o crescimento desse segmento do mercado, se encontram a legislação rígida por parte dos governos, o alto custo dos produtos e o desconhecimento dos consumidores sobre como adicionar esses produtos aos seus hábitos alimentares diários. A maior parcela desse mercado pertence a América do Norte, seguida pela Europa, região Ásia-Pacífico, América do Sul e África (MORDOR INTELLIGENCE, 2019).

Em relatório elaborado pela empresa de pesquisa de marketing Grand View Research, o Brasil aparece como um dos países que contribuirá para o crescimento global do mercado de alimentos funcionais. Também é citada a categorização do mercado dos ingredientes alimentícios funcionais, que se divide em carotenoides, fibras dietéticas, ácidos graxos, minerais, prebióticos e probióticos, vitaminas e outros, sendo, o segmento de vitaminas, o líder em 2018, seguido das fibras dietéticas e minerais. Esse setor ainda apresenta a vantagem de servir diversos segmentos de aplicação, como nutrição esportiva, manutenção de peso, imunidade, saúde intestinal, nutrição clínica, saúde cardiovascular, entre outros. Atualmente, o apelo a saúde

cardiovascular é o segmento dominante deste mercado, porém, é esperado um grande crescimento para o segmento de saúde digestiva nos próximos anos.

Em relação aos tipos de produtos funcionais mais desenvolvidos, os laticínios são os predominantes, seguidos dos produtos de panificação e a base de cereais, cujo crescimento esperado para os próximos anos é alto, em virtude dos desenvolvimentos nessa área e da demanda por lanches funcionais (GRAND VIEW RESEARCH, 2020).

4.6 Compostos Bioativos

4.6.1 Definição e características

Compostos bioativos são fitoquímicos encontrados em alimentos que são capazes de modular processos metabólicos, promovendo benefícios à saúde. Dentre esses benefícios é possível citar a capacidade antioxidante, inibição ou indução de enzimas, inibição da atividade de receptores e inibição e indução de expressão gênica, que levam a redução do risco de doenças coronárias e cardiovasculares, diabetes, obesidade e câncer (GALANAKIS, 2017). Os principais compostos bioativos encontrados em alimentos são polifenóis, terpenóides, glucosinolatos e compostos sulfurados (SHAHIDI *et al.*, 2019).

Os compostos antioxidantes apresentam a capacidade de retardar o processo de oxidação, interrompendo reações em cadeia ou inibindo a formação de radicais livres. Isso ocorre de duas maneiras principais. A primeira, através da captura de espécies que iniciam o processo de peroxidação, quelando íons metálicos e impedindo que gerem espécies reativas e, a segunda, decompondo peróxidos lipídicos, extinguindo $\cdot O_2^-$ e prevenindo a formação de peróxidos, com a consequente quebra da reação em cadeia autoxidativa, o que reduz as concentrações localizadas de O_2 (ASIMI; SAHU; PAL, 2013).

A ação dos compostos antioxidantes é muito importante, já que o excesso de radicais livres no organismo está associado a diversas doenças, como câncer, doenças cardíacas, Parkinson e Alzheimer entre outras (KIM *et al.*, 2015; KRIS-ETHERTON *et al.*, 2002). O combate ao estresse oxidativo é uma efetiva medida preventiva e por esse motivo, a busca por agentes naturais que apresentem atividades farmacológicas é de grande importância (MAQSOOD *et al.*, 2020).

As principais classes de compostos que apresentam capacidade antioxidante são as vitaminas (C e E), os carotenóides (carotenos e xantofilas) e os polifenóis (flavonoides, ácidos fenólicos, lignanas e estilbenos). São comumente encontrados em frutas, vegetais e grãos integrais, pertencendo a diversas classes de compostos: compostos fenólicos, carotenoides, tocoferóis, fitosteróis e compostos organossulfurados. Diversos fatores interferem na sua biodisponibilidade, já que em geral se encontram em interações químicas com outras biomoléculas presentes no alimento (GALANAKIS, 2017). Recentemente, diversos métodos têm sido desenvolvidos para análise de antioxidantes, que envolvem a análise da capacidade antioxidante total e a identificação e quantificação individual das substâncias antioxidantes. Antes dessa etapa é necessário que a substância analisada seja extraída do alimento, isolada, purificada, recuperada e fracionada, sendo esses processos realizados de acordo com a natureza do alimento utilizado no estudo (OROIAN; ESCRICHE, 2015).

Os produtos enriquecidos com compostos antioxidantes naturais, são considerados alimentos funcionais, e a busca por esses produtos vem crescendo em função das mudanças de hábitos alimentares dos consumidores e desejo de obter um estilo de vida mais saudável (SEGURA CAMPOS, 2018). Com o intuito de gerar um incremento de tais compostos na dieta, diversos estudos buscam maneiras de incorporá-los nos produtos, como microencapsulação, produção in situ, hidrólise enzimática, uso de tecnologias emergentes como micro-ondas e campo elétrico pulsado, incorporação em hidrocoloides (CHAMLAGAIN *et al.*, 2018; HOSSEINI; JAFARI, 2020; TADESSE; EMIRE, 2020). Este projeto foi desenvolvido pensando em uma nova maneira de incorporar compostos bioativos a produtos de panificação, de maneira simples e com custo baixo, seguindo essa tendência e possibilitando novas estratégias para o mercado de alimentos funcionais.

4.6.2 Compostos bioativos em suco de uva

A uva e seus derivados apresentam significativas quantidades de polifenóis, como catequinas, resveratrol e flavonoides, entre outros. Esses compostos, que são produzidos pela fruta com função de defesa à ataques fúngicos, dano mecânicos e raios ultravioleta, são bioativos, trazendo benefícios associados ao seu consumo, conforme já descrito (WOHLENBERG *et al.*, 2014). O composto fenólico mais significativo em derivados de uva é o resveratrol, substância que apresenta vasta

atividade biológica, e entre elas pode-se citar a atividade anticancerígena e cardioprotetora (TROIAN; VICENZI; ALVES, 2016), estando presente tanto na forma livre quanto no seu derivado, o piceídeo (WANG, Yan *et al.*, 2002).

O consumo de derivados de uva auxilia na prevenção das doenças citadas de diversas maneiras, sendo elas a redução da suscetibilidade do LDL de sofrer oxidação e até mesmo a inibição desse processo (DAY *et al.*, 1997; FRANKEL *et al.*, 1998); inibição da agregação plaquetária (OSMAN *et al.*, 1998); prevenção do dano oxidativo ao DNA e doenças coronárias e a arterosclerose (DANI *et al.*, 2007; DOS SANTOS COSTA *et al.*, 2020; SANTOS *et al.*, 2014); e também efeito neuroprotetor (SANTOS *et al.*, 2014).

4.6.3 Compostos bioativos em sorgo

O sorgo é o 5º cereal mais importante do mundo, e conta com uma produção anual de 5,3 MT (FAOSTAT, 2020) e que se desenvolve bem em áreas com déficit hídrico e altas temperaturas (EMBRAPA, [s. d.]). É a base da alimentação em alguns países asiáticos e africanos, sendo a principal fonte de nutrição em regiões semiáridas e subdesenvolvidas (XIONG *et al.*, 2019). Esse cereal possui diversos fitoquímicos que são metabólitos secundários da planta ou componentes celulares que possuem atividade bioativa no organismo (AWIKA; ROONEY, 2004).

Os ácidos fenólicos presentes no sorgo são os componentes bioativos mais abundantes nesse grão, que também possui flavonoides, 3-deoxiantocianinas, flavona, flavononas, flavan-3-óis e proantocianidinas. Esses compostos contribuem para prevenção do estresse oxidativo, que estimula processos inflamatórios, que desempenham papéis centrais em doenças crônicas. Sendo assim, o sorgo é um grão que apresenta capacidade antioxidante, anti-inflamatória, e de auxílio ao combate a obesidade (AWIKA, 2017; XIONG *et al.*, 2019).

4.7 Métodos de análise de capacidade antioxidante

Entre os métodos de avaliação da capacidade antioxidante pode-se citar os métodos *in vitro* e os métodos *in vivo*.

Os métodos *in vitro* de determinação de capacidade antioxidante podem ser classificados em dois grupos de acordo com a reação química que ocorre entre o composto antioxidante e o radical livre, os métodos baseados em reações de transferência de átomos de hidrogênio (TAH) e os baseados em reações de

transferência de elétrons (TE). O ensaio ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity), ABTS (radical scavenging method) e TRAP (Total radical-trapping antioxidant parameter) são alguns dos principais métodos do tipo TAH, que medem a habilidade de doar elétrons do composto antioxidante por meio de uma reação de transferência de elétrons acoplado ao próton, na qual é medida a capacidade de quebra de reação em cadeia do composto. Já os métodos DPPH, FRAP e TEAC são alguns dos principais métodos do tipo TE, que medem a capacidade redutora do composto antioxidante, baseados na reação redox, na qual o composto antioxidante reduz os radicais livres e faz com que eles fiquem na sua forma oxidada (DONTHA, 2016).

No presente trabalho, será utilizado o método de avaliação da capacidade antioxidante: capacidade de absorção do radical de oxigênio (ORAC) e também será realizada a quantificação de compostos fenólicos totais. Esses métodos envolvem a reação da espécie reativa do oxigênio com um reagente e o complexo formado é então detectado por espectrometria (OROIAN; ESCRICHE, 2015).

O método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) verifica a capacidade sequestradora de um antioxidante frente a um radical peroxila induzido pelo gerador de radical livre a 37 °C. Este ensaio cinético é baseado na medição da eliminação de radicais livres pela atividade do extrato antioxidante frente os radicais peroxila produzidos pela adição do indutor do gerador de radical (AAPH). Esse método classificado como um competitivo, ou seja, substrato e antioxidante competem entre si pelos radicais peroxil gerados na decomposição térmica, e há a presença de um composto gerador de substâncias fluorescentes, chamado também de sonda. Além disso, o método ORAC utiliza radicais livres que são biologicamente relevantes, possui uma padronização permitindo comparações acuradas com dados da literatura, e mede não só a intensidade da reação antioxidante, mas também o tempo de duração, e também é realizado em condições de pH e temperatura similares as fisiológicas (pH em torno de 7,0 e temperatura de 37°C), sendo um método bastante vantajoso e utilizado (ALAM; BRISTI; RAFIQUZZAMAN, 2013; ZULUETA; ESTEVE; FRÍGOLA, 2009).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos, com diagrama na Figura 1, foram realizados no Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) e no Instituto de Biociências da UFRGS. A elaboração do fermento natural, e o desenvolvimento dos pães sem glúten foram realizados na Planta de Panificação (Laboratório 120); as análises de textura e colorimetria foram realizadas no Laboratório de Análises das Propriedades Físicas dos Alimentos (LAPFA - 121); a análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial (ICTA – 012); a análise de composição centesimal foi realizada em dois laboratórios, a análise de determinação de fibras no Laboratório de Compostos Bioativos (ICTA – 211) e o restante das análises no Laboratório de Bromatologia (ICTA – 213). Por fim, as análises de compostos antioxidantes foram realizadas no Laboratório de Bioengenharia (ICTA – 117), com exceção da leitura das microplacas, que foi realizada no Laboratório de Reparo de DNA de Eucariotos (Departamento de Biofísica – sala 114).

