

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

DANIELE BACH

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO PÃO PREPARADO COM
FARINHA DE TRIGO BRANCA ADICIONADA DE FARINHA E PURÊ DE BATATA
DOCE UTILIZANDO DOIS MÉTODOS FERMENTATIVOS**

PONTA GROSSA

2021

DANIELE BACH

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO PÃO PREPARADO COM
FARINHA DE TRIGO BRANCA ADICIONADA DE FARINHA E PURÊ DE BATATA
DOCE UTILIZANDO DOIS MÉTODOS FERMENTATIVOS**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate

PONTA GROSSA

2021

Bach, Daniele
B117 Desenvolvimento e caracterização do pão preparado com farinha de trigo
branca adicionada de farinha e purê de batata doce utilizando dois métodos
fermentativos / Daniele Bach. Ponta Grossa, 2021.

81 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Área de
Concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de
Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate.

1. Digestibilidade. 2. Sourdough. 3. Leveduras. 4. Bactérias lácticas. 5.
Ácidos orgânicos. I. Demiate, Ivo Mottin. II. Universidade Estadual de Ponta
Grossa. Ciências e Tecnologia de Alimentos. III.T.

CDD: 664.2

TERMO DE APROVAÇÃO

DANIELE BACH

“Desenvolvimento e caracterização do pão preparado com farinha de trigo branca adicionada de farinha e purê de batata doce utilizando dois métodos fermentativos”

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre(a) no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Ivo Mottin Depiate - UEPG-PR



Prof. Dr. Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho - UP-PR



Prof. Dr. Renata Diniz Santos Salemi - UEPG-PR

Ponta Grossa, 29 de novembro de 2021.

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar, por me guiar e me iluminar sempre.

Aos meus pais, por sempre estarem ao meu lado, por me incentivarem desde pequena a buscar conhecimento, a sempre querer aprender mais, pelo apoio incondicional. A toda minha família, pelo carinho e incentivo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate, pela oportunidade, por todo aprendizado, incentivo, ajuda e apoio durante o trabalho, foi fundamental para minha formação.

Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo Lacerda, sempre solícito, obrigada pelo apoio.

À professora Dra. Aline Alberti, pelo auxílio na análise de HPLC e a professora Dra. Marina Tolentino Marinho, pelo auxílio na análise de textura.

Aos professores Dr. Alessandro Nogueira e Dra. Renata Dinnies Santos Salem, pelas valiosas sugestões e correções com a escrita científica.

À Denise Mendes, sempre disposta a ajudar nas atividades de laboratório.

Aos meus colegas de mestrado, Taynara, Mateus, Cássia, Natália, Raíssa e Lorena; as minhas colegas de laboratório, Marina e Daniela. Obrigada pelo apoio nas análises, nos estudos e nos cafés!

Ao Bernardo da Tempo Padaria, pela disponibilidade e paciência em me acolher no seu estabelecimento e compartilhar conhecimento.

À CAPES e a UEPG, pela oportunidade e estrutura fornecida.

À todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

RESUMO

O pão, um alimento básico, de fácil acesso e muito consumido, tem potencial para se tornar cada vez mais funcional e nutritivo. A batata doce, rica nutricionalmente, de fácil manejo e cultivo, tem recebido atenção em diversos estudos como matéria prima para a indústria. O processo de fermentação natural em produtos panificados, além da funcionalidade tecnológica, contribui para o aroma do pão, textura, sabor, características funcionais e maior vida de prateleira. Desta forma, este trabalho teve como objetivo desenvolver e caracterizar pão elaborado com base de farinha branca, adicionada de farinha e purê de batata doce. Foram desenvolvidas formulações, realizadas análises físico químicas e físicas dos produtos finais. Foi possível verificar que os pães com fermento natural apresentaram maiores valores de umidade 39,59-42,17%, comprado ao pão de fermentação biológica que apresentou valores de 35,07-37,73%; os outros componentes centesimais, demonstraram diferenças nas amostras com farinha de batata doce e purê em relação ao controle. Os pães elaborados com purê e farinha de batata doce apresentaram valores de fibras alimentares maiores que os controles, em torno de 7-10%. Verificou-se que os pães com farinha de batata doce possuem uma proporção inversa de glicose e maltose maior que os demais, FFBD 0,088% de glicose e 1,9% de maltose e FNFB, 0,016% de glicose e 2,1% de maltose. Com relação a fermentação, os produtos com *sourdough* apresentaram uma maior acidez, com presença de ácido láctico 1,22-1,36% (m/m) e um maior tempo de vida de prateleira. Os volumes entre as amostras diferiram, sendo que os que apresentaram melhor volume foram os controles, FFTB 1608,01 mL e o FNFT, 1299,22 mL, como também maior luminosidade 51,73 e 56,32 respectivamente. Na digestibilidade, os pães com fermentação natural apresentaram um conteúdo de amido resistente em torno de 2-3%, sendo este último valor referente ao pão com farinha de batata doce e os pães com fermento biológico não apresentaram valores referentes ao amido resistente. Todas as amostras demonstraram potencial e em geral, características próximas ao pão tradicional.

PALAVRAS CHAVE: digestibilidade, leveduras, bactérias lácticas, *sourdough*, ácidos orgânicos

ABSTRACT

Bread, a basic, easily accessible and widely consumed food, has the potential to become increasingly functional and nutritious. The sweet potato, nutritionally rich, easy to handle and cultivate, has received attention in several studies as raw material for the industry. The natural fermentation process in baked goods, besides technological functionality, is responsible for the aroma, texture, flavor, functional characteristics and longer shelf life of bread. Thus, this work aimed to develop and characterize bread made with white flour base, added to flour and sweet potato puree. Formulations were developed and physical- chemical and physical analyses of the final products were performed. It was possible to verify that the breads with natural yeast presented higher values of moisture 39.59- 42.17%, compared to the bread with biological fermentation that presented values of 35.07-37.73%; the other centesimal components showed differences in the samples with sweet potato flour and puree in relation to the control. The breads made with mashed sweet potatoes and sweet potato flour showed higher dietary fiber values than the controls, around 7-10%. It was verified that the breads with sweet potato flour have an inverse proportion of glucose and maltose higher than the others, FFBD 0.088% glucose and 1.900% maltose and FNFB, 0.016% glucose and 2.1% maltose. The volumes among the samples differed, with the controls, FFTB 1608.01 mL and FNFT, 1299.22 mL, showing the highest volume, as well as higher brightness 51.73 and 56.32 respectively. In digestibility, the breads with natural fermentation showed resistant starch contents around 2-3%, the latter value referring to the bread with sweet potato flour and the breads with biological fermentation did not show values referring to resistant starch. All samples showed potential and, in general, characteristics close to those of traditional bread.

KEYWORDS: digestibility, yeast, lactic bacteria, sourdough, organic acids.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da digestibilidade do amido no sistema gastrointestinal.....	39
Figura 2 – Diagrama de cor L* a* b* C* H°.....	41
Figura 3 - Batata doce utilizada no processo.....	43
Figura 4– Farinha de batata doce.....	43
Figura 5– Purê de batata doce.....	44
Figura 6 – Primeiro dia - Fermento Natural.....	45
Figura 7 – Sexto dia – Fermento Natural.....	45
Figura 8 - Atividade de água dos pães.....	61
Figura 9 - Volumes dos pães.....	63
Figura 10 – Pães de fermentação biológica/ coloração da crosta.....	66
Figura 11- Pães de fermentação natural/ coloração da crosta.....	66
Figura 12 – Pães de fermentação biológica/ coloração do miolo.....	67
Figura 13 - Pães de fermentação natural/ coloração do miolo.....	67
Figura 14 - Firmeza do miolo.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valor Nutricional da Batata Doce Crua.....	33
Tabela 2- Relação dos ingredientes utilizados no preparo dos pães com fermento biológico, farinha de trigo, purê e farinha de batata doce.....	47
Tabela 3- Relação dos ingredientes utilizados no preparo dos pães com fermento natural, farinha de trigo, purê e farinha de batata doce.....	48
Tabela 4- Composição centesimal das formulações de pães.....	55
Tabela 5 – Determinação quantitativa dos açúcar.....	58
Tabela 6 – Valores de pH e ATT.....	59
Tabela 7 – Valores de ácido acético e ácido lático.....	60
Tabela 8 - Atividade de água.....	61
Tabela 9 - Volume dos pães.....	62
Tabela 10 – Cor Instrumental do purê e farinha de batata doce.....	64
Tabela 11 – Resultados das análises de cor do miolo dos pães.....	65
Tabela 12 – Resultados das análises de cor da crosta dos pães.....	66
Tabela 13 - Textura dos pães.....	67
Tabela 14 - Digestibilidade <i>in vitro</i> do amido no pão.....	69

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Reação química da fermentação alcoólica	24
Equação 2 - Volume do pão	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABB – Bactérias Acético Ácidas

ATT – Acidez Total Titulável

Aw – Atividade d' Água

CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

CSL – Esteroil- 2- Lactil Lactato de Cálcio

DATEM – Diacetil Tartarato de Monoglicerídeo

EPSs – Exopolissacarídeos

IG- Índice Glicêmico

LAB – Bactérias Ácido Lácticas

PEBD- Polietileno de Baixa Densidade

PVC – Policloreto de Vinila

RAE - Equivalente da Atividade de Retinol

RDS – Amido de Rápida Digestão

RS – Amido Resistente

SDS- Amido de Lenta Digestão

SSL – Esteroil-2-Lactil Lactato de Sódio

Vc – Volume Conhecido

VI- Volume do Pão

Vr – Volume de Sementes

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 REVISAO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 PÃO.....	15
3.1.1 História do Pão	16
3.1.2 Farinha de Trigo.....	18
3.1.3 Água	20
3.1.4 Sal.....	21
3.1.5 Melhorador.....	21
3.1.6 Glúten Vital	22
3.1.7 Gordura.....	23
3.1.8 Fermento Biológico	23
3.1.9 Fermento Natural	24
3.1.10 Pão de Fermentação Natural.....	29
3.1.11 Benefícios do uso do <i>Sourdough</i>	30
3.2 BATATA DOCE	32
3.2.1 Farinha de Batata Doce	35
3.2.2 Purê de Batata Doce.....	36
3.3 DIGESTIBILIDADE DO PÃO	37
3.4 CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE)	39
3.5 ANÁLISE DE COR E ANÁLISE DE TEXTURA.....	40
4 MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1 MATERIAIS	42
4.2 MÉTODOS.....	42
4.2.1 Obtenção da farinha de batata doce.....	42
4.2.2 Obtenção do purê de batata doce.....	44
4.2.3 Preparação do Fermento natural	44
4.2.4 Elaboração dos pães	46

4.2.5 Composição centesimal.....	50
4.2.6 Análise de amido total.....	50
4.2.7 Determinação de açúcares	51
4.2.8 Determinação de ácidos orgânicos.....	52
4.2.9 Análise de pH e Acidez Total Titulável.....	52
4.2.10 Volume dos pães	52
4.2.11 Análise de Textura	53
4.2.12 Atividade de água	53
4.2.13 Cor Instrumental	53
4.2.14 Digestibilidade <i>in vitro</i>	54
4.2.15 Análise estatística	54
5 RESULTADOS E DISCUSSAO	55
5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL	55
5.2 ANÁLISE DE AÇÚCARES	58
5.3 ACIDEZ TITULÁVEL (ATT) E Ph.....	59
5.4 ÁCIDOS ORGÂNICOS	60
5.5 ATIVIDADE DE ÁGUA (AW).....	61
5.6 VOLUME DOS PÃES	62
5.7 COR INSTRUMENTAL	63
5.8 TEXTURA	67
5.9 DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i>	68
6 CONCLUSAO	70
REFERÊNCIAS.....	72

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a saúde tem exercido um papel importante na escolha do alimento pelos consumidores. O perfil de consumo de grande parte da população está em alimentos saudáveis, que tragam benefícios para a saúde.

O pão, ao longo da história, tem se tornado um alimento popular em todo mundo, considerado um dos alimentos processados mais antigos que se tem notícia. É um alimento básico, preparado a partir de farinha e água. Seu destaque na alimentação humana pode ser atribuído às suas características sensoriais, facilidade no preparo e armazenamento, bem como seu preço mais acessível quando comparado a outros alimentos.