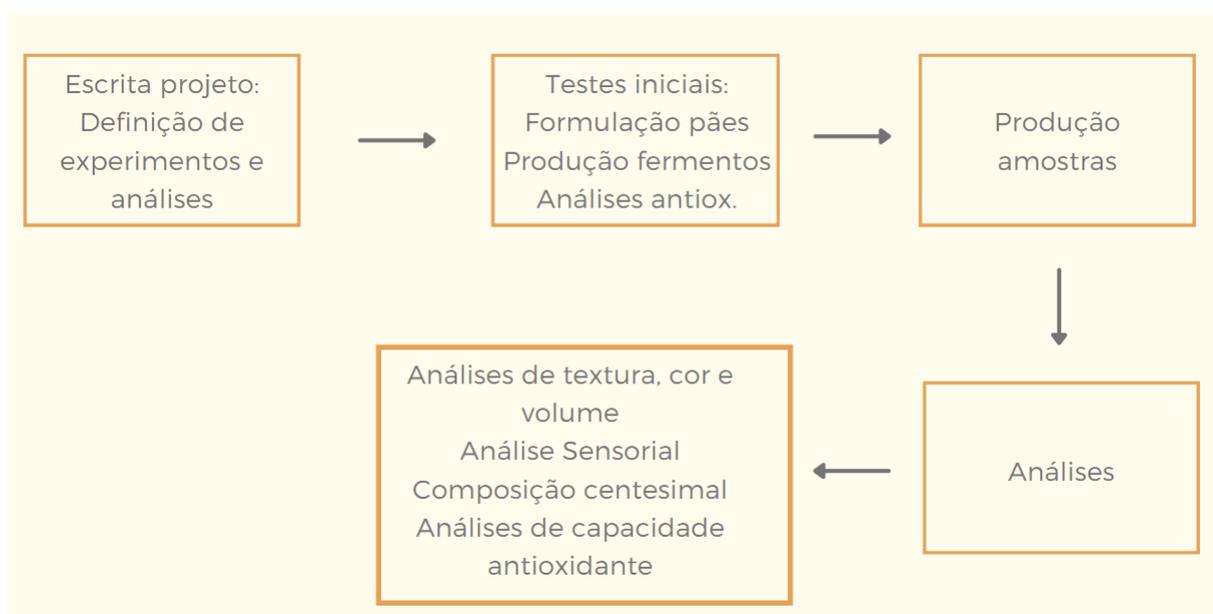


Figura 1: Diagrama dos experimentos e análises realizadas.

5.1 Elaboração do Fermento Natural

Para a elaboração do fermento natural foi realizada a moagem dos grãos de sorgo Marsala (Nutriworld, São Miguel Paulista, SP), em moinho de rosca (ARBEL, São José do Rio Preto, SP). Após a moagem, a farinha obtida foi peneirada em peneira com

mesh 20 em agitador eletromagnético (Bertel, Larajeiras, SP), na velocidade 5 por 15 minutos.

A farinha obtida foi misturada aos líquidos para a elaboração dos fermentos, sendo eles água de bebedouro do ICTA, suco de uva branca integral (Suvalan, Lote1459 11:16 JF) e suco de uva tinta integral (Suvalan, Lote 1458 19:02 LB).

Os materiais utilizados na produção dos fermentos foram autoclavados por 15 min a 1 atm em autoclave vertical (Phoenix, modelo AV 18). Os insumos foram pesados em balança eletrônica (Exacta, modelo BL-3200 AS-BI, Porto Alegre, RS) e a fermentação foi realizada em câmara de controle de fermentação (Venâncio, modelo Crescepão, Venâncio Aires, RS), à 25°C.

As proporções utilizadas de farinha e líquidos em cada alimentação do fermento e a frequência de alimentação estão descritas na Figura 2. A determinação do pH foi realizada com o uso de fitas de medição de pH.

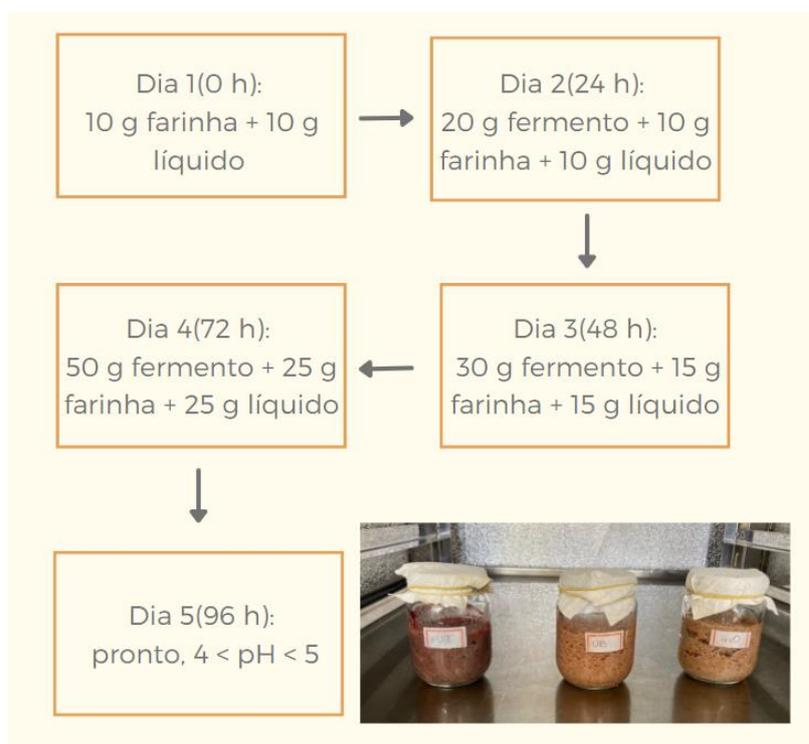


Figura 2: Fluxograma de obtenção do fermento natural e imagem dos fermentos prontos.

5.2 Preparo dos pães

A formulação dos pães, assim como as marcas e lotes dos insumos utilizados, estão descritos na Tabela 1. Com intuito de obtenção de um processo rápido de elaboração de pães de fermento natural em escala industrial, foi escolhida para este

trabalho a metodologia descrita por Olojede e colaboradores, que utiliza a levedura comercial conjuntamente ao fermento natural, para que o processo de fermentação ocorra em menos tempo (OLOJEDE; SANNI; BANWO, 2020b, 2020a).

Após a pesagem (balança Exacta, modelo BL-3200 AS-BI, Porto Alegre, RS) e mistura manual dos ingredientes, os pães foram divididos em partes de 180 g diretamente nas formas, que fermentaram a 30 °C, em câmara de controle de fermentação (Venâncio, modelo Crescepão, Venâncio Aires, RS), por 1 h. O forneamento foi feito em forno turbo elétrico (Tedesco, FTT 150E, Caxias, RS) a 180°C por 15 minutos. Após uma hora de resfriamento, em temperatura ambiente, foram realizadas as análises de caracterização dos pães.

Tabela 1: Formulação dos pães de fermentação natural.

Insumos	Marca / Lote	Quantidade (g)	Quantidade (% sobre farinha)
Farinha de Sorgo	Grãos Nutriworld	233	100
Amido de milho	Biomica / F1621	100	
Água Filtrada	Bebedouro ICTA	313,3	94
Fermento Natural (FNH ₂ O, FNUT e FNUV)	-	66,6	20
Açúcar Refinado	Alto Alegre / 240721	13,3	4
Sal	Diana / 25.05.03	6,6	2
Fermento biológico seco instantâneo	Fleischmann / 04 1 01 21	6,6	2
Óleo de Canola	Salada / 0718 10 27 GPR	3,3	1
Goma Xantana	MBN Produtos Químicos / sem lote	3,3	1
Emulsificante monodiglicerídios	Granotec MHS 90 M / 301 751 555 03001	3,3	1

*FNH₂O, Fermento natural elaborado com água, FNUT, fermento natural elaborado com suco de uva tinta e, FNUV, fermento natural elaborado com suco de uva branca.

5.3 Análises de caracterização dos pães

Para medição de perda de peso por cozimento foram pesadas as massas cruas e os pães assados, após uma hora de resfriamento, e essa característica foi determinada através da Equação 1 abaixo (DEMIRKESEN; SUMNU; SAHIN, 2011):

Equação 1: Cálculo da perda de massa (%)

$$\text{Perda de massa (\%)} = \left(\frac{\text{Peso massa crua} - \text{Peso massa assada}}{\text{Peso massa crua}} \right) \times 100$$

O volume específico foi realizado de acordo com método 10-05.01 da AACC (2000), utilizando o deslocamento de sementes de painço no qual uma forma de metal foi preenchida por sementes de painço e então seu volume foi medido com auxílio de uma proveta de 2 L. Cada amostra foi colocada na forma e coberta por sementes de painço, que foram novamente medidas em proveta. Após as medições, os cálculos foram realizados de acordo com a seguinte **Erro! Fonte de referência não encontrada.:**

Equação 2: Cálculo do volume específico

$$\text{Volume específico} = \frac{\text{Volume (cm}^3\text{)}}{\text{massa (g)}}$$

Para determinar a cor da crosta e do miolo dos pães foi utilizado foto colorímetro (Konica Minolta Sensing INC, modelo CR-400) e o resultado foi expresso nas três componentes L* (- para preto a + para branco), a* (- para verde a + para vermelho) e b* (- para azul a + para amarelo). As medidas foram realizadas em triplicata (SHEN; CHEN; LI, 2018).

O perfil de textura do miolo pães foi determinado através do auxílio de texturômetro TA-XT (Stable Microsystems, United Kingdom) com utilização do probe cilíndrico de 36 mm. Os seguintes parâmetros foram ajustados: velocidade pré-teste de 2 mm/s, velocidade de teste de 1,7 mm/s, velocidade de pós teste de 2,0 mm/s e compressão ajustada em 40%. Com os dados obtidos foi possível determinar a dureza, elasticidade, a coesão e a mastigabilidade dos pães.

A quantificação do número de alvéolos dos pães foi feita com o auxílio do software de processamento de imagens Image J v. 1.31 (disponível como programa open access no site <http://rsbweb.nih.gov/ij/>), de acordo com a metodologia descrita por Schneider et al. (2012).