Existe uma grande variedade de pães do ponto de vista nutricional, devido à diversidade de ingredientes, como farinhas, grãos, e diferentes métodos de preparo. A utilização crescente de vários tipos de farinhas e ingredientes, como por exemplo a batata doce, está se tornando cada vez mais popular. Levando-se em conta a disponibilidade dos insumos por região, sua funcionalidade e composição, bem como o emprego de processos diferenciados para produção dos produtos, a variedade de produtos panificados apresenta-se a cada dia, muito diversificada.

O processo de fermentação natural, uma etapa importante na panificação, além da sua funcionalidade tecnológica para o produto, tem sido analisada por exercer algum impacto no conteúdo final de fibras, na complexidade de carboidratos e proteínas. Estudos indicam que esse processo em produtos de centeio, aveia, farinha de trigo integral, melhora as propriedades nutricionais, como aumento dos níveis ou biodisponibilidade de compostos bioativos, além de retardar a digestibilidade do amido, apresentando vantagens quanto ao sabor, altamente apreciado pela população.

A batata doce, considerada uma cultura milenar, importante economicamente em muitos países, de boa capacidade de adaptação em diferentes tipos e condições de solo, não necessita de grandes investimentos e cuidados na sua plantação. De variadas características sensoriais, quanto a cor, sabor e textura, esta cultura possui um significativo valor nutricional, possuindo baixo teor de gordura, alto teor de fibra alimentar e uma diversidade em termos de micronutrientes e compostos bioativos.

Devido a características econômicas, nutricionais e pela versatilidade de preparo, a batata doce pode ser utilizada como ingrediente para a panificação e confeitaria. Em forma de farinha ou purê, possui características químicas importantes, que ao se misturarem com a farinha de trigo, provocam alterações positivas na qualidade do produto final, cada vez mais apreciadas pelos consumidores.

Nesse sentido, com o objetivo de aproveitar essa matéria prima abundante e tão rica nutricionalmente; melhorar aspectos nutricionais e de qualidade do pão, associando-se ao processo de fermentação natural, que por sua vez também apresenta vantagens neste sentido, justifica-se o estudo da substituição parcial da farinha de trigo com a farinha e o purê de batata doce com diferentes tipos de fermentação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e caracterizar pães com o fermento biológico e o *sourdough* (fermento natural), com base de farinha de trigo branca adicionada de farinha de batata doce e de purê de batata doce.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Processar a farinha de batata doce e o purê de batata doce;
- Desenvolver o fermento natural, a partir de farinha de trigo e água;
- Avaliar a substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de batata doce e pelo purê de batata doce, utilizando fermento natural e fermento biológico e a fim de definir um protocolo tecnológico;
- Analisar a composição centesimal (umidade, cinzas, proteína, lipídeos, fibra alimentar e carboidratos) e características tecnológicas (teor de amido, ácidos orgânicos, digestibilidade, cor, pH, acidez total titulável, volume e textura) dos pães com dois tipos de fermentação, comparando com o controle de farinha branca.

3 REVISAO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PÃO

Considerado como um alimento base da população mundial, desde a antiguidade, o pão se obtém tradicionalmente a partir de farinha de trigo, água, sal e fermento e o processo básico envolve a mistura de ingredientes, fermentação, sova, modelagem e cozimento, sendo que, a princípio nos tempos antigos, se não fosse adicionado qualquer um destes ingredientes, não seria considerado pão. De diferentes sabores, texturas, tamanhos e formas, o consumo do pão, muito intenso em países desenvolvidos, está em crescimento também nos países em desenvolvimento, devido ao crescimento populacional (CANELLA-RAWLS, 2005; CHIEN et al., 2016).

Segundo a Resolução nº 263 de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), os pães são os produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquidos, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Considera-se pão de farinhas compostas ou misto, quando se mistura a farinha de trigo com uma ou mais farinhas.

O consumo mundial de pães excede nove bilhões de quilogramas por ano atualmente, sendo o pão branco o mais consumido. O setor da panificação atingiu um faturamento em torno de 85 bilhões de reais no Brasil, mantendo esse segmento entre os seis maiores dentro das indústrias. O consumo *per capita* de pão no Brasil é de 34 quilogramas por ano, bem abaixo do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que é de 60 quilogramas (GHODKI et al., 2019; ABIP, 2021).

Diversas são as características sensoriais e reológicas do pão. O miolo, a crosta e o volume, são diretamente influenciados pelas características físico-químicas da farinha bem como pelas propriedades reológicas da massa, e os ingredientes utilizados no processo de preparação, exercem funções específicas para sua formação (ESTELLER LANNES, 2005; PÉREZ et al., 2017)

Nos dias de hoje, os cereais e tuberosas não comumente destinados à fabricação de pães estão sendo cada vez mais utilizados para esse fim, devido a sua valiosa composição química (FRAS et al., 2018).

As farinhas misturadas estão se popularizando cada vez devido aos benefícios nutricionais e econômicos. Economicamente falando, usar a mistura de farinhas utilizando matérias primas disponíveis regionalmente, pode reduzir o consumo de trigo e conseqüentemente sua importação em países e regiões onde não há produção autossuficiente; e nutricionalmente por apresentar vários benefícios aos consumidores devida a sua composição abundante em nutrientes (FELLI et al., 2018).

Além de aspectos econômicos e nutricionais, outras farinhas bem como outros ingredientes podem ser adicionados para melhorar aspectos tecnológicos da massa, como maciez, volume, estabilidade ou até aumentar a vida de prateleira (FRAS et al., 2018; GHODKI et al., 2019).

3.1.1 História do Pão

O grande marco na vida do homem primitivo nômade para que se estabelecesse em alguma localidade, foi o domínio das técnicas de manejo e cultivo de cereais. No Oriente Médio, foram encontrados os vestígios mais antigos de agricultura de espécies ancestrais de trigo e cevada, datados de 9000 a.C. Os ancestrais alimentavam-se de cereais selvagens, colhidos na natureza e processados de maneira rudimentar (GOBETTI et al., 2018; VIANNA, 2018).

O pão, como tantos outros produtos, foi descoberto ao acaso, sendo a arte da panificação considerada uma das mais antigas da história. Registros históricos da produção de pão e seu consumo datam no período neolítico, cerca de oito mil anos atrás (RIZZON et al., 2017; GOBETTI et al., 2018).

Segundo Rizzon et al. (2017), na antiguidade, o pão era produzido nos vales dos rios Tigre e Eufrates, na antiga Mesopotâmia, com formato oval e achatado, feito com sementes trituradas de maneira rústica, como por exemplo o trigo, cevada e aveia. A estes cereais, era adicionada água formando uma espécie de massa, deixado ao sol até o aparecimento de bolhas e então era “assado” entre pedras aquecidas. Essas bolhas, que nada mais eram que o gás carbônico liberado pela levedura como produto final da metabolização do açúcar existente na farinha, ainda não era um processo conhecido e compreendido por esta civilização. Quando a mistura deixada ao sol não ficava tempo

suficiente para a finalização deste processo de fermentação, obtinha-se uma massa não levedada, chamada de “pão ázimo” ou “*flatbreads*”, que era um pão mais duro. Esse pão, ainda hoje é produzido e consumido em todo o mundo, principalmente na região de origem, onde hoje se localiza o Iraque.

Considerado como a pátria da massa azeda, foi no Egito que o processo de preparo dos pães se desenvolveu. A partir da escolha de melhores farinhas de trigo, adotaram peneiras e moinhos e começaram a usar fornos de alta temperatura para panificação. Os antigos gregos adotaram o uso da massa de farinha por volta de 800 a.C. Os romanos vieram na sequência do aprendizado desse processo de cozimento de cereais, e acabaram por contribuir muito para a evolução da panificação. Com eles, foram introduzidos os primeiros regulamentos sobre a fabricação de pães e sua distribuição, e os pistoros, hoje conhecidos como padeiros, criaram a primeira corporação chamada de “*Collegium pistorum*” (VITI, 2001; GOBETTI et al., 2018; PAPADIMITRIOU et al., 2019). O princípio de que a fermentação poderia acontecer, misturando água e farinha e, deixando sob céu aberto para que houvesse o processo de crescimento dos pães, foi explorado até o século XX, quando os padeiros adicionaram alguma espécie de fermento para acelerar a capacidade de fermentação (CANELLA-RAWLS, 2005; VIANNA, 2018). No século XX houve um grande aumento na produção de pães, bem como uma melhoria na qualidade, pela substituição dos fornos a lenha e tijolo, por fornos a gás. Com o tempo, as unidades automatizadas tomaram espaço e a produção aumentou sensivelmente (CANELLA-RAWLS, 2005).

O pão é considerado um elemento central da história da humanidade. Está presente em acontecimentos bíblicos, tradições medievais, punições descritas na história, como a expressão “pão e água”, representações na história da arte, política e símbolo econômico. É um dos alimentos mais consumidos mundialmente, e está dentro da lista do patrimônio imaterial da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) (GOBETTI et al., 2018).

3.1.2 Farinha de Trigo

O trigo (*Triticum aestivum*), está dentro da classe das três principais culturas de cereais do mundo, juntamente com arroz e milho. Contribui devido à grande quantidade de amido, com até 50% da ingestão calórica no mundo ocidental e até 90% nos países em desenvolvimento (WANG et al., 2017; VALKOVÁ et al., 2019).

Trata-se de uma espécie alohexaploide complexa ($2n=6X=42$, AABBDD), resultado da hibridação entre o trigo tetraploide *T. turgidum* L. ($2n=4X=28$, AABB) e a espécie diplóide *Aegilops tauschii* (= *Ae. squarrosa*, *T. tauschii*, $2n=2X=14$, DD), devido a sua conformação de 42 cromossomos em seis conjuntos de três espécies diferentes. Seu produto resultante da moagem, a farinha de trigo, apresenta propriedades únicas, podendo ser utilizada para produzir vários produtos alimentícios, como pães, bolos e massas. Essas propriedades características, são principalmente devidas às proteínas existentes, a glutenina, que consiste em um grupo heterogêneo de proteínas poliméricas e a gliadina constituída de cadeias polipeptídicas simples (monoméricas) (WANG et al., 2017).

Segundo a Instrução Normativa nº 8 de 2 de junho de 2005 (BRASIL, 2005), a farinha de trigo é um produto elaborado com grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) ou outras espécies de trigo do gênero *Triticum*, ou combinações por meio de trituração ou moagem em outras tecnologias ou processos. A composição e qualidade da farinha de trigo varia entre regiões. Segundo esta mesma legislação brasileira, a farinha de trigo não deve possuir uma umidade superior a 15%.

De acordo com a FAO (2021), a produção mundial de trigo em 2019 foi de aproximadamente 800 milhões de toneladas, sendo a Ásia a região de maior produção, com 44%, seguido da Europa 34,8%, Américas 15,3% e África e Oceania juntos, com a produção de 6%. A China é o maior produtor com 134 milhões de toneladas, seguido da Índia, Rússia e Estados Unidos. No Brasil, a produção fica em torno de 5,6 milhões de toneladas, permanecendo no 16º lugar no *ranking* dos maiores produtores (BRASIL, 2021).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Trigo (ABITRIGO, 2021), o consumo do cereal no Brasil se manteve em 12 milhões de toneladas em 2019. Para

suprir a demanda, o país importa trigo principalmente da Argentina, Estados Unidos e Paraguai (pois grãos utilizados para substituir a farinha são deficientes em glúten, possuindo propriedades viscoelásticas fracas, resultando em um pão menor e pouca estrutura) (DUBE, 2020; BRASIL, 2021).

Com relação à farinha destinada a produção de pães, o consumo médio/mês no Brasil passou de 634,18 toneladas em 2018, para uma média mensal de 658,79 toneladas em 2019 (ABIP, 2021).

O amido, polissacarídeo mais abundante nas plantas e cereais, destaca-se como sendo a fonte de carboidrato mais importante na dieta humana. Localizado nos tecidos das plantas, a sua estrutura é formada por uma mistura de dois polissacarídeos, amilose e amilopectina. A amilose, formada por uma cadeia linear, possui ligações glicosídicas α 1-4, estrutura helicoidal, α hélice, cujo grau de polimerização se encontra entre 5×10^2 e 6×10^3 unidades de glicose. A amilopectina, possui estrutura ramificada e longa, ligações glicosídicas α 1-6, estrutura esférica e grau de polimerização na faixa de 3×10^5 e 3×10^6 unidades de glicose (GOESAERT et al., 2005; CHANG et al., 2021).