As análises de composição centesimal dos pães foram realizadas de acordo com os métodos físico-químicos para análise de alimentos do instituto Adolfo Lutz. O teor total de umidade do produto foi determinado pelo método de secagem em estufa, a 105 °C, até peso constante (método 012/IV), sendo representado pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**:

Equação 3: Cálculo do teor de umidade (%)

$$Umidade (\%) = \frac{100 \times (massa \text{ de amostra inicial} - massa \text{ de produto seca}) (g)}{massa \text{ de amostra inicial} (g)}$$

O teor de cinzas foi determinado mediante incineração a 550 °C em mufla, durante 24 h (método 018/IV).

O teor de proteína foi determinado conforme o método de Kjeldahl clássico (método 036/IV), baseando-se na determinação de nitrogênio, com fator empírico de 6,25, e etapas de digestão, destilação e titulação, sendo o teor de proteína calculado através da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Equação 4: Cálculo do teor de proteínas (%)

$$Proteínas (\%) = \frac{100 \times V \times 0,14 \times 6,25}{massa \text{ da amostra} (g)}$$

Onde V = diferença entre o nº de mL de ácido sulfúrico 0,05 M e o nº de hidróxido de sódio 0,1 mL gastos na titulação;

O teor de lipídios totais foi determinado pelo método de extração direta em Soxhlet (método 032/IV), sendo o teor de lipídios calculado pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**:

Equação 5: Cálculo do teor de lipídios (%)

$$\text{Lipídios (\%)} = \frac{100 \times \text{massa de lipídios (g)}}{\text{massa da amostra (g)}}$$

O teor de fibra alimentar foi determinado pelo método enzimático-gravimétrico, conforme método 045/IV, conforme a Equação 6.

Equação 6: Cálculo do teor de fibra alimentar total (%)

$$\text{Fibra alimentar total (\%)} = \frac{RT - P - C - BT \times 100}{\text{massa da amostra (g)}}$$

Sendo: RT: resíduo total da amostra; BT: resíduo total do branco; C: cinzas da amostra e P: teor de proteínas.

Por fim, o teor de carboidratos foi calculado por diferença.

5.4 Análises de capacidade antioxidante e Quantificação de compostos fenólicos

As análises de capacidade antioxidante foram realizadas no fermento pronto para uso, na massa dos pães cruas e não fermentadas, na massa dos pães cruas e fermentadas, nos pães assados e nos insumos utilizados na produção do fermento (sucos de uva e farinha de sorgo).

A extração dos compostos bioativos foi realizada de acordo com o procedimento descrito por Lv et al. (2012), porém foi realizada a exaustiva das amostras. Para tanto, 0,1 g das amostras foram misturados com 1 mL mL de acetona 50% (v/v) e que foram agitados em vórtex por 3 min seguidos de centrifugação em mini spin por 5 minutos a 10000 rpm. Então, 100 µL do sobrenadante foi retirado, adicionado 1,8 mL de água e 100 µL de Folin-Ciocalteu. Esse processo se repetiu até que não houvesse mais coloração azul do sobrenadante. Se verificou então que as amostras necessitavam de 3 ciclos para extração completa.

Para quantificação dos compostos fenólicos foi usado o método Folin-Ciocalteu modificado (CHANDRA; DE MEJIA, 2004). O extrato das amostras foi diluído a uma concentração de 0,1 mg/mL e misturado com o reagente Folin-Ciocalteu. Após 5 min, foi feita a adição do carbonato de sódio e agitação da mistura, que ficou ao abrigo da luz por 2h. A absorbância foi medida no espectrofotômetro em 765 nm. Com os dados da absorbância foi plotado um gráfico de absorbância x concentração e, por regressão

linear, foi obtida a melhor reta para os pontos e a equação da reta. Interpolando os valores de absorvância foi obtido o valor de capacidade redutora.

Para determinação da capacidade de absorção do radical de oxigênio (ORAC), as amostras foram diluídas para concentração de 500 mg/L e foram pipetados 25 µL de amostra e pontos da curva do padrão Trolox (previamente diluídos em tampão fosfato pH 7,4) nos poços da microplaca de ELISA e 150 µL da solução de trabalho fluoresceína (81 nM). As amostras e o padrão foram incubados por 10 min, sendo, os últimos três, sob agitação constante, e, então, misturados com 25 µL de solução de gerador de radical livre (AAPH). No leitor de fluorescência, a placa foi agitada por 3 segundos (por ciclo) e a fluorescência monitorada a cada minuto, a 37°C por 90 min ou até atingir menos de 0,5 % do valor inicial (OU; HAMPSCH-WOODILL; PRIOR, 2001). A curva analítica de Trolox (0-96 µM) foi construída e foram calculadas a fluorescência relativa do branco e a área sob a curva. Por último, foi elaborado o gráfico do padrão de Trolox e o resultado foi expresso em µM Trolox equivalente /100 g amostra.

5.5 Análise Sensorial

Os pães foram submetidos ao teste sensorial de aceitação. Inicialmente os provadores foram informados da lista de ingredientes para que expressassem a existência ou não de algum tipo de alergia vinculado ao consumo dos componentes da formulação dos pães. Os provadores que apontavam ter alguma alergia vinculada eram informados de que não estavam aptos para a realização da análise sensorial.

Os testes foram realizados com 51 provadores não treinados (de acordo com o cálculo do tamanho amostral- Anexo III), do sexo masculino e feminino, que não possuíam alergias vinculadas ao consumo de glúten, da faixa etária entre 18 e 60 anos (recomendações para validade estatística da metodologia sensorial segundo Dutcosky, 1996). Os provadores foram convidados a participarem da pesquisa de maneira informal, sendo orientados que deveriam preencher o TCLE (termo de consentimento livre e esclarecido) (Anexo II), antes de avaliar sensorialmente as amostras apresentadas. Foi informado aos mesmos que todos os dados seriam mantidos em sigilo.

Os candidatos avaliaram o quanto gostaram ou desgostaram do produto apresentado, utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos, onde 1 equivale

a “desgostei muitíssimo” e 9 a “gostei muitíssimo”. Parâmetros como aparência, cor, textura, sabor e aceitação global foram analisados através de uma ficha de avaliação (Anexo I) (QUEIROZ e TREPTOW, 2006). O recrutamento foi realizado por convite através de cartaz afixado nas dependências do ICTA (Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos) (Anexo IV).

Os participantes não tiveram custos com a realização do teste, e não foi concedido qualquer tipo de benefício financeiro pela participação.

5.6 Análise Estatística

Os dados foram analisados através de teste de Tukey para diferença de médias ($\alpha = 0,05$), utilizando *software online* SAS On Demand for Academics.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item serão apresentados os resultados obtidos nas análises mencionadas no item 6, bem como as respectivas discussões e correlação com os dados presentes na literatura.

6.1 Caracterização dos pães

A Tabela 2: Volume específico, perda de peso e parâmetros da estrutura do miolo dos pães de fermentação natural elaborados com fermento contendo água, suco de uva tinta e suco de uva branca. Tabela 2 mostra o volume específico, a perda de peso e os dados referentes à análise da estrutura interna do miolo dos pães e a

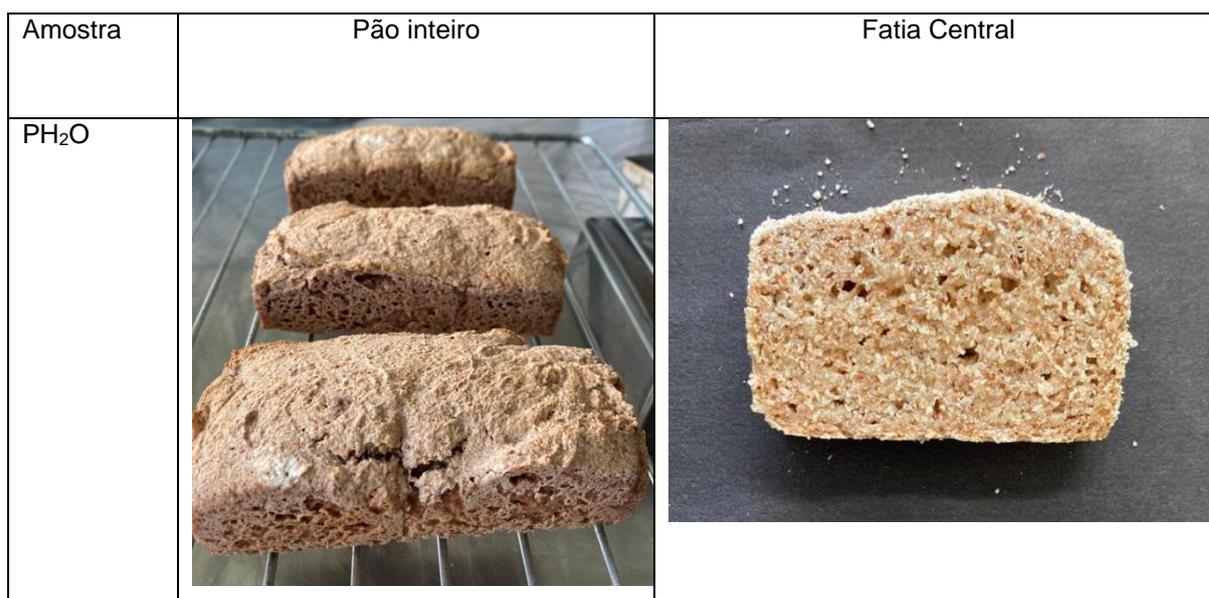
apresenta as fotos dos pães que geraram tais dados.

Tabela 2: Volume específico, perda de peso e parâmetros da estrutura do miolo dos pães de fermentação natural elaborados com fermento contendo água, suco de uva tinta e suco de uva branca.

Amostra	Volume específico (cm ³ /g)	Perda de Peso (%)	Porosidade	Densidade Celular	Poros > 5 mm (%)
PH ₂ O	1,48 ± 0,07 ^a	12,66 ± 0,83 ^a	43,82 ± 5,60 ^a	75,07 ± 16,56 ^a	33,07 ± 3,23 ^a
PUB	1,53 ± 0,06 ^a	13,33 ± 0,15 ^{a,b}	50,75 ± 3,45 ^a	66,92 ± 5,47 ^a	28,50 ± 5,56 ^a
PUT	1,46 ± 0,05 ^a	14,57 ± 0,31 ^b	55,29 ± 8,77 ^a	61,78 ± 4,42 ^a	27,78 ± 2,05 ^a

Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$). PH₂O, Pão elaborado com fermento natural com água, PUT, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva tinta e, PUV, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva branca.

Figura 3: Fotos dos pães elaborados com os diferentes tipos de fermento.





PH₂O, Pão elaborado com fermento natural com água, PUT, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva tinta e, PUV, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva branca.