Contém camadas amorfas contendo amilose, alternando com camadas mais densas, cristalinas; o grânulo de amido possui uma estrutura cristalina em torno de 20-40% (GOESAERT et al., 2005; VALKOVÁ et al., 2019).

Quando o amido é aquecido em água, ocorre a ruptura das pontes de hidrogênio, resultando na destruição do grão, sendo que as zonas cristalinas se transformam em amorfas desordenadas, tornando o amido transparente, processo este conhecido como gelatinização. Quando este material viscoso é resfriado, ocorre a retrogradação, quando as moléculas amorfas passam para um estado mais organizado, com maior cristalinidade (CHANG et al., 2021).

Dentre as propriedades da farinha de trigo, a que mais se destaca é a capacidade de formar uma massa visco elástica, devido à presença de proteínas. Essas proteínas, glutenina e gliadina, quando hidratadas e mediante a uma ação mecânica, formam pontes de ligação entre elas, de sustentação, denominada de glúten. A glutenina confere características de coesividade e elasticidade à massa, já a gliadina proporciona extensibilidade e viscosidade. A glutenina e a gliadina representam um total de 80% de proteínas do trigo, sendo os 20% resultantes albumina e globulina e outras proteínas que

não possuem capacidade de formação da rede de glúten (OOMS et al., 2019).

O processo para a obtenção da farinha de trigo passa pela moagem do grão, obtido o endosperma amiláceo e, durante este processo, aproximadamente 8% do amido é danificado fisicamente, o que resulta em uma modificação na estrutura e como consequência um aumento na capacidade de absorção de água e maior propensão à hidrólise enzimática (WANG et al., 2017; CAPELLI et al., 2020).

A farinha de trigo branca ou refinada é a mais utilizada na preparação de pães, encontrando uma quantidade em torno de 26% de amilose e 74% de amilopectina, os quais contribuem para o processo de endurecimento do miolo, contribuindo para o envelhecimento do pão. A farinha branca corresponde a 75% p/p do grão original, aumentando para 85% o rendimento à medida que são retirados o gérmen e farelo (PÉREZ et al., 2017; PARENTI et al., 2019).

3.1.3 Água

A água, ingrediente indispensável para o preparo dos pães, ao ser adicionada à farinha de trigo, participa ativamente do processo de formação do glúten, pois ao hidratar as proteínas presentes naturalmente na farinha, formam uma rede característica, que se torna determinante nas propriedades reológicas da massa (CHEN et al., 2018).

A água interage com o amido para criar estruturas ao mesmo tempo leves e fortes, favorece a atividade enzimática como também age como vapor durante o aquecimento, controla a consistência e temperatura da massa no processo de agitação mecânica, distribui os ingredientes e colabora na maciez do produto final. O fermento para se desenvolver, reproduzir, multiplicar e formar os subprodutos para o crescimento do pão também precisa da água (RIZZON et al., 2017).

A quantidade de água adicionada ao fazer um pão atinge, geralmente, em torno de 60% da farinha, o que também dependerá da qualidade da farinha de trigo utilizada e ingredientes adicionados (SUGIURA et al., 2017).

3.1.4 Sal

O sal, ingrediente indispensável na panificação, tem sido usado em quantidades em torno de 18-22 g/kg para o preparo dos pães, colocando desta forma o produto no *ranking* dos principais alimentos que contribuem para a ingestão de sal, correspondendo a 25% do total ingerido pela população (PASQUALONE et al., 2019).

Além da sua função de contribuir com o sabor, também exerce funções tecnológicas durante o preparo dos pães. O cloreto de sódio aumenta a resistência à mistura da massa, contribui para a fixação da água no glúten, diminui a viscosidade durante todo o processamento, ajuda a controlar a expansão da massa, inibe o crescimento da levedura, estabilizando a fermentação, atua sobre a textura do pão, contribuindo para a maciez, retardando o endurecimento e também devido as suas características higroscópicas, atua como agente de conservação. O excesso de sal adicionado a massa, poderá resultar em pães de baixo volume, pouca ou nenhuma abertura de pestana e crosta escura. A quantidade ideal para adição de sal na massa se situa em torno de 2%, podendo variar pela presença ou não de outros ingredientes. (CHEN et al., 2018; REIBNER et al., 2019).

3.1.5 Melhorador

Segundo a Portaria nº 540 de 27 de outubro de 1997 (BRASIL, 1997), aditivo alimentar se define como qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. Coadjuvante de Tecnologia de Fabricação se considera toda substância que não se consome por si só como ingrediente alimentar e que se emprega intencionalmente na elaboração de matérias-primas, alimentos ou seus ingredientes, para obter uma finalidade tecnológica durante o tratamento ou fabricação. Deverá ser eliminada do alimento ou inativada, podendo admitir-se no produto final a presença de traços de substância, ou seus derivados.

Os agentes oxidantes atuam como um fortalecedor da rede de glúten, através das ligações dissulfeto que ao se formarem atuam diretamente na reologia da massa, oferecendo um aumento a resistência a extensão, diminuindo desta forma a extensibilidade. Com a rede de glúten mais robusta, a capacidade de retenção dos gases produzidos pela fermentação é aumentada, proporcionando pães mais volumosos. Outra característica importante é que estes agentes atuam no “*oven-rise*”, ou salto de forno, que corresponde ao volume do pão ao entrar em contato com o calor do forno, aumentando este processo. Os mais utilizados são o ácido ascórbico, quem vem sendo bastante utilizado em substituição ao bromato de potássio, que em 2001 teve sua utilização proibida no Brasil e a azodicarbonamida (GRAY et al., 2003; BRASIL, 1999; BRASIL, 1997).

Os emulsificantes, por sua vez, possuem como finalidade de reduzir a tensão interfacial das fases que não se misturam durante o processo, atuam também no envelhecimento do pão, retardando este processo, melhora a aptidão ao trabalho da massa, aumenta o tempo de fermentação, colabora com melhor textura para o miolo. Os mais utilizados são o polisorbato, o diacetil tartarato de monoglicerídeos (DATEM), estearoil-2-lactil lactato de sódio (SSL) e o estearoil-2-lactil lactato de cálcio (CSL) (BRASIL, 1999; BRASIL, 1997).

3.1.6 Glúten Vital

Característico de alguns cereais, principalmente no trigo, o glúten caracteriza-se como uma proteína essencial ao desenvolvimento do pão, pois cria uma estrutura resistente, como uma rede, capaz de fornecer características típicas na panificação (DIEWKSZ et al., 2021)

A glutenina e a gliadina representam um total de 80% de proteínas, sendo os 20% resultantes, albumina e globulina e outras proteínas que não possuem capacidade de formação da rede de glúten (GHODKI et al., 2019).

A glutenina, com peso molecular médio e várias cadeias ligadas, possui perfil elástico, não coesiva, ou seja, oferece a massa baixa extensibilidade e alta elasticidade. A gliadina por sua vez, também possui peso molecular médio, mas cadeias simples e ao

ser hidratada se torna gomosa, tornando-se responsável pela coesividade da massa, possuindo pouca resistência a extensão, conferindo assim característica de alta extensibilidade e baixa elasticidade na massa (FRASÍ et al., 2018; GHODKI et al., 2019).

O glúten forma-se através da hidratação das proteínas formadoras e ação mecânica, resultando em uma substância elástica, aderente e insolúvel em água, em forma de rede emaranhada, sendo responsável pela textura e volume final do produto através da sua capacidade de reter os gases formados no processo de fermentação e na liberação de vapor de água durante o forneamento. A expressão “força de uma farinha” está ligada então, a essas características, que quando bem formada, resulta em um pão de boa aceitação ao consumidor (OOMS et al., 2019).

3.1.7 Gordura

A gordura possui como principal função oferecer uma massa com maior maciez, miolo mais uniforme, possuindo então, um papel importante na panificação (CANELLA-RAWLS, 2005).

As gorduras atuam no envelhecimento do pão, pois o tornam mais macio, sobre o sabor, e também sobre o valor nutricional (AOKI, 2018).

A concentração média usada para o preparo de pães se encontra em torno de, 3%, sobre a farinha. Pães com quantidades superiores possuem pouco desenvolvimento do glúten, e com isso de pouco volume (EDUN et al., 2018).

3.1.8 Fermento Biológico

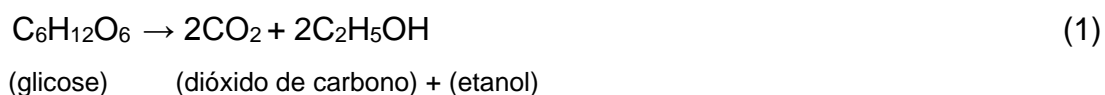
Segundo a Resolução nº 90, de 18 de outubro de 2000 da ANVISA, fermento biológico natural se define como aquele obtido a partir de uma auto seleção natural de cepas de leveduras e lactobacilos presentes na farinha de trigo, enquanto o fermento biológico comercial se trata de uma seleção de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* obtida a partir do processo industrial (BRASIL, 2000).

Louis Pasteur, em 1859, verificou que, ao adicionar farinha ao fermento, este produzia dióxido de carbono, descobrindo o funcionamento do fermento (CANELLA-

RAWLS, 2005).

O fermento biológico industrial, composto pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*, no processo fermentativo possui as funções de produzir gás carbônico à partir da metabolização de açúcares como glicose, frutose, sacarose e maltose, crescimento da massa, obtenção de compostos aromáticos característicos, alvéolos internos, podendo ser encontrado em forma de fermento fresco ou seco (granular).

A equação 1 demonstra a reação química da fermentação alcoólica, em que para cada mol de glicose, são produzidos dois mols de dióxido de carbono e dois mols de etanol.



3.1.9 Fermento Natural

O sourdough define-se como uma mistura de farinha de cereal e água, fermentada a um pH baixo, devido à ação metabólica simultânea de bactérias do ácido láctico (LAB) e leveduras. Algumas vezes, outros grupos de microrganismos, como as bactérias acético ácidas (AAB), podem estar presentes, adicionadas ou não como culturas iniciais (ARIAS et al, 2017; KERREBROECK, et al., 2018).

A massa fermentada, tradicionalmente, costumava ser amplamente utilizada, até a produção industrial do fermento para panificação no início do século XX. Este fermento está ocupando cada vez mais o seu espaço, uma vez que não foi deixado de usar em padarias industriais como acidificantes e saborizantes e como único agente fermentador em padarias artesanais tradicionais, particularmente na Europa (DE VUYST et al., 2017; KERREBROECK et al., 2018).

Segundo Papadimitriou et al. (2019) e Kerrebroeck et al. (2018), utilização do *sourdough* tem muitas vantagens em termos nutricionais (produtos sem glúten, produtos enriquecidos em nutrientes e produtos liberados de compostos antinutricionais), bem como do ponto de vista tecnológico (melhoria de textura, atraso na retrogradação e aumento da conservação). Do ponto de vista comercial, a crescente demanda dos

consumidores por produtos considerados saudáveis e artesanais, tornou-se uma das principais motivações para o aumento do uso deste tipo de fermento.

Kerrebroeck et al. (2018) citam que a principal atividade metabólica da LAB consiste na acidificação, enquanto as leveduras se responsabilizam pela fermentação alcoólica, e ambas, a atuam na formação de sabor. A produção de metabólitos menores pode afetar o aroma dos pães elaborados com esse fermento, em especial a acetoína/diacetil, álcool isoamílico, ésteres e 2-acetil-1pirrolina.

A classificação do fermento depende da sua produção e consistência. Há conhecimento de pelo menos quatro tipos de preparações, tipo I, II, III e IV; e o número de padarias que utilizam este processo vem aumentando (PAPADIMITRIOU et al., 2019; CARVALHO et al., 2017).

A seleção e desempenho da microbiota do fermento, na fase de adaptação microbiana, possui influência direta com os fatores ambientais e tecnológicos empregados (PAPADIMITRIOU et al., 2019).

Os fermentos do tipo I, produzidos pelo método tradicional de fermentação espontânea, podem ser preparados utilizando-se apenas farinha e água, como também outros ingredientes ricos em microrganismos (GOBETTI et al., 2018).