Os resultados apontam que a utilização dos diferentes tipos de suco de uva nos fermentos naturais elaborados não alterou as propriedades dos pães. O volume, a perda de peso e os parâmetros da estrutura do miolo se mantiveram inalterados quando a água foi substituída pelo suco de uva na elaboração do fermento natural.

O volume dos pães ficou na faixa de 1,46 - 1,53 cm³/g, faixa estipulada por Hager e colaboradores (2012) para que um pão sem glúten seja aceito (entre 1,33 cm³/g a 2,40 cm³/g). Para pães de trigo, os mesmos autores relatam uma faixa entre 4 cm³/g e 5 cm³/g para o volume específico. Segundo Encina-Zelada (2018), a perda de peso para pão sem glúten geralmente fica entre 11,9% e 14,5%, estando os valores obtidos para as amostras analisadas dentro desta faixa.

A Tabela 3 apresenta os parâmetros de cor das amostras de pães elaboradas com diferentes líquidos no fermento natural (PH₂O, PUT e PUB).

Tabela 3: Resultados para a análise de cor da casca e do miolo dos pães elaborados com diferentes tipos de fermento natural.

Amostra	Casca			Miolo		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*

PH ₂ O	66,71 ± 2,95 ^a	6,10 ± 0,35 ^a	18,51 ± 0,38 ^a	50,69 ± 0,09 ^a	8,23 ± 0,63 ^a	18,72 ± 0,88 ^a
PUB	67,19 ± 2,26 ^a	6,14 ± 0,18 ^a	19,70 ± 1,06 ^a	50,41 ± 1,31 ^a	8,82 ± 0,67 ^a	18,88 ± 0,78 ^a
PUT	65,50 ± 0,68 ^a	6,80 ± 0,18 ^b	20,47 ± 2,10 ^a	50,02 ± 1,55 ^a	8,19 ± 0,33 ^a	16,87 ± 0,03 ^b

Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$). PH₂O, Pão elaborado com fermento natural com água, PUT, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva tinta e, PUV, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva branca.

Em relação à cor da casca, apenas o parâmetro a^* do pão feito com fermento a base de suco de uva tinta apresentou diferença significativa quando comparado com as outras amostras, com tendência a cor vermelha. Em relação à cor do miolo dos pães, a única diferença significativa observada foi no parâmetro b^* para o pão feito a partir do fermento de suco de uva tinta, apresentando tendência à cor azul. Portanto, diferenças na coloração de casca ou miolo foram apenas observadas no pão feito com fermento a base de suco de uva tinta, com tendências às cores presentes naturalmente no suco de uva tinta, azul e vermelho. As antocianinas, responsáveis pela coloração citada, são bastante instáveis frente ao aumento de temperatura, por isso a mudança na coloração, embora significativa, é sutil. Bender e colaboradores produziram muffins utilizando farinha da casca de uva nas porcentagens de 5%, 7,5% e 10%, que apresentaram a mesma tendência no parâmetro de cor b^* para o miolo, porém comportamento oposto para o parâmetro a^* na casca, quando comparados ao resultado observado no presente trabalho. Essa diferença provavelmente ocorre pois o muffin foi assado por um tempo de 25 minutos à 170°C, enquanto os pães ficaram por apenas 15 minutos à 180°C, portanto o maior tempo de exposição causou maior degradação dos compostos de pigmento da uva no muffin (BENDER *et al.*, 2017; DOS SANTOS COSTA *et al.*, 2020; OROIAN; ESCRICHE, 2015).

A luminosidade da casca e do miolo dos pães não apresentou alterações com os diferentes fermentos utilizados, bem como o parâmetro b^* para a casca dos pães e como o parâmetro a^* para os miolos.

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de textura. Nenhuma característica analisada apresentou diferença significativa entre as amostras, indicando que a adição de fermentos a base de suco de uva branca e tinta não impactou negativamente nessas características.

A dureza dos pães foi similar à dos pães de 100% de farinha de sorgo elaborados por Phattanakulkaewmorie e colaboradores (2011), que foi de $45,38 \pm 2,08$ N, e menor que a encontrada nos pães com 100% farinha de sorgo e uso de sourdough, elaborados por Olojede e colaboradores (2020) ($100,63 \pm 4,11$ N).

A elasticidade em pães, quando alta, é associada ao frescor do produto, e quando baixa é associada à sua textura quebradiça. A elasticidade e a coesividade das amostras elaboradas obtiveram valores bem próximos ao determinado por Wang e colaboradores ($0,92 \pm 0,01$ e $0,50 \pm 0,04$, respectivamente) em pães com 100% de farinha de sorgo na sua composição, que possuem sensorial positivo em relação a esses atributos (PUERTA *et al.*, 2020; WANG, Yaqin *et al.*, 2020).

Segundo Poiani e colaboradores, a mastigabilidade é “o número de mastigadas necessárias para que a amostra atinja a consistência ideal para engolir”. Para os pães produzidos no presente trabalho (70% farinha de sorgo e 30% amido), a mastigabilidade é consideravelmente menor do que a encontrada por Phattanakulkaewmorie e colaboradores, cuja amostra (50% farinha de sorgo e 50% farinha de mandioca) apresentou o valor de $327,56 \pm 11,8$. Essa diminuição pode ser explicada pela presença do amido nos pães, já que Onyango e colaboradores observaram uma diminuição da mastigabilidade com o aumento do teor de amido em suas amostras de pão sem glúten com uso de fermento natural e a base de farinha de sorgo (ONYANGO *et al.*, 2011; PHATTANAKULKAEWMORIE *et al.*, 2011; POIANI; MONTANUCI, 2019).

Tabela 4: Resultados dos parâmetros obtidos através da análise de textura dos pães elaborados com diferentes tipos de fermento natural.

	Dureza (N)	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade (N)
PH ₂ O	$45,97 \pm 3,73^a$	$1,11 \pm 0,01^a$	$0,61 \pm 0,04^a$	$31,43 \pm 4,70^a$
PUB	$47,91 \pm 3,79^a$	$1,12 \pm 0,03^a$	$0,59 \pm 0,06^a$	$32,26 \pm 4,13^a$
PUT	$50,79 \pm 1,77^a$	$1,09 \pm 0,02^a$	$0,58 \pm 0,03^a$	$32,56 \pm 1,90^a$

Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$). PH₂O, Pão elaborado com fermento natural com água, PUT, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva tinta e, PUV, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva branca.

A Tabela 5 traz a composição centesimal dos pães. A umidade do pão PH₂O é maior que a dos outros pães, já para os carboidratos o pão com uso do fermento a base de suco de uva branca apresentou um valor inferior aos outros pães. O restante dos componentes dos pães não apresentou diferença significativa entre as amostras.

Tabela 5: Composição centesimal dos pães dos pães elaborados com diferentes tipos de fermento natural.

	Fibras Solúveis	Fibras insolúveis	Proteínas	Lipídios
PH ₂ O	7,58 ± 2,34 ^a	9,99 ± 3,88 ^a	6,87 ± 0,15 ^a	3,07 ± 0,20 ^a
PUB	12,16 ± 2,28 ^a	12,11 ± 6,64 ^a	7,13 ± 0,13 ^a	3,40 ± 0,32 ^a
PUT	9,79 ± 4,25 ^a	8,64 ± 4,87 ^a	6,64 ± 0,63 ^a	3,45 ± 0,39 ^a
	Cinzas	Umidade	Carboidratos	
PH ₂ O	3,38 ± 1,41 ^a	46,08 ± 0,41 ^a	34,03 ± 0,43 ^a	
PUB	1,56 ± 0,34 ^a	45,37 ± 0,12 ^b	28,17 ± 1,88 ^b	
PUT	1,14 ± 0,52 ^a	45,27 ± 0,06 ^b	37,29 ± 1,93 ^a	

Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$). PH₂O, Pão elaborado com fermento natural com água, PUT, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva tinta e, PUV, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva branca.

Segundo Naqash e colaboradores, pães sem glúten apresentam em média 3,47% de proteínas, 61,2% de carboidratos e 7,42% de lipídios. Os pães produzidos apresentam maior teor proteico, maior teor de carboidratos e menor teor de lipídios que a média (NAQASH *et al.*, 2017).

Os pães obtiveram características nutricionais similares a pães a base de sorgo, sem glúten e com utilização de fermento natural de trabalhos já publicados. Olojede e seus colaboradores utilizaram 20% de fermento natural na formulação de pães que continham 30% de amido, em dois diferentes trabalhos. Os teores encontrados, utilizando a média dos dois trabalhos, foram de 43,6% para umidade, 5,6% para lipídios, 2,55% para cinzas, 4,88% para proteínas, 27,44% para carboidratos, 14,29% para fibras insolúveis, e 1,61% para fibras solúveis (OLOJEDE; SANNI; BANWO, 2020a, 2020b).

6.2 Análise Sensorial

A Tabela 6 mostra os valores encontrados para as características observadas pelos provadores na análise sensorial. A análise contou com 50 avaliadores, com idades variando entre 20 e 57 anos.

Tabela 6: Atributos obtidos através da análise sensorial dos pães elaborados com diferentes tipos de fermento natural.

	Aparência	Cor	Sabor	Textura	Residual	Aceitação
PH2O	7,38 ± 1,62 ^a	7,58 ± 1,24 ^a	7,30 ± 1,39 ^a	6,98 ± 1,52 ^a	6,80 ± 1,77 ^a	7,24 ± 1,56 ^a
PUB	7,18 ± 1,53 ^a	7,34 ± 1,35 ^a	7,18 ± 1,36 ^a	7,04 ± 1,45 ^a	7,00 ± 1,59 ^a	7,24 ± 1,49 ^a
PUT	7,32 ± 1,47 ^a	7,36 ± 1,53 ^a	6,58 ± 1,79 ^a	6,8 ± 1,56 ^a	6,28 ± 1,78 ^a	6,56 ± 1,79 ^a

Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$). PH₂O, Pão elaborado com fermento natural com água, PUT, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva tinta e, PUV, Pão elaborado com fermento natural com suco de uva branca.

Nenhuma das características analisadas nos pães apresentou diferença significativa entre as amostras. A aceitação geral das três amostras foi superior a 70%, sem diferença significativa entre elas, portanto sem preferência por nenhum pão específico. Olojede e colaboradores produziram um pão que utilizou 70% de farinha de sorgo, 30% de amido de milho e 20% de fermento natural, composição bastante próxima da utilizada neste trabalho, utilizando mesmo intervalo na escala hedônica para avaliação sensorial. A amostra apresentou valores inferiores para os seguintes parâmetros aparência (4,8), sabor (4,9), textura (4,5) e aceitação geral (4,5). Em outro trabalho feito pelos autores com as mesmas quantidades dos insumos utilizados e mesma escala, os atributos aceitação geral, aparência, sabor e textura foram todos inferiores ao presente trabalho (OLOJEDE *et al.*, 2020; OLOJEDE; SANNI; BANWO, 2020a).

Marston e colaboradores elaboraram pães com 70% de farinha de sorgo e 30% de amido de batata, sem uso de fermento natural e utilizaram o mesmo intervalo na escala hedônica para avaliação sensorial. As amostras apresentaram valores inferiores para os parâmetros aparência (5,7 – 5,9), sabor (4,3 – 4,9), cor (5,9 – 6,0), textura (4,6 – 5,2) e aceitação geral (4,8 – 5,1) (MARSTON; KHOURYIEH; ARAMOUNI, 2016). Levando em consideração os resultados dos estudos citados, os pães produzidos neste trabalho apresentam maior aceitação geral e melhores resultados para os atributos avaliados.

Em relação à preferência de compra, os avaliadores podiam escolher mais de uma amostra, por isso a porcentagem total ultrapassa 100%. Além disso, apenas quatro avaliadores relataram que não comprariam nenhuma das amostras. O pão que apresentou o maior interesse por parte dos consumidores foi o com fermento a base de água, que obteve 46% de intenção de compra, seguido da amostra com fermento

a base de suco de uva tinta com 42%, com o pão a base de suco de uva branco sendo o de menor interesse, com apenas 20% de intenção de compra.

Dentre os comentários encontrados na ficha de avaliação, três foram recorrentes: a boa textura da amostra PH₂O, o sabor residual desagradável da amostra PUB (embora ambas as características não tenham apresentado diferenças significativas entre si quando avaliadas individualmente) e o sabor residual amargo em todas as amostras. O sorgo é um grão rico em taninos, composto que se caracteriza por conferir sabor amargo aos produtos, portanto uma possibilidade futura seria a quantificação de taninos nas amostras (XIONG *et al.*, 2019).

6.3 Análise de capacidade antioxidante e quantificação de compostos fenólicos

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** se encontram os resultados da análise de TPC e ORAC de todas as amostras analisadas no presente trabalho, insumos, massas não fermentadas, massas fermentadas e pães assados.

Tabela 7: Teores de compostos fenólicos totais e da capacidade antioxidante medida por ORAC dos pães elaborados com diferentes tipos de fermento natural.

Amostras	TPC (mg AG/100 g amostra)	ORAC (μ M Trolox/100 g farinha ou 100 mL sucos ou 100g do restante)
FS	150,35 \pm 4,14 ^{c,d}	13657,31 \pm 906.96 ^a
SUB	69,41 \pm 13,99 ^e	1790.40 \pm 298.60 ^e
SUT	145,76 \pm 14,93 ^{c,d}	4641.85 \pm 202.88 ^{d,e}
FN H2O	197,79 \pm 20,30 ^b	14843.87 \pm 1036.70 ^a
FN UB	172,39 \pm 8,53 ^{b,c}	12576.30 \pm 2134.68 ^b
FN UT	266,36 \pm 8,73 ^a	14631.65 \pm 1401.13 ^a

MNF H2O	132,59 ± 6,37 ^{c,d}	6675.79 ± 464.72 ^d
MNF UB	138,82 ± 3,141 ^{c,d}	6389.09 ± 1218.65 ^d
MNF UT	142,19 ± 8,87 ^{c,d}	5800.04 ± 424.89 ^{d,e}
MF H2O	150,76 ± 39,22 ^{c,d}	6805.64 ± 2327.13 ^d
MF UB	131,78 ± 1,68 ^{c,d}	13886.80 ± 432.25 ^a
MF UT	155,66 ± 9,79 ^d	11517.53 ± 2330.13 ^{a,b,c}
P H2O	126,27 ± 7,77 ^d	8572.23 ± 2347.77 ^{b,c,d}
P UB	131,27 ± 1,79 ^{c,d}	6053.05 ± 1330.40 ^{d,e}
P UT	136,88 ± 6,89 ^{c,d}	7270.60 ± 1766.82 ^{c,d}

Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$). FS, farinha de sorgo; UB, suco de uva branca; UV, suco de uva tinta; FN, fermento natural; MNF, massa não fermentada; MF, massa fermentada; P, pão.

Em relação ao teor de compostos fenólicos em sucos de uva brasileiros, outros três estudos acharam teores similares ao encontrados neste trabalho (DUTRA *et al.*, 2018; TOALDO *et al.*, 2015; TOSCANO *et al.*, 2017).

A farinha de sorgo mostrou valor de fenólicos de $150,35 \pm 4,14$, similar ao encontrado por Phattanakulkaewmorie e colaboradores (2011), cujo valor determinado foi de 187 mg AG/100 g amostra. No entanto, em comparação ao valor encontrado por Rocchetti e colaboradores (2017), de 31,6 mg AG/100 g amostra, o valor encontrado pelo presente trabalho é bastante superior. Porém vale ressaltar que, no artigo de Rocchetti e colaboradores, a farinha analisada foi comprada pronta, enquanto no presente estudo o grão foi moído, peneirado e em seguida utilizado para extração e análise. Sabe-se que o acondicionamento por tempos prolongados e sem controle de temperatura adequados pode gerar perda de compostos bioativos, o que poderia justificar o valor mais alto encontrado. O mesmo comportamento foi observado no estudo de Wu e colaboradores, que obtiveram um valor bem abaixo do obtido neste trabalho e também adquiriram a farinha de sorgo comercial (PHATTANAKULKAEWMORIE *et al.*, 2011; ROCCHETTI *et al.*, 2017; SEGURA CAMPOS, 2018; WU *et al.*, 2018).

Dentre os fermentos já prontos, pode-se observar que o elaborado com suco de uva tinta (FUT) foi o único que apresentou diferença significativa na quantidade de fenólicos totais, indicando um aumento desses compostos, já que ele possui maiores

quantidades dessa substância em comparação ao suco de uva branca (DANI *et al.*, 2007; TOALDO *et al.*, 2015).

A partir da massa não fermentada, o teor de compostos fenólicos totais se manteve o mesmo, visto que as massas não fermentadas, as massas fermentadas e os pães prontos não tiveram valores diferentes estatisticamente entre si. Estudos que produziram pães com uso de farinha de sorgo e testaram o teor de fenólicos não realizaram a análise nas massas não fermentadas e nem nas fermentadas pré-cozimento, não sendo possível fazer um comparativo dos dados aqui obtidos. De forma geral, pode-se afirmar que o processo de fermentação realizado não gerou aumento nos compostos fenólicos, o que pode ter ocorrido pelo menor tempo de fermentação do pão (1h) em comparação ao processo de obtenção de pães de fermentação natural (>6 h), devido à inserção de levedura comercial (NAQASH *et al.*, 2017).

Phattanakulkaewmorie e colaboradores produziram pães com 50% farinha de sorgo e 50% farinha de mandioca, sem utilização de fermento natural, obtendo 100 mg AG/100 g amostra em seus pães, valores um pouco abaixo dos encontrados neste trabalho, que utiliza uma porcentagem maior de farinha de sorgo (70%). Olojede e colaboradores, que produziram pães com as mesmas porcentagens de farinha de sorgo (70%), amido de milho (30%) e fermento natural (20%) que neste estudo, obtiveram valores bem abaixo dos aqui encontrados, sendo estes entre 28-30 mg AG/100 g amostra. No entanto, Olojede e colaboradores utilizaram um diferente tipo de sorgo, descrito como sorgo branco, que possivelmente possui menos compostos fenólicos que o sorgo marsala, utilizado no presente trabalho. Porém, não é possível afirmar com certeza pois os autores não realizaram a análise de composto fenólicos totais na farinha utilizada (OLOJEDE *et al.*, 2020; PHATTANAKULKAEWMORIE *et al.*, 2011; ROCCHETTI *et al.*, 2019; XIONG *et al.*, 2019).

Para os valores obtidos pelo método ORAC, comparado a outros estudos, a farinha de sorgo apresenta valor superior ao encontrado por Rocchetti e colaboradores (2019) que foi de 4734,8 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$, e do encontrado pelos mesmos autores em 2017, que foi de 8044 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$. Em ambos os trabalhos foram utilizadas farinhas comerciais e como já mencionado, sabe-se que o acondicionamento por tempos prolongados e sem controle de temperatura adequados pode gerar perda de compostos bioativos, o que poderia justificar o valor mais alto

encontrado neste trabalho, que moeu os grãos para produzir a farinha que foi em seguida utilizada na elaboração das amostras. Awika e colaboradores que realizaram a moagem de seus grãos de sorgo marsala, obtiveram valor similar ao encontrado, sendo de 13600 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ (AWIKA *et al.*, 2003; ROCCHETTI *et al.*, 2017, 2019; SEGURA CAMPOS, 2018).

Dávalos e colaboradores avaliaram sucos de uva branca e tinta frente ao ensaio ORAC, e encontraram em média 762 $\mu\text{mol TE}/100\text{ mL}$ e 2040 $\mu\text{mol TE}/100\text{ mL}$ de suco, respectivamente. Diferente desse estudo, os sucos utilizados neste trabalho são integrais, o que explicaria o valor mais alto encontrado para a capacidade antioxidante via ORAC quando comparado ao trabalho de Dávalos e colaboradores. É possível ver um comportamento similar ao observado no teor de compostos fenólicos entre os sucos de uva, para a capacidade antioxidante dos mesmos. Isso se deve ao fato de que composto fenólicos são um dos componentes com capacidade antioxidante, portanto se há menos compostos fenólicos no suco de uva branca, há também uma menor capacidade antioxidante (DÁVALOS; BARTOLOMÉ; GÓMEZ-CORDOVÉS, 2005; SHAHIDI *et al.*, 2019).

Os fermentos possuem maior valor para a atividade antioxidante pelo método ORAC do que as massas não fermentadas. Estudos já publicados mostraram que a fermentação natural é capaz de gerar compostos bioativos, que podem aumentar a capacidade antioxidante do alimento produzido a partir do fermento natural (LAURENT-BABOT; GUYOT, 2017). É possível que tais compostos tenham sido produzidos durante o processo de produção dos fermentos naturais utilizados, porém ao adicioná-los aos pães sua quantidade foi diluída, o que explica a diminuição na medição das massas cruas. Nas massas fermentadas, no entanto, o valor de capacidade antioxidante via ORAC cresceu para MF UB e MF UT, indicando que o processo fermentativo pode ter causado esse incremento da capacidade antioxidante para essas amostras, embora não tenha se alterado para MF H2O.