Com o objetivo selecionar os microrganismos de forma espontânea e de manter as bactérias lácticas e leveduras ativas, torna-se necessário realimentações diárias e contínuas, realizado entre cinco a dez vezes, dependendo dos microrganismos presentes e das características desejadas no produto final (CARVALHO et al., 2017).

A primeira massa do fermento contém uma grande variedade de microrganismos, referentes a microbiota da matéria prima utilizada, entre bactérias e fungos entéricos, formadores de esporos, que não são desejados no processo de panificação. Conforme o potencial redox da massa vai diminuindo, os microrganismos vão sendo auto selecionados e as bactérias lácticas e leveduras são favorecidas. Na próxima realimentação, com a diminuição do pH e conseqüentemente a fermentação do ácido láctico, há inibição dos microrganismos que são sensíveis a acidez e ao ácido orgânico produzido. Em seguida, as bactérias lácticas são selecionadas em três etapas, eliminando as espécies não desejadas e estabilizando o sistema. Uma vantagem da utilização de inóculo no preparo da primeira massa se deve a rápida estabilização da microbiota,

devido à presença inicial de nutrientes disponíveis e microrganismos probióticos. Depois de pronto o fermento, conhecido também como “esponja” ou “massa mãe” pode ser utilizado para a produção dos mais variados produtos panificados. O preparo e uso de *sourdough* do tipo I requer paciência, pois trata-se de um processo longo, mas seleciona os microrganismos nativos, o que o torna um ecossistema natural diferente, produzindo diferentes qualidades de pães. A massa do tipo I, pode ser usada continuamente, mantida por anos, sempre usando o lote anterior como inóculo (CORONA et al., 2016; PAPADIMITRIOU et al., 2019).

A microbiota do *sourdough* consiste em um crescimento de lactobacilos e leveduras, favorecido pela similaridade entre as respectivas condições, temperatura e pH, necessárias para o crescimento. Muito se tem estudado para identificar as diferenças entre a microbiota presente na farinha de trigo, centeio e vegetais, e as que estão presentes na massa fermentada. Verificou-se então, que devido a diversificação na produção, muitas espécies de LAB foram isoladas, sendo as mais frequentes *L. brevis*; *L. plantarum*, *L. sanfranciscensis*, e *Pediococcus pentosaceus* juntamente com *S. cerevisiae*. Além destes, *L. fermentum*, *L. rossiae*, *Ln. citreum*, *Ln. mesenteroides*, *W. cibaria*, *W. confuse* e *L. curvatus* também estão presentes em muitos fermentos investigados. Em contraste, *L. viridescens*, *L. farraginis*, *L. reuteri*, *L. acetotolerans*, *L. frumenti*, *L. hammessi*, *L. parabrevis*, *L. spicherum*, *L. pentosus*, *L. garviae* e *P. acidilactici* foram encontradas em alguns estudos, bem como as leveduras *S. bayanus* e *K. servazzii* (RIPARI et al., 2016; PAPADIMITRIOU et al., 2019).

Segundo Ripari et al. (2016) e Wang et al. (2017), a microbiota da fermentação se torna influenciada pelos parâmetros do processo, como temperatura e quantidade de água; fatores endógenos, como tipo e qualidade enzimática, microbiológica, nutricional e estrutural da farinha de cereal utilizada e pela interação entre LAB, as leveduras e a microbiota presente na farinha.

A concentração ideal de fermento utilizado como inóculo para realimentações na produção de fermento tipo I se encontra em torno de 10 a 40%. Com o aumento da concentração do inóculo, o pH diminui, resultando em uma seleção microbiana (as espécies que mantêm sua viabilidade celular no final da fermentação) (CODA et al., 2017; SLUKOVÁ et al., 2016).

Os fermentos do tipo II, são caracterizados por serem semifluidos (Carvalho et al., 2017). Conhecido como método industrial, a massa fermentada tipo II, é produzida em uma única etapa de fermentação, apenas com as bactérias lácticas (LAB) e a levedura, na proporção de 100:1 bactérias/levedura. Esse sistema inoculado inicialmente, acaba por inibir o crescimento da microbiota já existente na massa, pois foi adicionada em alta concentração, o que acidifica a massa mais rapidamente que o método tipo I, devendo ser utilizado LAB mais tolerantes a ácidos. Nesse tipo de processo, a temperatura utilizada é mais alta, acima de 30°C, com isso permitindo uma rápida e alta acidificação com alto poder de inibição de crescimento de leveduras naturais. Para essa situação, a levedura de padeiro pode ser adicionada no final do processo de fermentação. Após a produção, esta fermentação é estabilizada por resfriamento. Para desativar a cultura inicial e interromper a produção de dióxido de carbono e ácidos orgânicos, é adicionado cloreto de sódio. Durante o armazenamento, pode-se utilizar esse fermento de 1-3 dias, resultando em um pão de maior acidez do que o esperado, mas fornecendo sabor e aroma tradicional. Dentre as várias vantagens apresentadas nesse processo, pode-se citar o melhor controle sobre os parâmetros de fermentação (temperatura, pH, acidez) e maior facilidade na adição de nutrientes, resultando em melhor desempenho e controle sobre o metabolismo microbiano, reduzindo a contaminação por fungos durante a fermentação, melhor propriedade organoléptica sensorial e padronização dos produtos finais, através da seleção da cultura inicial e posterior indução da produção de metabólitos resultantes. É o processo que mais se aproxima para o uso industrial (PAPADIMITRIOU et al., 2019; RIPARI et al, 2016).

O fermento do tipo III, são caracterizados por serem massas secas, produzidas por desidratação da forma estabilizada da fermentação do tipo II (Carvalho et al., 2017). A seleção da cultura inicial é feita analisando a capacidade de acidificar rapidamente a mistura farinha-água ou também sua capacidade de produzir sabores específicos. Algumas empresas que comercializam fermento do tipo III não garantem a viabilidade da microbiota, portanto esse produto geralmente é utilizado para melhorar a textura e o aroma dos produtos finais, sendo necessária a adição de fermento para panificação. As técnicas de secagem mais utilizadas são a secagem em tambor e secagem com secador rotativo. Um nível mais alto de padronização das características sensoriais dos produtos

finais pode ser obtido usando a massa de fermento tipo III devido ao uso inicial da cultura de iniciação. Além disso, por ser desidratado, este produto tem um volume menor e pode ser mais facilmente manuseado, transportado e armazenado, quando comparado com as massas do tipo I e II. Junto com essas características, a maior durabilidade, explicam por que a massa fermentada do tipo III é bem utilizada pelas padarias industriais e supermercados. O ponto de observação neste processo é a seleção da cultura inicial, que deve ser resistente a secagem (PAPADIMITRIOU et al., 2019; RIPARI et al., 2016; LIU et al., 2016).

O sourdough do tipo IV é verificado em estudos de laboratório e padarias artesanais, e conhecido como fermento misto. A massa fermentada, com uma cultura inicial de apenas uma cepa comercial de levedura, e um iniciador de LAB é propagada por realimentação tradicional, pode ser influenciada pela dispersão e desvio de microrganismos. Se cepas mais competitivas ou mais bem adaptadas estiverem presentes na massa, isso levará o domínio nesta microbiota da massa. Desse modo, a seleção natural se dará entre espécies adequadas ao desenvolvimento no ecossistema, podendo a cultura inicial ser menos competitiva e com isso menos adaptável as condições ambientais dos ecossistemas do fermento (PAPADIMITRIOU et al., 2019; CORONA et al., 2016; LIU et al., 2016).

O *sourdough* foi originalmente desenvolvido para ser utilizado como um fermento natural na produção de trigo ou pão de centeio. Com o tempo, começou a ser aplicado a outros produtos de pão feitos com farinha de trigo integral. Mais recentemente, visando à melhoria da qualidade nutricional dos produtos obtidos por fermento, diversos estudos foram realizados, avaliando a possibilidade de enriquecer ou completar a substituição da farinha de trigo e centeio por outros grãos e farinhas (CURIEL et al., 2015; ARIAS et al., 2017).

Alguns exemplos de grãos adicionados à produção de fermento são os seguintes: quinoa (*Chenopodium quinoa*), semolinhas (*Triticum durum*), amaranto (*Amaranthus* sp.), trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*), sementes de chia (*Salvia hispanica* L.), e sementes germinadas. Outros tipos de farinha utilizadas na produção de fermento são os seguintes: farinha de cevada, centeio, farinha de sorgo, soro de leite misturado com farinhas de cevada e farinha de vegetais e de raízes e tubérculos (IGLESIAS-PUIG,

MONEDERO HAROS, 2015).

A composição da farinha influencia diretamente as características sensoriais e nutricionais dos produtos finais. Com a adição de grãos de trigo integral e farinha de vegetais, raízes e tubérculos, tem sido observado um aumento na concentração de minerais, proteínas e especialmente fibras. A fibra possui a capacidade de prender firmemente a água, deixando menos água livre para a formação da rede de glúten, além de diminuir sua capacidade de reter gás, resultando em produtos com menor volume (ALFONZO et al., 2016; AGUILAR et al., 2016).

3.1.10 Pão de Fermentação Natural

A qualidade do pão está diretamente relacionada com o processo de fermentação. As características finais do produto são influenciadas pelas mudanças bioquímicas da atividade microbiana. Os efeitos da fermentação natural sobre o produto final vão desde a textura, vida de prateleira, sabor a características nutricionais (PAPADIMITRIOU et al., 2019).

O glúten contribui para a viscosidade e elasticidade da massa. A quantidade de ácido láctico e acético produzidos na fermentação, pode interferir nas características reológicas da massa, tornando-a mais extensível e elástica, pois o glúten apresenta maior solubilidade em meio ácido. Com relação ao volume e maciez, também possui um impacto positivo, uma vez que a atividade proteolítica limitada da massa acaba por proporcionar uma retenção maior de gás carbônico. Estas características também estão proporcionalmente ligadas ao envelhecimento do pão, devido aos exopolissacarídeos (EPSs) produzidos e a retrogradação do amido (CURIEL et al., 2015).

O pão produzido pelo processo de fermentação natural apresenta um sabor acidificado mais acentuado em relação ao pão convencional. Isto se deve as reações enzimáticas das bactérias lácticas e leveduras e também as reações térmicas durante seu cozimento. A fermentação natural protege o pão de mofos e da deterioração bacteriana, aumentando a vida de prateleira, comparado aos pães produzidos pelo processo convencional (CORONA et al., 2016; DE VUYST et al., 2017).

O processo de fermentação natural, uma etapa importante na panificação, além

da sua funcionalidade tecnológica para o produto, tem sido analisada por possuir algum impacto sobre o conteúdo final de fibras, a complexidade de carboidratos e proteínas e vem ganhando interesse da população, pois estudos indicam que esse processo em produtos de centeio, aveia, farinha de trigo integral, melhora as propriedades nutricionais, como aumento dos níveis ou biodisponibilidade de compostos bioativos além de retardar a digestibilidade do amido, bem como o sabor, altamente apreciado pela população (ARIAS et al., 2017; DE VUYST et al., 2017).

3.1.11 Benefícios do uso do *Sourdough*

Devido a interação entre LAB e leveduras na fermentação, quando ocorre o processo de hidrólise do amido, a massa adquire maior acidez e o glúten passa a ser degradado, contribuindo para melhorar a textura, a concentração de compostos voláteis e o prazo de validade estrutural e microbiológico da massa (GHODKI et al., 2019).

- Textura

A substância responsável por essa característica nos produtos de panificação é o glúten. É composto pelas proteínas glutenina e gliadina, responsáveis pela viscosidade da massa, sendo solúveis em álcool e ácidos, respectivamente. As gluteninas contribuem em força e elasticidade da massa (PÉREZ et al., 2017).

Na massa fermentada, ocorre a proteólise do glúten e a hidrólise moderada do amido devido à produção de ácido acético e ácido lático pelas LAB, com consequente redução do pH. A presença de um meio mais ácido causa inchaço e maior solubilidade das proteínas do glúten. O aumento das forças intramoleculares causa a implantação da parte protéica, resultando em uma maior exposição de sua composição hidrofóbica. O grande agregado de proteínas sofre proteólise, gerando uma emulsão mais estável e menos elástica, com maior extensibilidade. As propriedades reológicas da massa final dependem da concentração de massa fermentada utilizada como agente de fermentação e da extensão do glúten durante a fermentação. Contudo, a proteólise possui uma limitação, permitindo uma maior retenção de CO₂ e influenciando diretamente a maciez

do produto final (PASQUALONE et al., 2019; PÉREZ et al., 2017).