Após o forneamento, P H2O e P UT não apresentaram diferença significativa de MF H2O e MF UT, indicando que esse processo nas condições utilizadas não afetou a capacidade antioxidante desse pão, diferente do P UB, que apresentou valor significativamente menor que MF UB. Estudos com a evolução da capacidade antioxidante durante o processo fermentativo em pães sem glúten não foram encontrados, porém um estudo que faz esse acompanhamento em pães a base de

diferentes tipos de trigo foi realizado para utilizar como comparativo. Tian e colaboradores realizaram a análise de capacidade antioxidante ORAC durante a mistura, nas massas fermentadas e nos pães produzidos. Apenas uma das 5 amostras obteve um aumento de capacidade antioxidante após a fermentação, e 3 dos 5 pães analisados não apresentaram diferença significativa entre as massas fermentadas e os pães prontos, enquanto 2 apresentaram diferença significativa, portanto estes são valores que ainda variam, o que é compatível com o resultado encontrado neste trabalho (TIAN *et al.*, 2021).

Esses pães apresentaram em média 1625 μM Trolox/100 g amostra, valor inferior ao encontrado neste trabalho (TIAN *et al.*, 2021). Cornejo e colaboradores realizaram ORAC para pão sem glúten elaborado com farinha de arroz, e o valor encontrado foi de 1,59 μM Trolox/100 g (CORNEJO *et al.*, 2015). Awika e colaboradores produziram um pão com adição de 30% de farelo de sorgo BK1999, obtendo 8600 μM Trolox/100 g amostra, valor semelhante ao encontrado para os pães neste trabalho (AWIKA *et al.*, 2003). Wu e colaboradores fizeram pães a base de trigo com substituição de 30% da farinha por farinha de sorgo marsala encontrando 4476 μM Trolox/100 g amostra (WU *et al.*, 2018). Portanto, os valores encontrados para os pães foram superiores a pães com e sem glúten encontrados na literatura, e similar ao pão com farelo de sorgo encontrado.

7 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Foi possível observar que os pães produzidos com os diferentes tipos de fermento não apresentaram diferenças significativas no volume específico, perfil de textura e na análise de imagem. Para a análise de cor, houve diferença apenas do parâmetro a^* , para a casca, e do parâmetro b^* , para o miolo do pão elaborado com fermento a base de uva tinta.

A análise sensorial mostrou um bom índice de aceitabilidade dos pães (todos acima de 70%), demonstrando interesse do público para consumo. Os pães também não apresentaram diferenças significativas nos atributos avaliados, indicando que a utilização do suco de uva não modificou o sensorial das amostras quando comparados a amostra com utilização de apenas água.

A elaboração do fermento natural com suco de uva tinta ou branca não gerou diferença significativa nos teores de compostos fenólicos totais e na capacidade antioxidante, medida via ORAC. Esse fato aponta que o uso de suco de uva na elaboração dos fermentos naturais não foi uma estratégia efetiva para o incremento da capacidade antioxidante de pães sem glúten. No entanto, o processamento utilizado não afetou os valores de capacidade antioxidante, indicando que é um bom processamento para trabalhos nos quais se objetiva manter as características pré e pós forneamento. Além disso, os pães elaborados apresentaram valores para o ensaio ORAC superiores a estudos feitos com pães sem glúten elaborados com farinha de arroz e, ainda, à pães elaborados com farinha de trigo, e também pães que utilizaram farinha de sorgo na sua composição, o que indica que a estratégia do uso de sorgo para incremento desta propriedade foi, de fato, efetiva.

Por fim, devido a pandemia, estratégias planejadas inicialmente para serem executadas, como a determinação da quantidade ideal de backsloppings e a determinação de um percentual ideal de fermento na formulação não puderam ser realizadas, e poderão ser testadas em estudos futuros buscando a maximização do conteúdo de compostos antioxidantes, assim como, a análise de quantificação de taninos em função do sabor amargo residual relatado.

8 REFERÊNCIAS

ABIMAPI. **Pães Industrializados: nutrição e praticidade com segurança e sustentabilidade**. [S. l.: s. n.], 2020. ISSN 1098-6596.v. 53E-book.

ABIP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA. O PADRÃO DE QUALIDADE DO PÃO FRANCÊS NA VISÃO DOS CONSUMIDORES DO RIO GRANDE DO SUL O padrão de qualidade do pão francês na visão dos consumidores do Rio Grande do Sul. [s. l.], 2018.

ADEPEHIN, J. O. Microbial diversity and pasting properties of finger millet (*Eleusine coracana*), pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) sourdoughs. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 37, p. 100684, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100684>

ALAM, Md Nur; BRISTI, Nusrat Jahan; RAFIQUZZAMAN, Md. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. **Saudi Pharmaceutical Journal**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 143–152, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2012.05.002>

ANTONIA MARTINEZ ANAYA, M. Microorganisms in Dough. **Handbook of Dough Fermentations**, [s. l.], p. 25–27, 2003.

ARAB JOURNAL OF GASTROENTEROLOGY. Gluten-free diet yesterday, today and tomorrow: Forecasting using Google Trends data. **Arab Journal of Gastroenterology**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 67–68, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ajg.2020.04.004>

ARENDDT, Elke K.; DAL BELLO, Fabio. **Gluten-free Cereal Products and Beverages**. [S. l.: s. n.], 2008. ISSN 00346659. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/nfs.2012.01742eaa.010>

ASIMI, Oyas Ahmed; SAHU, N P; PAL, A K. Antioxidant capacity of crude water and ethyl acetate extracts of some Indian spices and their antimicrobial activity against *Vibrio vulnificus* and *Micrococcus luteus*. **Journal of Medicinal Plants Research**, [s. l.], v. 7, n. 26, p. 1907–1915, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/JMPR2013.4453>

AWIKA, Joseph M. *et al.* Screening Methods to Measure Antioxidant Activity of Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Sorghum Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 51, n. 23, p. 6657–6662, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf034790i>

AWIKA, Joseph M. **Sorghum: Its Unique Nutritional and Health-Promoting Attributes**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100866-9.00003-0>

AWIKA, Joseph M.; ROONEY, Lloyd W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, [s. l.], v. 65, n. 9, p. 1199–1221, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.04.001>

AXEL, Claudia; ZANNINI, Emanuele; ARENDT, Elke K. Mold spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf life extension. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 57, n. 16, p. 3528–3542,

2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1147417>

BELZ, Markus C.E. *et al.* Improvement of taste and shelf life of yeasted low-salt bread containing functional sourdoughs using *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 and *Weissella cibaria* MG1. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 302, n. April 2018, p. 69–79, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.07.015>

BENDER, Ana B.B. *et al.* Grape Pomace Skins and the Effects of Its Inclusion in the Technological Properties of Muffins. **Journal of Culinary Science and Technology**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 143–157, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15428052.2016.1225535>

BJÖRCK, Inger; ELMSTÅHL, Helena Liljeberg. The glycaemic index: importance of dietary fibre and other food properties. **Proceedings of the Nutrition Society**, [s. l.], v. 62, n. 1, p. 201–206, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/pns2002239>

CALLE, Jehannara; BENAVENT-GIL, Y.; ROSELL, Cristina M. Development of gluten free breads from *Colocasia esculenta* flour blended with hydrocolloids and enzymes. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 98, n. July 2019, p. 105243, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105243>

CAPACCI, Sara; LEUCCI, Anna Caterina; MAZZOCCHI, Mario. There is no such thing as a (gluten-)free lunch: Higher food prices and the cost for coeliac consumers. **Economics and Human Biology**, [s. l.], v. 30, p. 84–91, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ehb.2018.06.001>

CAPPA, Carola; LUCISANO, Mara; MARIOTTI, Manuela. Influence of Psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 98, n. 2, p. 1657–1666, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.08.007>

CAPRILES, Vanessa D; ARÉAS, Alfredo G. Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking : Interface between Food Science , Nutrition , and Health. [s. l.], v. 13, p. 871–890, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12091>

CASPER, Jeffrey L.; ATWEL, William A. **Gluten-Free Baked Products**. [S. l.: s. n.], 2014.

- CATZEDDU, Pasquale. **Sourdough Breads**. [S. l.]: Elsevier Inc., 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10004-2>
- CATZEDDU, Pasquale. Sourdough Breads. **Bread and its Fortification: Nutrition and Health Benefits**, [s. l.], p. 177–188, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814639-2.00014-9>
- CHAMLAGAIN, Bhawani *et al.* In situ production of active vitamin B12 in cereal matrices using *Propionibacterium freudenreichii*. **Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 67–76, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/fsn3.528>
- CHAVAN, Rupesh S.; CHAVAN, Shraddha R. Sourdough Technology-A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 169–182, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00148.x>
- CODA, Rossana; RIZZELLO, Carlo Giuseppe; GOBBETTI, Marco. Use of sourdough fermentation and pseudo-cereals and leguminous flours for the making of a functional bread enriched of γ -aminobutyric acid (GABA). **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 137, n. 2–3, p. 236–245, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.12.010>
- CORNEJO, Fabiola *et al.* Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 173, p. 298–304, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.037>
- CORSETTI, Aldo; SETTANNI, Luca. Lactobacilli in sourdough fermentation. **Food Research International**, [s. l.], v. 40, n. 5, p. 539–558, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.001>
- COSTABILE, Adele *et al.* Effect of breadmaking process on in vitro gut microbiota parameters in irritable bowel syndrome. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 9, n. 10, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111225>
- DANI, C. *et al.* Phenolic content and antioxidant activities of white and purple juices manufactured with organically- or conventionally-produced grapes. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 45, n. 12, p. 2574–2580, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.06.022>

DÁVALOS, Alberto; BARTOLOMÉ, Begoña; GÓMEZ-CORDOVÉS, Carmen. Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegars. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 93, n. 2, p. 325–330, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.030>

DAY, A.P. *et al.* Effect of Concentrated Red Grape Juice Consumption on Serum Antioxidant Capacity and Low-Density Lipoprotein Oxidation. **Annals of Nutrition and Metabolism**, [s. l.], v. 41, p. 353–357, 1997. Disponível em: http://www.ghbook.ir/index.php?name=هم‌دومین‌مقالات‌مجموعه&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13629&page=108&chkhask=03C706812F&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component

DE VUYST, Luc; VAN KERREBROECK, Simon; LEROY, Frédéric. Microbial Ecology and Process Technology of Sourdough Fermentation. **Advances in Applied Microbiology**, [s. l.], v. 100, p. 49–160, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2017.02.003>

DEMIRKESEN, Ilkem; SUMNU, Gulum; SAHIN, Serpil. Quality of Gluten-Free Bread Formulations Baked in Different Ovens. [s. l.], 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0712-6>

DENTICE MAIDANA, Stefanía *et al.* Development of gluten-free breads started with chia and flaxseed sourdoughs fermented by selected lactic acid bacteria. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 125, p. 109189, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109189>

DOS SANTOS COSTA, Daniel *et al.* IRIS-GRAPE: An approach for prediction of quality attributes in vineyard grapes inspired by iris biometric recognition. **Computers and Electronics in Agriculture**, [s. l.], v. 168, n. December 2019, p. 105140, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105140>

DUTRA, Maria da Conceição Prudêncio *et al.* Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 269, n. July, p. 157–165, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.014>

EDEMA, Mojisola O.; NAUSHAD EMMAMBUX, M.; TAYLOR, John R.N.