- Presença de Aromas

O aroma da massa fermentada de produtos de panificação resulta de compostos voláteis gerados na proteólise do glúten, etapas realizadas durante o processamento e tratamento térmico. Os compostos aromáticos produzidos na massa fermentada podem ser divididos em duas categorias, os compostos não voláteis, como os ácidos orgânicos produzidos pelas LAB e os compostos voláteis, como álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres e enxofre. Os compostos de classes químicas são álcoois, aldeídos e ácidos, que representam o aroma da massa fermentada (CORONA et al., 2016; RIPARI et al., 2016). Segundo Ripari et al. (2016), como consequência da fermentação causada por esta microbiota, os compostos voláteis afetam positivamente as características sensoriais do produto final.

- Aumento da vida útil

A massa fermentada tem uma crosta mais espessa do que o pão fermentado apenas com fermento biológico, impedindo a evaporação da água presente no miolo e ajudando a manter mais macio. Além disso, a atividade das LAB no fermento também prolonga a vida útil dos produtos em relação à fermentação, produzindo inúmeros metabólitos que têm efeitos positivos na textura, firmeza e preservação dos produtos, entre eles os ácidos orgânicos, EPS (exopolissacarídeos microbianos), enzimas e compostos bactericidas e antimicrobianos (KTENIOUDAKI et al., 2015).

- Aumento da digestibilidade

A digestibilidade do pão de fermento natural tem se apresentado maior que a do pão convencional. Isso pode acontecer devido ao longo tempo de fermentação da massa e à microbiota. Durante o processo de fermentação ácida, os carboidratos complexos são decompostos em açúcares simples digeríveis e as proteínas em aminoácidos ou

peptídeos. A maior parte do amido se torna metabolizada em ácido láctico, etanol, CO₂ e ácidos orgânicos. A disponibilidade do amido restante fica reduzida, afetando o índice glicêmico (IG) do produto final. A formação de ácido orgânico, principalmente ácido láctico, reduz a digestibilidade do amido (BUREŠOVÁ et al., 2016).

3.2 BATATA DOCE

A batata doce (*Ipomoea batatas* L.), pertence à família Convolvulaceae, tem sua origem na América Latina, sendo cultivada em mais de 100 países. Na China, Japão e grande parte do continente africano se caracteriza como fonte de alimento, ração animal e também como matéria prima industrial (CARBALLO PÉREZ et al., 2018; DE ALBUQUERQUE et al., 2019; SELVAKUMARAN et al., 2019).

Considerada uma cultura milenar, está no *ranking* das culturas mais importantes do mundo, ocupando o sexto lugar, junto com culturas como o arroz, trigo, mandioca e milho. Em valor de produção mundial, ocupa o terceiro lugar, sendo economicamente importante em muitos países (CARBALLO PÉREZ et al., 2018; DE ALBUQUERQUE et al., 2019).

Segundo a FAO (2021), a produção de batata doce por região em 2019 colocou a Ásia como maior produtora, com 64,4% da produção mundial, sendo a China o país que mais produziu esta tuberosa, com aproximadamente 50 milhões de toneladas. Em segundo lugar está a África, com 30,4%, e na sequência, as Américas e Oceania, com 4,2% e 1%, respectivamente. O Brasil ocupa o sexto lugar mundial na produção, atingindo cerca de 800.000 toneladas/ano. Considerada como uma “safra de seguro”, pois pode ser cultivada em qualquer época em condições adequadas de clima, sendo a perda completa desta cultura em situações adversas quase nula. Possui alto valor nutricional, como mostra a Tabela 1, sendo rica em fibras alimentares, minerais, vitaminas e compostos bioativos como as antocianinas e compostos fenólicos, e tem sido muito utilizada como suplemento nutricional em produtos de panificação (PÉREZ, MU ZHANG, JI, 2017).

Tabela 1- Valor Nutricional da Batata Doce Crua

Nutriente	Valor	Unidade
Água	77	g/100g
Energia	86	kcal/100g
Proteínas	1,8	g/100g
Lipídeos	0,1	g/100g
Carboidratos	25	g/100g
Fibras	3,5	g/100g
Cálcio	35	mg/100g
Ferro	0,71	mg/100g
Magnésio	29	mg/100g
Fósforo	55	mg/100g
Potássio	392	mg/100g
Zinco	0,3	mg/100g
Vitamina C	3	mg/100g
Niacina	0,65	mg/100g
Vitamina B6	0,243	mg/100g
Vitamina A	824	RAE/100g

Fonte: traduzido de LAURIE et al., (2015)

A batata possui um ciclo de vida longo, de 36 meses, o tempo de maturidade é de no máximo quatro meses, e a colheita, varia de dias a meses, mas devido ao cultivo doméstico, é colhida anualmente com 3 a 8 meses. Devido a sua boa capacidade de adaptação em diferentes tipos e condições de solo, seu cultivo não implica grandes investimentos e cuidados. Esta cultura, portanto, mostra-se atraente aos agricultores com poucos recursos, o que favorece o plantio como fonte de renda, fornecendo a matéria prima tanto para indústrias, como para sua própria alimentação e complementação da alimentação animal (WIDODO et al., 2015; SUGRI et al., 2017; DE ALBUQUERQUE et al., 2019).

Como outras raízes e tubérculos, ao contrário dos cereais e grãos, a batata doce possui seu rendimento verificado apenas após a colheita, por se tratar de culturas subterrâneas. O processo de colheita exige a extração das raízes do solo, sendo quase a planta toda removida do campo. Poucas partes da planta retornam ao solo para manter a sustentabilidade, sendo portanto, um desafio para o sistema de produção de batata doce (WIDODO et al., 2015; SUGRI et al., 2017; VITHU et al., 2019).

As perdas pós colheitas continuam sendo persistentes e problema relevante. As tuberosas são perecíveis, e o que torna esses produtos mais problemáticos se deve ao fato de serem facilmente danificados durante as operações de colheita e pós colheita, especialmente nos climas quentes e úmidos de muitos países em desenvolvimento. Assim, o processamento das raízes tuberosas em farinha se apresenta como alternativa para estabilizar e uma maneira de agregar valor e ampliar seu uso, estimulando o agronegócio. A manutenção e manuseio desta mercadoria volumosa em muitas regiões, não possui procedimentos técnicos adequados e apresenta sérios problemas de deterioração, devido a sua alta umidade, fragilidade e natureza atraente para pragas. Em média, foram estimadas cerca de 15-65% de perdas de batata doce em todas as fases de fornecimento (VITHU et al., 2019; APARECIDA PEREIRA et al., 2019).

A batata doce foi considerada um alimento de “alívio da fome” devido a sua aceitação diversificada em todo mundo, principalmente para atender as demandas alimentares de áreas carentes; o aumento do uso de batata doce nas receitas étnicas tornou-se uma área de estudo entre os nutricionistas. É um alimento que já salvou muitas populações da fome devido a catástrofes presenciadas. Na China, nos anos 60, foi o alimento que impediu que milhões de pessoas morressem de fome. No Japão, foi a salvação quando tufões demoliram os campos de plantações de arroz. Nos anos 90, com a proliferação de um vírus na cultura da mandioca em Uganda, foi o alimento para toda comunidade (EL SHEIKHA, RAY, 2017; VITHU et al., 2019).

O número de estudos com a batata doce tem aumentado nos últimos anos, por se tratar de uma tuberosa rica em nutrientes, diversas variedades, havendo relatos de inúmeros benefícios à saúde associados ao seu consumo. Cultivada em todo o mundo, o consumo de batata doce ocorre em grandes quantidades. Um dos objetivos de saúde global, é aumentar a disponibilidade de nutrientes a uma grande população do mundo. Uma abordagem razoável e sensata para atingir esse objetivo seria aumentar o conteúdo nutricional de culturas altamente consumidas (EL SHEIKHA, RAY, 2017; APARECIDA PEREIRA et al., 2019).

O consumo de batata doce como ingrediente industrial, para formulações de alimentos, produtos prontos e bebidas também mostra crescimento, apesar do consumo desta tuberosa como alimento direto, cozido ainda ser o mais comum e frequente. As

diferentes formas de preparo da raiz, como ferver, assar, fritar, são as maneiras mais conhecidas de consumo, e cada tratamento térmico utilizado para preparo pode beneficiar a qualidade sensorial (BACH et al., 2021).

Segundo BACH et al.(2021), as batatas doces quando submetidas ao assamento, possuem uma mudança na coloração, conteúdo de açúcar, aminoácidos, compostos voláteis e ainda contribuiu para mudanças químicas e sensoriais, relacionadas a reação de *Maillard*, hidrólise enzimática parcial do amido aumentando o conteúdo de maltose em cerca de 14 a 160 vezes se comparado à sua porcentagem original em peso seco de raízes não cozidas.

3.2.1 Farinha de Batata Doce

As características da panificação utilizando a farinha de trigo como base dependem da qualidade, quantidade, tipo e propriedades viscoelásticas das proteínas do trigo. Com um aumento da demanda por alimentos saudáveis, doces alternativos, ricos em nutrientes e agradáveis sensorialmente, o interesse por ingredientes alimentares que contenham estas características benéficas expandiu. No segmento da panificação, o cenário não é diferente. A utilização da farinha de batata doce vem sendo muito utilizada para fabricação de pães, massas e bolos, sendo uma cultura de tubérculos com alto potencial de produção de farinha (TRANCOSO-REYES et al., 2016; MITIKU et al., 2018)

Os motivos para a utilização da batata doce em forma de farinha são muitos, que se enumeram como: um substituto parcial para a farinha trigo na panificação, diminuindo os custos de produção, reduzindo assim as importações de trigo em países não autossuficientes em produção deste cereal; como um mercado em potencial para os agricultores, para que vendam as raízes como matéria prima; ao realizar o processamento para transformação em farinha, aumenta a vida útil, visto que esta tuberosa é perecível e suas propriedades nutricionais. As farinhas de batata doce possuem como características mais importantes o teor de umidade, proteína, qualidade microbiológica, cor, sabor e odor. (EL SHEIKHA, RAY, 2017; MITIKU et al., 2018; APARECIDA PEREIRA et al., 2019).

O teor de carboidratos da batata doce (25 a 30%), pode ser considerado superior se comparado com a maioria das culturas tuberosas; de maneira geral, relata-se como facilmente digerível. Contém certos açúcares, incluindo maltose, sacarose, frutose, glicose, e rafinose e frutooligossacarídeos que, mesmo em pequenas quantidades, pode favorecer a produção de produtos de panificação que utilizam longos tempos de fermentação. Trata-se de uma excelente fonte de beta caroteno, um precursor da vitamina A dependendo da variedade utilizada. Além disso, são boas fontes de fibra alimentar e nutricionalmente importantes, incluindo micronutrientes como a vitamina C, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B6, manganês, potássio, ferro, cobre, fosforo e ácido pantotênico. Batatas doces são ricas em fitonutrientes únicos e proteínas de armazenamento que possuem propriedades antioxidantes únicas e potencialmente promotoras de saúde (APARECIDA PEREIRA et al., 2019; BACH et al., 2021).

Existem vários métodos para a produção da farinha de batata doce, como o branqueamento antes da secagem e da moagem, desidratação como a secagem solar, *spray*, bandeja, mas nenhum deles é considerado um procedimento oficial. Alguns autores consideram que, uma das formas de se processar a farinha de batata doce seria descasca-la, cortar em fatias e secá-la em forno em temperaturas entre 55-65°C. Um dos métodos eficientes para evitar o escurecimento enzimático da batata doce durante o processamento, consiste em utilizar uma solução de metabissulfito de sódio (TRANCOSO-REYES et al., 2016; PÉREZ et al., 2017; BACH et al., 2021).

A adição de uma quantidade de farinha de batata doce em conjunto com a farinha de trigo não altera drasticamente as características da massa, e mantém os componentes funcionais da tuberosa e ao mesmo tempo pode adicionar natural doçura, cor e sabor aos produtos alimentícios processados (PÉREZ et al., 2017; AOKI, 2018).

3.2.2 Purê de Batata Doce

Além da farinha, a batata doce pode servir como ingrediente na substituição da farinha de trigo na panificação e confeitaria em forma de purê. De umidade alta, em torno de 80%, valores consideráveis de fibras e minerais e baixo nível de proteína e lipídeos, a utilização do purê pode apresentar características sensoriais e nutricionais vantajosas

na panificação (SELVAKUMARAN et al., 2019).