Improvement of fonio dough properties through starch modification by sourdough fermentation. **Starch/Staerke**, [s. l.], v. 65, n. 9–10, p. 730–737, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/star.201200248>

ELLI, Luca *et al.* Nomenclature and diagnosis of gluten-related disorders: A position statement by the Italian Association of Hospital Gastroenterologists and Endoscopists (AIGO). **Digestive and Liver Disease**, [s. l.], v. 49, n. 2, p. 138–146, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dld.2016.10.016>

EMBRAPA. Sorgo Granífero. [s. l.],

EUROMONITOR, International. Top 10 Global Consumer Trends for 2018 Emerging Forces Shaping Consumer Behaviour. **Euromonitor International**, [s. l.], p. 48, 2018. Disponível em: [http://go.euromonitor.com/rs/805-KOK-719/images/Top 10 Global Consumer Trends for 2018](http://go.euromonitor.com/rs/805-KOK-719/images/Top%2010%20Global%20Consumer%20Trends%20for%202018%20Euromonitor.pdf?mkt_tok=eyJpIjoiWW1JeE9UWXIaVGhsWldKbSIsInQiOiIydm5pR2NnOFNhSXRMRUpCL05TUzdwU3hHZXdaVkVyclN6blhcL1BMK240UWwrZTdZTkFhNnBzQ0Ibc0ZmOWF6YmJmVD)

[Euromonitor.pdf?mkt_tok=eyJpIjoiWW1JeE9UWXIaVGhsWldKbSIsInQiOiIydm5pR2NnOFNhSXRMRUpCL05TUzdwU3hHZXdaVkVyclN6blhcL1BMK240UWwrZTdZTkFhNnBzQ0Ibc0ZmOWF6YmJmVD](http://go.euromonitor.com/rs/805-KOK-719/images/Top%2010%20Global%20Consumer%20Trends%20for%202018%20Euromonitor.pdf?mkt_tok=eyJpIjoiWW1JeE9UWXIaVGhsWldKbSIsInQiOiIydm5pR2NnOFNhSXRMRUpCL05TUzdwU3hHZXdaVkVyclN6blhcL1BMK240UWwrZTdZTkFhNnBzQ0Ibc0ZmOWF6YmJmVD)

FENNEMA, Owen R.; DAMODARAN, Srinivan; PARKIN, Kirk L. **Food Chemistry**. [S. l.: s. n.], 2008.

FRANKEL, Edwin N. *et al.* Commercial Grape Juices Inhibit the in Vitro Oxidation of Human Low-Density Lipoproteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 46, n. 3, p. 834–838, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf9707952>

FUNCTIONAL FOOD SCIENCE IN EUROPE. Scientific Concepts of Functional Foods in Europe Consensus. [s. l.], v. 6, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00888919>

GALANAKIS, Charis M. **Chapter 1 - Introduction**. [S. l.]: Elsevier Inc., 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805257-0.00001-6>

GALLE, Sandra *et al.* Influence of in-situ synthesized exopolysaccharides on the quality of gluten-free sorghum sourdough bread. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 155, n. 3, p. 105–112, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.01.009>

GALLI, Viola *et al.* Effect of selected strains of lactobacilli on the antioxidant and anti-

inflammatory properties of sourdough. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 286, n. July, p. 55–65, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.07.018>

GOBBETTI, Marco *et al.* How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods. **Food Microbiology**, [s. l.], v. 37, p. 30–40, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.012>

GOBBETTI, Marco *et al.* Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 302, n. April, p. 103–113, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018>

GRAND VIEW RESEARCH. Industry Insights - Functional Foods Market. [s. l.], v. 2025, p. 1–7, 2020.

GRAND VIEW RESEARCH. Industry Insights - Sourdough Market. [s. l.], v. 2025, p. 1–6, 2020.

GRECO, Luigi *et al.* Safety for Patients With Celiac Disease of Baked Goods Made of Wheat Flour Hydrolyzed During Food Processing. **Clinical Gastroenterology and Hepatology**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 24–29, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2010.09.025>

GUAADAOU, Abdelkarim *et al.* What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 17–179, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20140303.16>

GUGLIELMETTI, Alessandro *et al.* Nutritional quality, potential health promoting properties and sensory perception of an improved gluten-free bread formulation containing inulin, rice protein and bioactive compounds extracted from coffee byproducts. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, [s. l.], v. 69, n. 2, p. 157–166, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.31883/pjfn-2019-0012>

HAMMES, W. P.; GÄNZLE, M. G. Sourdough breads and related products. **Microbiology of Fermented Foods**, [s. l.], p. 199–216, 1998. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0309-1_8

HILL, Ivor D. *et al.* NASPGHAN clinical report on the diagnosis and treatment of gluten-related disorders. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, [s. l.], v. 63, n. 1, p. 156–165, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001216>

HOSSEINI, Hamed; JAFARI, Seid Mahdi. Introducing nano/microencapsulated bioactive ingredients for extending the shelf-life of food products. **Advances in Colloid and Interface Science**, [s. l.], v. 282, p. 102210, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102210>

IBRAVIN; SEBRAE. Comercialização de empresas do RS em litros. [s. l.], p. 1–4, 2018.

INGEMAR HEDIN, David. Gluten-Free Globally – Important Considerations and Strategic Choices. [s. l.], n. June, p. 40, 2016. Disponível em: http://finnishfoodinnovations.fi/wp-content/uploads/2017/05/Free-from-Market-prospects_INTRO_230517_Hedin_Euromonitor.pdf

KIM, Geon Ha *et al.* The Role of Oxidative Stress in Neurodegenerative Diseases. **Experimental Neurobiology**, [s. l.], v. 4, p. 325–240, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5607/en.2015.24.4.325>

KRIS-ETHERTON, Penny M. *et al.* Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **American Journal of Medicine**, [s. l.], v. 113, n. 9 SUPPL. 2, p. 71–88, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0002-9343\(01\)00995-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9343(01)00995-0)

LAURENT-BABOT, Caroline; GUYOT, Jean-Pierre. Should Research on the Nutritional Potential and Health Benefits of Fermented Cereals Focus More on the General Health Status of Populations in Developing Countries? **Microorganisms**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 40, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030040>

LUTI, Simone *et al.* Antioxidant and anti-inflammatory properties of sourdoughs containing selected Lactobacilli strains are retained in breads. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 322, n. February, p. 126710, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126710>

MANDALA, Ioanna; KAPSOKEFALOU, Maria. Gluten-Free Bread: Sensory,

Physicochemical, and Nutritional Aspects. **Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention**, [s. l.], p. 161–169, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10015-7>

MAQSOOD, Sajid *et al.* Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 308, p. 125522, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125522>

MARKET RESEARCH FUTURE. Global Sourdough Market Research Report. [s. l.], p. 3–7, 2020.

MARSTON, Kathryn; KHOURYIEH, Hanna; ARAMOUNI, Fadi. Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 65, n. 2016, p. 637–644, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.063>

MOHAMMADI, Mehrdad *et al.* Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 1812–1818, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.035>

MORONI, Alice V.; DAL BELLO, Fabio; ARENDT, Elke K. Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? **Food Microbiology**, [s. l.], v. 26, n. 7, p. 676–684, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.001>

MORRISSEY, Andrew; MOORE, Michelle M. **Gluten-Free Cereal Products and Beverages**. [S. l.: s. n.], 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50015-0>

NAQASH, Farah *et al.* Gluten-free baking: Combating the challenges - A review. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 66, p. 98–107, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>

NOZAWA, Masaaki; ITO, Seiko; ARAI, Eiko. Effect of ovalbumin on the quality of gluten-free rice flour bread made with soymilk. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 66, p. 598–605, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.010>

OLOJEDE, A. O. *et al.* Sensory and antioxidant properties and in-vitro digestibility of gluten-free sourdough made with selected starter cultures. **Lwt**, [s. l.], v. 129, n. April, p. 109576, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109576>

OLOJEDE, A. O.; SANNI, A. I.; BANWO, K. Effect of legume addition on the physiochemical and sensorial attributes of sorghum-based sourdough bread. **Lwt**, [s. l.], v. 118, n. September 2019, p. 108769, 2020a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108769>

OLOJEDE, A. O.; SANNI, A. I.; BANWO, K. Rheological, textural and nutritional properties of gluten-free sourdough made with functionally important lactic acid bacteria and yeast from Nigerian sorghum. **Lwt**, [s. l.], v. 120, n. August 2019, p. 108875, 2020b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108875>

ONYANGO, Calvin *et al.* Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 44, n. 3, p. 681–686, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.09.006>

OROIAN, Mircea; ESCRICHE, Isabel. Antioxidants: Characterization, natural sources, extraction and analysis. **Food Research International**, [s. l.], v. 74, p. 10–36, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.018>

OSMAN, Hashim E. *et al.* Grape juice but not orange or grapefruit juice inhibits platelet activity in dogs and monkeys (*Macaca fascicularis*). **Journal of Nutrition**, [s. l.], v. 128, n. 12, p. 2307–2312, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jn/128.12.2307>

PACIULLI, Maria *et al.* Chestnut flour addition in commercial gluten-free bread: A shelf-life study. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 70, p. 88–95, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.034>

PHATTANAKULKAEWMORIE, N *et al.* Chemical Compositions and Physico-Chemical Properties of Malted Sorghum Flour and Characteristics of Gluten Free Bread. **International Journal of Nutrition and Food Engineering**, [s. l.], v. 5, n. 9, p. 532–538, 2011.

PHONGTHAI, Suphat *et al.* Properties of Peanut (KAC431) Protein Hydrolysates and Their Impact on the Quality of Gluten-Free Rice Bread. **MDPI Foods**, [s. l.], v. 9, n. 7,

2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9070942>

PICO, Joana; BERNAL, José Luis; GÓMEZ, Manuel. Influence of different flours and starches on gluten-free bread aroma. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 54, n. 6, p. 1433–1441, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2562-3>

POIANI, Mariana Ramiri; MONTANUCI, Flávia Daiana. Caracterizações físicas e tecnológicas e perfil de textura de cookies de farinha de uva e linhaça. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], v. 22, p. 1–14, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07418>

PUERTA, P. *et al.* Oral processing and dynamics of texture perception in commercial gluten-free breads. **Food Research International**, [s. l.], v. 134, n. December 2019, p. 109233, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109233>

REALE, Anna *et al.* The importance of lactic acid bacteria for phytate degradation during cereal dough fermentation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 55, n. 8, p. 2993–2997, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf063507n>

RINALDI, Massimiliano *et al.* Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 224, p. 144–152, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.055>

ROCCHETTI, Gabriele *et al.* Evaluation of phenolic profile and antioxidant capacity in gluten-free flours. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 228, p. 367–373, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.142>

ROCCHETTI, Gabriele *et al.* Gluten-free flours from cereals, pseudocereals and legumes: Phenolic fingerprints and in vitro antioxidant properties. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 271, p. 157–164, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.176>

SANTOS, Tatielli Olendzki dos *et al.* EFEITO NEUROPROTETOR DO SUCO DE UVA BRANCO SOBRE A VIABILIDADE CELULAR DO CÓRTEX CEREBRAL DE RATOS. **Revista da sociedade brasileira de ciência em animais de laboratório**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 174–182, 2014.