O preparo do purê, relativamente fácil, envolve os processos de descascamento, corte, moagem e cozimento em água. Por se tratar de um produto perecível, o armazenamento torna-se um grande desafio na sua utilização, necessitando de refrigeração para a conservação. Para utilização posterior, torna-se necessário o congelamento, o que pode tornar o processo caro para pequenas padarias e produções, pois exigiria equipamentos adicionais e maior consumo de energia elétrica (MBOGO et al., 2021).

Como vantagem econômica, a utilização do purê como ingrediente na panificação tem um rendimento maior que em relação a farinha de batata doce. De acordo com pesquisas, e de acordo com a variedade, 1,25kg de batata doce obteve-se 1kg de purê, já para a farinha, para a produção de 1kg, foram necessárias 4-5kg, além de fomentar o mercado para produtores rurais desta cultura (MUSYOKA et al., 2018; MALAVI, 2018).

A incorporação do purê de batata doce nos pães, vem sendo praticada desde a década de 1990, no Peru, devido à escassez de farinha de trigo (OWADE et al., 2018).

A aplicação do purê no desenvolvimento de alimentos funcionais tem sido promissora e vários produtos além de panificação e confeitaria estão sendo formulados pela indústria, sendo necessário ainda mais estudos para melhor aproveitamento, bem como maiores oportunidades de *marketing* (ALAM, 2021).

3.3 DIGESTIBILIDADE DO PÃO

Alguns alimentos, como os pães possuem naturalmente um alto teor de amido resistente (RS), que pode ser quantificado por meio da análise de digestibilidade *in vitro* (PERERA et al., 2010; BELLO-PEREZ, HOYOS-LEYVA, 2017).

A digestibilidade tem o seu início na boca, pela ação das enzimas presentes na saliva, que hidrolisam as ligações $\alpha - 1,4$. Após a mastigação, a digestibilidade continua no estômago, onde as enzimas presentes na saliva são inativadas pela acidez estomacal. Já no intestino, ocorre a hidrólise das ligações $\alpha - 1,6$, devido a ação das enzimas isoamilase e glucosidase, resultando em glicose ou ácidos graxos de cadeia curta. A extensão da digestão do amido no intestino varia, pois uma parte do amido presente

escapa da digestão, sendo fermentada no intestino grosso (LEHMANN, ROBIN, 2007; BELLO-PEREZ, HOYOS-LEYVA, 2017).

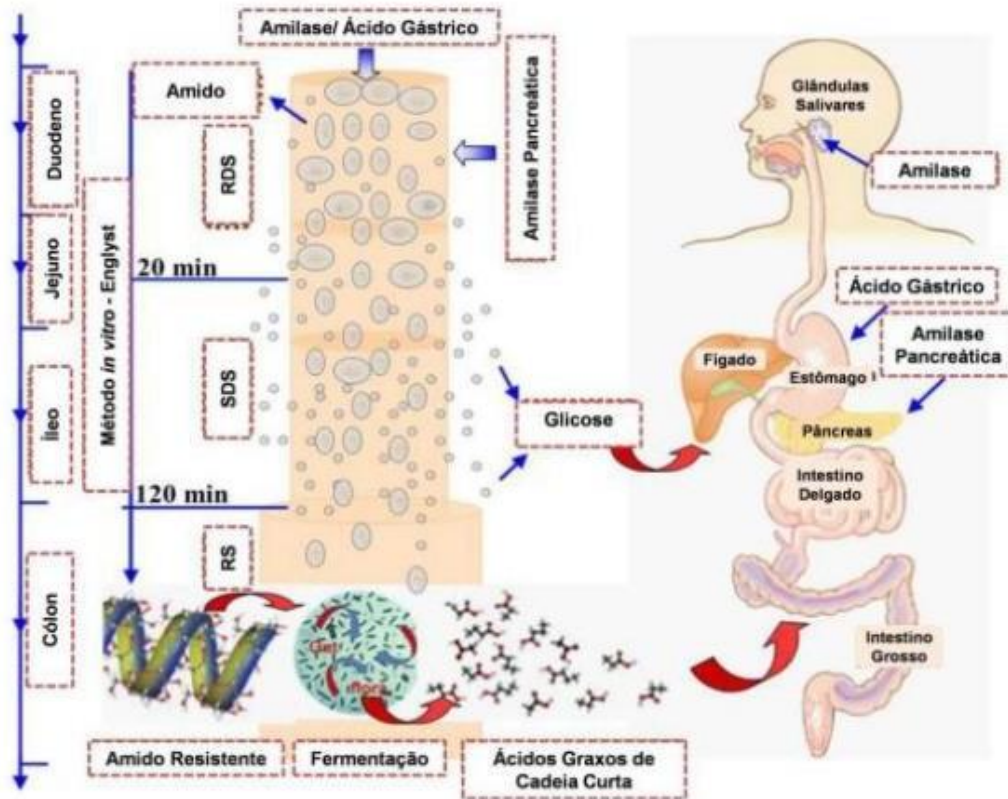
Existem três classificações do amido, baseado na ação das enzimas e na taxa, tempo e extensão da digestão: amido de rápida digestão (RDS), amido de lenta digestão (SDS) e amido resistente (RS) (ENGLYST et al., 1992).

O RDS, em 20 minutos, é convertido então em moléculas de glicose pelo processo da digestão enzimática. Alimentos ricos em amido cozidos na hora possuem um alto nível de RDS, que liberam rapidamente glicose no sangue, elevando o seu índice. O RDS está altamente associado com o índice glicêmico, baseado na resposta glicêmica pós – prandial *in vivo*. Já o SDS por sua vez, corresponde a proporção de amido que demanda mais tempo para digestão, sendo completamente digerido no intestino delgado e convertido em glicose após 120 minutos. Alimentos que possuem SDS são benéficos para a saúde do homem, pois reduzem o risco de doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade (LIU et al., 2017; ZAMAM, SARBINI, 2016).

Os amidos resistentes podem ser classificados em quatro classes: RS I, considerado o amido fisicamente inacessível, encontrado em grãos de sementes inteiras ou pouco trituradas, o RS II, encontrado em matérias primas com alto teor de amilose, como batatas cruas, o RS III, conhecido como o amido retrogradado e o amido IV, que passou por algum processo de modificação química (ENGLYST et al., 1992).

A Figura 1 ilustra didaticamente a digestão do amido no trato gastrointestinal humano.

Figura 1– Fluxograma da digestibilidade do amido no sistema gastrointestinal humano



Fonte: traduzido de LIU (2017)

3.4 CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE)

Os ácidos orgânicos, principais metabólitos resultantes da fermentação das LAB, possuem no pão, duas funções significativas, estender a vida útil e melhorar a qualidade sensorial. Muitas pesquisas estão sendo realizadas a fim de verificar as mudanças físico químicas e propriedades reológicas do pão relacionando com o tipo de ácido presente e a quantidade (SU et al., 2019).

O açúcar contribui para o sabor adocicado dos produtos de panificação e também para fornecer características tecnológicas durante o cozimento. A fim de reduzir este percentual nos produtos, mantendo o mesmo sabor e mesmas características tecnológicas, a substituição da sacarose, açúcar comum adicionado em pães, está sendo prioridade na indústria alimentícia (MULLER et al., 2021).

Uma análise mais seletiva, que representa um diferencial na quantificação dos

açúcares e ácidos orgânicos, baseia-se na cromatografia de alta eficiência (CLAE).

A Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) consiste em uma técnica de detecção muito utilizada em diversas áreas, como alimentos, farmacêutica, química, com o objetivo de identificar, quantificar e purificar compostos existentes na amostra (REUHS, 2017).

Dentre os conceitos que fundamentam a cromatografia, estão como responsáveis, a capacidade, eficiência, seletividade e resolução. A capacidade pode ser caracterizada pela quantidade que a coluna consegue reter das amostras para realizar a separação. A seletividade consiste no sistema que verifica a diferença dos tempos de retenção entre dois picos, descrevendo então, o quanto eficiente pode ser a coluna. A eficiência está relacionada com o alargamento do pico de quantificação da amostra em função do tempo de retenção. E por fim, a resolução, responsável por descrever o grau de separação entre os picos vizinhos e vai depender da seletividade, capacidade e eficiência (CORTES, 2020).

3.5 ANÁLISE DE COR E ANÁLISE DE TEXTURA

A cor, aparência superficial e textura são os primeiros parâmetros de qualidade avaliados pelos consumidores, tornando assim características cruciais na hora da compra e aceitação do alimento. Mesmo que aos olhos humanos a cor seja considerada adequada, mudanças na posição e na luminosidade podem tornar esta detecção variável e subjetiva (LEON et al., 2006).

Na panificação, a cor, juntamente com o aroma e textura tem um papel de grande influência na preferência de escolha do consumidor (ESTELLER et al., 2006).

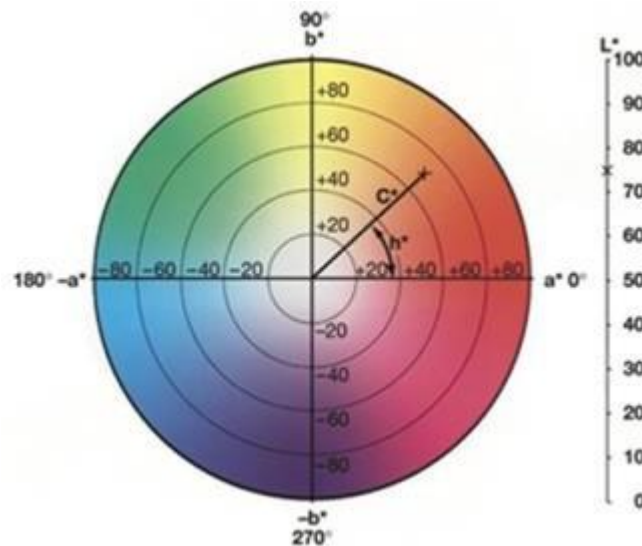
Muitos ingredientes ao serem adicionados na massa podem interferir na luminosidade da massa, entre eles estão a adição do fermento, açúcar, farinhas diversas, chocolates, cacau, ovos, gordura (KOMLENIĆ et al., 2010).

A análise de cor, é realizada através do equipamento colorímetro, definindo em três variáveis, cuja a interpretação dos resultados se forma em que a variável L^* mede a luminosidade/claridade da amostra, a variável a^* indica uma tendência maior ao verde ou vermelho e a variável b^* , entre amarelo ou azul. Altos valores de L representam cores

mais claras e o oposto, cores mais escuras. As variáveis C^* (Chroma) que representa a saturação da amostra, quanto maior o Chroma maior a saturação das cores perceptíveis aos olhos humanos e quando menor, mais neutras e o $^{\circ}H$ (ângulo Hue), considerado o atributo qualitativo de cor como por exemplo as cores avermelhadas, esverdeadas, sendo possível ser calculado como $\tan^{-1} b^*/a^*$ (FERREIRA, 2017).

A Figura 2 ilustra o diagrama de cor, as variáveis L^* , a^* , b^* , C^* e H° .

Figura 2 - Diagrama de cor L^* a^* b^* C^* H°



Fonte: FERREIRA, SPRICIGO, 2017

Na análise de textura utiliza-se um texturômetro, e a dureza ou a firmeza dos pães está relacionada com a força aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra. Nesta análise, o probe comprime uma amostra até um valor da sua altura original, e com isto, relacionando com uma força de compressão. A firmeza da amostra é definida neste método como a força (em gramas), requerida para comprimir o produto a uma distância pré-estabelecida. A análise nestes aparelhos simula uma correlação com a mordida humana, ao ingerir o alimento (FERREIRA, 2017).

Neste contexto, a elaboração de pães com purê e farinha de batata doce, utilizando dois métodos fermentativos, pode apresentar vantagens tecnológicas e sensoriais no produto final, favorecendo a atratividade do consumidor.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

A farinha de trigo branca refinada (5kg) e as batatas doces *in natura* (10kg) foram adquiridas em comércio local da cidade de Ponta Grossa PR. A farinha de batata doce e o purê foram produzidos no Laboratório de Tecnologia de Cereais Raízes e Tubérculos do Departamento de Engenharia de Alimentos (DEA) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). O cloreto de sódio, gordura, fermento biológico e melhorador também foram adquiridos no comércio local. A água para o desenvolvimento do fermento natural e dos pães foi cedida gentilmente pelo Professor Dr. Ivo Mottin Demiate, coletada de poço artesiano.

Foram utilizadas as enzimas do kit enzimático para amido total K-TSTA (AA/ AMG) fornecido por Megazyme (Wicklow, Irlanda) e kit para determinação de D-Glucose (GOPOD Format), também da Megazyme (Wicklow, Irlanda). Para a análise de digestibilidade do amido foram usados goma guar (Sigma – Aldrich, St. Louis, EUA), alfa amilase pancreática suína (Sigma – Aldrich, E.C. 3.2.1.1, 8 x USP specifications, P7545) e amiloglicosidase de *Aspergillus niger* (Sigma – Aldrich, E.C. 3.2.1.3, A7095, ≥ 260 U/mL). Os demais reagentes utilizados foram de grau analítico conforme as recomendações para cada análise.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Obtenção da farinha de batata doce

Após a aquisição das batatas doces em comércio local, uma amostra foi separada para análise de composição centesimal (umidade, lipídios, fibra alimentar, proteína, cinzas e amido).

Para obtenção da farinha de batata doce, as mesmas foram descascadas, raladas e acondicionadas em formas de alumínio para secagem. Em seguida, foram aspergidos 15 mL sobre o produto de uma solução de metabissulfito 0,1% (m/v), e colocados em estufa de circulação de ar (Tecnal, TE 294/2 Piracicaba SP, Brasil) a 40° C por 24 horas,

até que atingisse umidade entre 12-14%. Posteriormente, foram triturados em moinho de rotor tipo ciclone (Fortinox Star FT 51, Piracicaba, SP, BR) e armazenados em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade (PEBD), identificados e armazenados em temperatura ambiente. A Figura 3 mostra a batata doce utilizada no processo e a Figura 4 a farinha obtida.

Figura 3 - Batata doce empregada no estudo



Fonte: o autor

Figura 4– Farinha de batata doce



Fonte: o autor

4.2.2 Obtenção do purê de batata doce

As batatas doces foram lavadas, envolvidas em papel alumínio e assadas em forno doméstico (DAKO, Pato Branco, Brasil), por aproximadamente 45 minutos, a 250°C. Após assadas, foram descascadas e amassadas até se obter uma massa com consistência de purê. Após resfriar, o purê foi colocado em embalagem flexível de polietileno de baixa densidade (PEBD), identificado e armazenado por até cinco dias sob refrigeração a 4 °C, até momento de uso. A Figura 5 ilustra o purê obtido.

Figura 5– Purê de batata doce



Fonte: o autor

4.2.3 Preparação do Fermento natural

A produção do fermento natural foi adaptada conforme Rizzello et al. (2014) e Carvalho (2017). Foram pesados 50 g de farinha de trigo branca e adicionados 50 g de água mineral. Essa mistura foi homogeneizada, coberta com filme de PVC, sem completa vedação e fermentada espontaneamente por 24 horas em temperatura ambiente 22-23°C. Após esse intervalo, descartou-se 50g do material e adicionou-se 50g de farinha de trigo branca e 50g de água mineral. Este procedimento, denominado de *back-slopping*, consiste na realimentação do fermento em intervalos de tempo, até que se

verifique que o mesmo apresenta características e força de fermento, (aproximadamente 5-7 dias). Os fermentos foram submetidos à análise de acidez total titulável de acordo com o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). O titulante usado foi uma solução de NaOH 0,1 N, o indicador de viragem utilizado foi a solução de fenolftaleína a 1% (p/v). Utilizou-se 5 g de cada amostra diluídas em 50 g de água destilada. As Figuras 6 e 7 mostram a evolução de crescimento do fermento natural, no dia do preparo, sem atividade e no dia da utilização, apresentando bolhas e com o volume triplicado.

Figura 6 – Primeiro dia - Fermento Natural



Fonte: o autor

Figura 7 – Sexto dia – Fermento Natural



Fonte: o autor

4.2.4 Elaboração dos pães

A primeira etapa foi realizar testes na planta piloto de panificação da UEPG para definir a melhor formulação de pão, utilizando como ingredientes farinha de trigo branca, água, sal, fermento biológico, gordura (margarina para forno e fogão, 70% lipídeos, do comércio local), glúten vital e melhorador. A partir dessa formulação, foram desenvolvidas várias outras formulações de pães de farinha de trigo com farinha e purê de batata doce com fermento biológico, até obtenção de um protocolo tecnológico adequado, em que foram verificados aspectos visuais no momento do preparo da massa, no momento da fermentação, como o “crescimento do pão”, e após assado, foram verificados aspectos como miolo, salto de forno e maciez.

Para os pães de fermentação natural, a fim de analisar o efeito da utilização do *sourdough*, foram utilizados apenas farinha de trigo branca, água, sal, e o fermento. Após testes, foram adicionados farinha de batata doce e purê, até se obter a melhor formulação.

Neste trabalho foram desenvolvidos seis tipos de pães, entre eles subdivididos em três tipos, para dois tipos de fermentação, a natural (utilizando o *sourdough*) e a fermentação com fermento biológico, como descrito em seus respectivos códigos para a descrição neste trabalho:

- Fermento Biológico: pão com 100% farinha de trigo branca (FFTB), pão com farinha de trigo branca e farinha de batata doce (FFBD) e pão com farinha de trigo branca e purê de batata doce (FPBD).

- Fermento Natural (*sourdough*): pão com 100% farinha de trigo branca (FNFTB), pão com farinha branca e farinha de batata doce (FNFBBD) e pão com farinha de trigo branca e purê de batata doce (FNPBD).

A relação dos ingredientes utilizados no preparo de pães com fermento biológico e fermento natural está descrita nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

Tabela 2- Relação dos ingredientes utilizados no preparo dos pães com fermento biológico, farinha de trigo, purê e farinha de batata doce

Ingredientes	FFTB			FPBD			FFBD		
	Quantidade (g)	% em relação a farinha de trigo	%em relação aos ingredientes	Quantidade (g)	% em relação a farinha de trigo	%em relação aos ingredientes	Quantidade (g)	% em relação a farinha de trigo	%em relação aos ingredientes
Farinha de trigo branca	2500	100	54,5	2250	100	42,76	2050	100	44,68
Farinha de Batata Doce	-	-	-	-	-	-	450	18	9,81
Purê de Batata Doce	-	-	-	1050	42	19,95	-	-	-
Sal	50	2	1,09	50	2	0,95	50	2	1,09
Fermento	100	4	2,18	100	4	1,90	100	4	2,18
Melhorador	25	1	0,54	25	1	0,48	25	1	0,54
Água	1750	70	38,1	1625	65	30,88	1750	70	38,15
Gordura (margarina)	100	4	2,18	100	4	1,90	100	4	2,180
Glúten Vital	62,5	2,5	1,36	62,5	2,5	1,19	62,5	2,5	1,36

Nota: FFTB – Pães com fermento biológico e farinha de trigo branca, FPBD - Pães com fermento biológico, farinha de trigo branca e purê de batata doce, FFBD - Pães com fermento biológico, farinha de trigo branca e farinha de batata doce.

Tabela 3 - Relação dos ingredientes utilizados no preparo dos pães com fermento natural, farinha de trigo, purê e farinha de batata doce

Ingredientes	FNTB			FNPBD			FNFBD		
	Quantidade (g)	% em relação a farinha de trigo	%em relação aos ingredientes	Quantidade (g)	% em relação a farinha de trigo	%em relação aos ingredientes	Quantidade (g)	% em relação a farinha de trigo	%em relação aos ingredientes
Farinha de trigo branca	2500	100	52,08	225	10 0	43,06	2050	100	46,59
Farinha de Batata Doce	-	-	-	-	-	-	450	18	10,23
Purê de Batata Doce	-	-	-	105	4	20,10	-	-	-
Sal	5	2	1,04	50	2	0,96	50	2	1,14
Fermento	500	20	10,42	500	4	9,57	100	4	2,27
Água	1750	70	36,46	137	55	26,32	1750	70	39,77

Nota: FNTB – Pães com fermento natural e farinha de trigo branca, FNPBD - Pães com fermento natural, farinha de trigo branca e purê de batata doce, FNFBD - Pães com fermento natural, farinha de trigo branca e farinha de batata doce.

Para o processamento dos pães de fermentação biológica, os ingredientes foram pesados e então, todos os insumos, com exceção do fermento, foram misturados e batidos em velocidade baixa em uma amassadeira espiral 10 kg, com duas velocidades (VIMEPAN, São Paulo, Brasil), por 2 minutos, até que todos os ingredientes fossem incorporados. Em seguida, foi adicionado o fermento biológico e a velocidade foi aumentada para o nível 2, por aproximadamente 7 minutos, até a formação do “ponto de véu”. A massa foi retirada da amassadeira e deixada sobre uma mesa de alumínio para descanso, por aproximadamente 10 minutos. Em seguida, as massas foram divididas, pesadas em aproximadamente 0,350 kg, modeladas manualmente e, alguns produtos foram colocados em esteira de assamento e outros, para posterior análise de volume, foram colocados em formas de alumínio com medidas 24,00 x 10,00 x 5,00 cm. Após esse processo, os pães foram levados para a estufa para pães climatizada (VIMEPAN, São Paulo, Brasil), por aproximadamente 1 a 2 horas, a 35°C. Após a fermentação dos pães, realizou-se o procedimento de corte das pestanas e em seguida o assamento, em forno turbo elétrico, com vapor (VIMEPAN, FTE-240, São Paulo, Brasil), por 20 min a 280°C, sendo realizada aplicação de vapor no primeiro momento.

Os pães formulados com fermento natural foram preparados como no processo de produção dos pães de fermentação biológica, com algumas alterações. Os ingredientes foram pesados, com exceção do fermento natural, e então misturados e batidos em velocidade baixa em uma amassadeira espiral 10 kg, com duas velocidades (VIMEPAN, São Paulo, Brasil), por 2 minutos, até que todos os ingredientes fossem incorporados. Em seguida, foi adicionado o fermento natural e a velocidade foi aumentada para o nível 2, por aproximadamente 8 minutos. A massa foi retirada da amassadeira e deixada sobre uma mesa de alumínio para descanso, por aproximadamente 10 minutos. Em seguida, as massas foram divididas, pesadas em aproximadamente 0,350 kg, modeladas manualmente e, deixadas sobre a mesa para o procedimento de “dobras”. Esse procedimento foi realizado dobrando partes da massa, num total de três vezes a cada 30 minutos, para a formação e verificação do ponto de véu, visto que a massa com o fermento natural tende a ficar mais fluida.

Após esse processo, alguns produtos foram colocados em esteira de assamento e outros, para posterior análise de volume, foram colocados em formas de alumínio com medidas 24,00 x 10,00 x 5,00 cm. Os pães foram levados então para a estufa para pães climatizada (VIMEPAN, São Paulo, Brasil), por aproximadamente 13

horas, a 3°C. Após a fermentação dos pães, realizou-se o procedimento de corte das pestanas e em seguida o assamento, em forno turbo elétrico, com vapor (VIMEPAN, FTE-240, São Paulo, Brasil), por 20 min a 280°C, sendo realizada aplicação de vapor no primeiro momento.

4.2.5 Composição centesimal

Para a determinação da umidade, foi utilizado o método 934.01 (AOAC, 2019). Foram pesadas aproximadamente 5g de amostras em cadinho de porcelana, previamente tarados e aquecidos em estufa a 105°C até obter o peso constante.

A análise de cinzas se deu por incineração de aproximadamente 5g de amostra, em cadinho de porcelana, na mufla a 550°C por 6 horas. As amostras foram resfriadas em dessecador a após atingirem temperatura ambiente, foram pesadas (IAL, 2008).

Para a determinação das proteínas, foi utilizado o método de Micro-Kdjedahl. Após a digestão, as amostras foram destiladas e tituladas, obtendo assim a quantidade de nitrogênio e o teor proteico foi calculado multiplicando o percentual de nitrogênio pelo fator 6,25 (IAL, 2008).

Os teores de lipídeos foram determinados utilizando o sistema de refluxo de Soxhlet por 4-6 horas (hexano), deixando o balão extraído em estufa a 105°C por 12 horas, sendo o teor de lipídios quantificado por variação gravimétrica (IAL, 2008).