SEBRAE. Estudo de Mercado: Indústria da Panificação. [s. l.], p. 45, 2017.

SEGURA CAMPOS, Maira Rubi. **Bioactive Compounds: Health Benefits and Potential Applications**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02265-6>

SHAHIDI, Fereidoon *et al.* Phenolic compounds in agri-food by-products, their bioavailability and health effects. **Journal of Food Bioactives**, [s. l.], v. 5, p. 57–119, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.31665/jfb.2019.5178>

SHEN, Yanting; CHEN, Gengjun; LI, Yonghui. Bread characteristics and antioxidant activities of Maillard reaction products of white pan bread containing various sugars. **LWT**, [s. l.], v. 95, p. 308–315, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.05.008>

SOARES, Rosa Leonôra Salerno. Irritable bowel syndrome, food intolerance and non-celiac gluten sensitivity. A new clinical challenge. **Arquivos de Gastroenterologia**, [s. l.], v. 55, n. 4, p. 417–422, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0004-2803.201800000-88>

TADESSE, Solomon Abebaw; EMIRE, Shimelis Admassu. Production and processing of antioxidant bioactive peptides: A driving force for the functional food market. **Heliyon**, [s. l.], v. 6, n. 8, p. e04765, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04765>

TIAN, Wenfei *et al.* Changes in phenolic profiles and antioxidant activities during the whole wheat bread-making process. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 345, n. October 2020, p. 128851, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128851>

TOALDO, Isabela Maia *et al.* Bioactive potential of *Vitis labrusca* L. grape juices from the Southern Region of Brazil: Phenolic and elemental composition and effect on lipid peroxidation in healthy subjects. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 173, p. 527–535, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.171>

TORRES, María D. *et al.* Coeliacs cannot live by gluten-free bread alone – every once in awhile they need antioxidants. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 52, n. 1, p. 81–90, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13287>

TOSCANO, Lydiane Tavares *et al.* Phenolics from purple grape juice increase serum

antioxidant status and improve lipid profile and blood pressure in healthy adults under intense physical training. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], v. 33, p. 419–424, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.03.063>

TROIAN, Sinara Andressa; VICENZI, Keli; ALVES, Márcia Keller. Teor de resveratrol e polifenóis totais em suco de uva integral, reconstituído e néctar comercializados no sul do Brasil. **Brazilian Journal of Food Research**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 58, 2016.

Disponível em: <https://doi.org/10.3895/rebrapa.v7n1.3506>

WANG, Yan *et al.* An LC-MS method for analyzing total resveratrol in grape juice, cranberry juice, and in wine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 50, n. 3, p. 431–435, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf010812u>

WANG, Yaqin *et al.* The effect of in situ produced dextran on flavour and texture perception of wholegrain sorghum bread. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 106, n. September 2019, p. 105913, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105913>

WOHLENBERG, Mariane *et al.* Antioxidant activity of grapevine leaf extracts against oxidative stress induced by carbon tetrachloride in cerebral cortex, hippocampus and cerebellum of rats. **Antioxidants**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 200–211, 2014. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/antiox3020200>

WOLTER, Anika *et al.* Influence of dextran-producing *Weissella cibaria* on baking properties and sensory profile of gluten-free and wheat breads. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 172, p. 83–91, 2014. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.11.015>

WU, Gangcheng *et al.* Improvement of in vitro and cellular antioxidant properties of Chinese steamed bread through sorghum addition. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 91, p. 77–83, 2018. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.074>

XIONG, Yun *et al.* Sorghum Grain: From Genotype, Nutrition, and Phenolic Profile to Its Health Benefits and Food Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 18, n. 6, p. 2025–2046, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12506>

YOUSIF, Adel; NHEPERA, Dorothy; JOHNSON, Stuart. Influence of sorghum flour

addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 134, n. 2, p. 880–887, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.199>

ZULUETA, Ana; ESTEVE, Maria J.; FRÍGOLA, Ana. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 114, n. 1, p. 310–316, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.033>

ANEXO I - FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL

ANÁLISE SENSORIAL

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

PROCEDIMENTOS

Avalie as características de aparência, cor, sabor, textura, sabor residual e aceitação global do pão seguindo a escala abaixo:

1 - <u>desgostei</u> muitíssimo
2 - <u>desgostei</u> muito
3 - <u>desgostei</u> moderadamente
4 - <u>desgostei</u> levemente
5 - <u>nem</u> gostei/ nem desgostei
6 - <u>gostei</u> levemente
7 - <u>gostei</u> moderadamente
8 - <u>gostei</u> muito
9 - <u>gostei</u> muitíssimo

Anotar para cada característica e cada amostra o resultado na tabela abaixo. Proceder, avaliando primeiro a aparência e cor. Através de degustação, avaliar sabor, textura, sabor residual e aceitação global. Tome água entre uma amostra e outra.

	AMOSTRA 312	AMOSTRA 627	AMOSTRA 204
Aparência			
Cor			
Sabor			
Textura			
Sabor residual			
Aceitação global			

OS: Você compraria um desses produtos? Qual?

Comentários:

.....

ANEXO II – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Participante n.º

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Suco de uva na elaboração de fermento natural para uso em pão sem glúten: avaliação da aplicação e do possível incremento da capacidade antioxidante

Prezado(a) Senhor(a):

Representamos um grupo de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) que está realizando um estudo sobre a elaboração de pães sem glúten com uso de fermento natural a base de sorgo e suco de uva.

O objetivo da pesquisa é avaliar a influência da farinha de sorgo e do suco de uva nas características antioxidantes de pães e caracterizá-los através das características físico-químicas, tecnológicas e sensoriais.

Antes da assinatura do TCLE, solicitamos o preenchimento da FICHA DE SELEÇÃO DE PROVADOR, em local reservado (cabines de análise sensorial), que verifica a existência ou não de alergia associada ao consumo dos ingredientes da formulação. A existência de alergias associadas, o impossibilitará de realizar os testes sensoriais do produto em questão. O provador que declarar não possuir alergias associadas aos ingredientes da formulação poderá seguir com o preenchimento do TCLE. O preenchimento desta ficha de seleção levará em torno de 5 minutos.

O participante pode **desistir** de provar as amostras em qualquer uma das etapas **sem sofrer qualquer prejuízo**. Conforme resolução 466/12, “Considera-se que toda pesquisa envolvendo seres humanos envolve riscos, sendo estes de graduação variada”. Neste caso, trata-se da ingestão de alimentos manipulados com todas as normas de boas práticas de fabricação o que reduz os riscos de possível ingestão de produtos não adequados. Existe risco de reações alérgicas, no caso do provador ter alergia a algum dos componentes da formulação. Também pode-se citar

o risco do constrangimento do participante ao se expor durante a realização dos testes sensoriais, por desgostar de algum ingrediente da formulação. Neste caso, o participante pode desistir de provar as amostras em qualquer uma das etapas sem sofrer qualquer prejuízo. Caso haja qualquer reação alérgica ao consumo dos pães, o participante receberá auxílio financeiro dos pesquisadores para suprir eventuais despesas oriundas do atendimento decorrente dessa reação.

Os benefícios gerados pela pesquisa incluem a possibilidade de disponibilização de um produto funcional e seguro, com características sensoriais e antioxidantes diferenciadas e que possui uma enorme demanda atualmente no mercado de panificação.

Pretende-se realizar análise sensorial dos pães. Os testes de aceitação serão realizados no Laboratório de Análise Sensorial do ICTA. Os provadores receberam 3 amostras codificadas (servidos em copos plásticos brancos com diferentes codificações de 3 dígitos) referentes aos diferentes processamento, 1 copo de água para ser consumido entre as amostras e uma ficha para avaliar as amostras quanto a aceitação dos atributos aparência, cor, sabor, sabor residual, textura e a aceitação global, utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos, onde 1 corresponde a “desgostei muitíssimo”, 5 “nem gostei nem desgostei” e 9 a “gostei muitíssimo”.

O valor calórico médio dos pães é 150 Kcal/100g. O participante **não terá custos** com a realização do teste, e **não será concedido qualquer tipo de benefício financeiro** pela participação. A avaliação deste estudo será mantida em **sigilo**. O nome do participante não será divulgado e nem passado a outros estudos.

Em caso de qualquer dúvida, o senhor (a) poderá entrar em contato com o pesquisador responsável ou com o Comitê de Ética em Pesquisa do UFRGS. Abaixo seguem os dados:

1. Pesquisador responsável: Roberta Cruz Silveira Thys

Dados contato:

E-mail: roberta.thys@ufrgs.br

Telefone: 3308-7789

Dias para contato: Terças a quintas, pela manhã (8 às 12:00 horas).-
Durante o período de pandemia o contato com o pesquisador deverá ser apenas por e-mail.

- 2. Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS - CEP/UFRGS:** O comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS avalia aspectos éticos das pesquisas envolvendo seres humanos realizadas na instituição.

Dados contato:

Endereço: Avenida Paulo Gama, 110, sala 311, Prédio Anexo I da Reitoria, Campus Centro, Porto Alegre/RS,

Telefone: 51 3308 3738,

e-mail: ética@propeq.ufgrs.br, nos horários de segunda a sexta, das 08:00 às 12:00 e das 13:00 às 17:00h.

Observação: durante o período de pandemia, o contato com o CEP deverá ser apenas por e-mail.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2021.

Eu, _____ recebi as orientações necessárias para entender o presente estudo, e desejo participar da pesquisa.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador

Observações:

- A assinatura desse termo não exclui possibilidade do participante buscar indenização diante de eventuais danos decorrentes de sua participação na pesquisa, como preconiza a Resolução 466/12.

- O presente documento, baseado no item IV das Diretrizes e Normas Regulamentadoras para a Pesquisa em Saúde, do Conselho Nacional de Saúde (Resolução 196/96), será assinado em duas vias, de igual teor, ficando uma via em poder do participante e a outra com o pesquisador responsável.