A determinação do teor de fibras alimentares foi realizada pelo método enzimático gravimétrico. Cada amostra foi filtrada utilizando o cadinho de fundo poroso, já calcinado, resfriado e pesado com celite. O material que ficou retido no cadinho foi seco em estufa a 105°C por 12 h e pesado. Dois cadinhos foram utilizados para análise de cinzas e os outros dois para análise de proteínas (IAL, 2008).

4.2.6 Análise de amido total

O conteúdo de amido dos pães foi determinado pelo método enzimático, usando a metodologia própria do kit enzimático da Megazyme – Total Starch Assay Procedure (amyloglucosidase/ α -amylase method), segundo método 996.11 da AOAC (1998) e 76-13.01 da AACC (2000).

Foram pesados 100 mg de amostra, previamente desengorduradas, em

seguida adicionados 5 mL de etanol 80%, agitado em vórtex e levado ao banho em ebulição (TECNAL, TE-053, Piracicaba, Brasil) por 5 minutos. A amostra foi centrifugada em centrífuga (CELM/Combate, Barueri, São Paulo) aproximadamente 2000 x g e o sobrenadante foi despejado cuidadosamente. Em seguida, foi adicionado 2 mL de dimetilsulfóxido (DMSO), agitado em vórtex e levado por 5 minutos ao banho em ebulição. Após a remoção, imediatamente foi adicionado 3 mL de α - amilase termoestável 3U (diluída 30 vezes em tampão MOPS, 50 mM), e cloreto de cálcio (5 Mm) e agitado em vórtex por 20 segundos. Os tubos foram incubados novamente em banho em ebulição (TECNAL, TE-053, Piracicaba, Brasil) por 6 minutos, agitando com o vórtex após 2, 4, 6 minutos. Em seguida, após o resfriamento, foram adicionados 4 mL de tampão acetato de sódio, e cloreto de cálcio, seguido pela enzima amiloglucosidase (3,3 U/mL). Os tubos foram agitados em vórtex e incubados em banho (TECNAL, TE- 053, Piracicaba, Brasil) a 50°C, por 60 minutos. O conteúdo do tubo foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL, ajustado o volume com tampão acetato. Em seguida o líquido foi transferido para um tubo *ependorf* de microcentrífuga, e centrifugado em centrífuga (EPPENDORF, Mini Spin plus, Alemanha) a 13000 rpm por 5 minutos. Foram transferidos 0,1 mL deste líquido para uma microplaca, adicionado 0,1 mL de reagente GOPOD, incubado a 50°C e em seguida foi feita a quantificação com a leitura em espectrofotômetro de microplacas de fundo chato com 96 poços e volume de 330 μ L por poço (BRULAB, Curitiba, Brasil) do reagente colorimétrico no comprimento de onda de 510 nm.

4.2.7 Determinação de açúcares

Para a determinação dos açúcares glicose e maltose, foi utilizado o método do Chan et al., (2014) e Wei, Lu e Cao (2017), com algumas modificações. Foram pesadas 10 gramas de amostra e adicionado 50mL de água destilada. Em seguida colocou-se as amostras em banho (TECNAL, TE-053, Piracicaba, Brasil) por aproximadamente 30 minutos a 40°C. As amostras foram centrifugadas em centrífuga (CELM/Combate, Barueri, São Paulo) a 2000 \times g / 20 min, o material foi filtrado em membrana de 0,22 μ m (ALLCROM, São Paulo, Brasil) e quantificados por meio do HPLC *Alliance* (Waters 2695 *Separations Module*, Estados Unidos) equipado com uma coluna BIO-RAD Aminex HPX 87H (300 \times 7,8 mm), em condição isocrática, a fase móvel utilizada foi uma solução de ácido sulfúrico 5 mM. Um detector de índice de

refração modelo Waters 2414 foi usado para analisar os sinais. Para identificar os açúcares na cromatografia inicialmente foi preparada uma solução padrão contendo glicose e maltose em diferentes concentrações, construindo-se uma curva padrão. Ao fazer a leitura das amostras no equipamento foi comprado o tempo de retenção das amostras com os padrões para que os açúcares presentes fossem assim, identificados e quantificados.

4.2.8 Determinação de ácidos orgânicos

Para a determinação dos ácidos orgânicos acético e láctico, foi utilizada a metodologia descrita por Demiate et al., (1999). Foram pesados 15 g de amostras e em seguida suspensas em 30 mL de uma solução de ácido sulfúrico a 0,005 mM durante um período de contato de 24 horas a temperatura ambiente e agitação ocasional. Após o período de contato, as suspensões foram centrifugadas duas vezes em centrífuga (CELM/Combate, Barueri, São Paulo), a $2000 \times g$ por 10 minutos. Os ácidos orgânicos foram determinados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), HPLC *Alliance* (Waters 2695 *Separations Module*, Estados Unidos), utilizando uma coluna de exclusão iônica Aminex HPX-87H (300 \times 7,8mm) precedida por pré-coluna catiônica Cátion-H (Bio-Rad) em condição isocrática. Foi utilizado como fase móvel uma solução de 3 mM de ácido sulfúrico. Foi utilizado um detector de índice de refração.

4.2.9 Análise de pH e Acidez Total Titulável

Os pães foram submetidos a análise de pH em potenciômetro (HANNA Instruments, São Paulo, Brasil) e acidez total titulável (ATT). A acidez total titulável foi realizada com adição de fenolftaleína e titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1 M, expressa em (% v/m) (IAL, 2008).

4.2.10 Volume dos pães

O volume dos pães foi medido usando a metodologia de deslocamento de sementes. O volume do pão foi medido em um recipiente com volume conhecido (V_c). O recipiente foi coberto por sementes de painço, em seguida o pão foi removido e o

volume de sementes foi anotado (V_r). O volume do pão foi calculado conforme a equação 2 (HALLEN, IBANOGLU e AINSWORTH, 2004).

$$V_i \text{ (mL)} = V_c - V_r \quad (2)$$

4.2.11 Análise de Textura

A firmeza do miolo foi medida segundo a método AACC (74-09.01) no dia do assamento dos pães e em mais 2 dias seguidos. O equipamento utilizado foi um texturômetro (TA.XT2 - Stable Micro Systems) e foi determinada a força de compressão máxima 40%, utilizando um probe cilíndrico com 36 mm de diâmetro.

A medida de cada fatia foi de 1,2 cm de espessura e foram colocadas no momento da análise duas fatias. O pico máximo de força (g) foi medido através da curva de penetração, resultando na firmeza do miolo.

4.2.12 Atividade de água

A atividade de água A_w foi determinada nos pães utilizando o equipamento AquaLab 3TE (Decagon Devices, Inc, Pullman, WA). Uma porção da amostra foi acondicionada em um recipiente próprio do equipamento para medição. As amostras foram medidas em triplicata, 2 horas após o assamento.

4.2.13 Cor Instrumental

A análise de cor foi realizada utilizando o colorímetro MiniScan EZ 4500L (Hunterlab, USA), mensurada pelo sistema de CIEL*a*b*. O equipamento foi calibrado e em seguida, cada amostra foi colocada no centro da lente e foram realizadas as medidas de coloração da crosta e do miolo do pão.

Os parâmetros analisados foram: L^* - luminosidade ($L^* = 0$ - preto e $L^* = 100$ - branco) e a^* e b^* são coordenadas cromáticas ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde; $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul), cromaticidade (croma) $C = [a^2 + b^2]^{1/2}$ e ângulo de tonalidade ($^{\circ}H$) = $\tan^{-1} [b^*/a^*]$.

Os valores de L^* expressam a luminosidade ou claridade da amostra e varia de 0 a 100; quanto mais próximo de 100, mais clara é a amostra e quanto mais distante,

mais escura. Valores de a^* positivos indicam tendência à coloração vermelha e negativos à coloração verde. Valores de b^* positivos expressam maior intensidade de amarelo e mais negativos, maior intensidade ao azul. O ângulo de tonalidade Hue ($^{\circ}H$) tem seus valores determinados, sendo os mais próximos de 0° tonalidades mais fortes de vermelho, o vermelho puro, e 90° representa o amarelo puro. Hue ($^{\circ}H$) inicia-se no eixo $+a^*$ e é dado em graus, em que: $+a^*$ corresponde ao vermelho (0°), $+b^*$ ao amarelo (90°), $-a^*$ ao verde (180°) e $-b^*$ ao azul (270°) (MACDOUGALL, 2002).

4.2.14 Digestibilidade *in vitro*

Para a digestibilidade do amido contido nos pães, foi utilizada a metodologia desenvolvida por Englyst et al (1992). Em tubos de 50 mL, foram adicionados 900 mg de amostra, 50 mg de goma guar, cinco esferas de vidro (diâmetro de aproximadamente 5 mm) e 20 mL de tampão acetato 0,1 M pH 5,2. Os tubos foram levados ao banho térmico (TECNAL, TE-053, Piracicaba, Brasil), a $37^{\circ}C$ por 5 minutos para estabilização da temperatura. Em seguida, foram adicionados 5 mL de solução enzimática contendo alfa amilase pancreática suína (Sigma – Aldrich, E.C. 3.2.1.1, 8 x USP specifications, P7545) e amiloglucosidase de *Aspergillus niger* (Sigma – Aldrich, E.C. 3.2.1.3, A7095, ≥ 260 U/mL). Foram retiradas duas alíquotas de 0,250 mL de amostra após 20 minutos e 120 minutos de banho térmico (TECNAL, TE-053, Piracicaba, Brasil) a $37^{\circ}C$, e colocadas em tubos contendo 10 mL de etanol 66%. Os tubos foram centrifugados por 5 min / $2000 \times g$ (CELM, Combate, Barueri, São Paulo). Foi retirada uma fração do sobrenadante e determinado a glicose pelo método GOPOD, em seguida lidas em microplacas através do leitor (BIOTECK, Epoch, Winooski, VT, USA), com comprimento de onda de 510 nm.

4.2.15 Análise estatística

Os resultados foram expressos pela média seguida do desvio padrão. Os dados foram tratados por análise de variância (ANOVA). As médias foram submetidas ao teste de comparação de médias, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Todos os dados foram tratados com o auxílio do *software* computacional Action Stat-Pro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins de apresentação de resultados e para a discussão, serão considerados o pão de farinha de trigo branca com fermentação biológica (FFTB) e o pão de farinha branca com fermentação natural (FNFTB) como controles.

5.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A composição centesimal de um alimento expõe de uma forma básica, a proporção de componentes em que aparecem, em 100g de amostra considerada, os grupos homogêneos de substâncias do alimento (MORETTO et al., 2002).

A composição média da batata doce foi determinada, apresentando os seguintes valores: 71,63% para umidade total; 2,74% de cinzas; 5,32% de proteína; 0,30% de lipídios; 1,75% de fibra alimentar; 60,79% de amido, estando de acordo com os valores encontrados na literatura (JU et al., 2020; ALAM, 2021).

A farinha de batata doce apresentou um teor de umidade de $13,02 \pm 0,38\%$ e o purê, $73,48 \pm 1,35\%$, verificando-se que os valores estão próximos aos encontrados na literatura, entre 10-14% e 70-75%, respectivamente (KORESE, 2021; MALAVI, 2018).

A Tabela 4 demonstra os valores centesimais, de cada formulação de pão.

Tabela 4- Composição centesimal das formulações de pães

	FFTB	FPBD	FFBD	FNFTB	FNPBD	FNFBBD
Umidade	35,07 ^d ±0,74	37,73 ^c ±0,25	35,73 ^d ±0,42	40,60 ^b ±0,88	42,17 ^a ±0,51	39,59 ^b ±0,49
Cinzas	2,41 ^a ±0,00	2,32 ^a ±0,00	2,34 ^a ±0,00	2,56 ^a ±0,01	2,56 ^a ±0,01	2,68 ^a ±0,09
Proteínas	14,00 ^a ±0,54	12,18 ^b ±0,24	12,66 ^b ±0,28	7,66 ^c ±0,16	7,41 ^c ±0,39	7,99 ^c ±0,04
Lipídios	2,34 ^a ±0,14	2,25 ^a ±0,03	2,49 ^a ±0,09	0,87 ^b ±0,25	0,84 ^b ±0,07	0,89 ^b ±0,06
Fibras Alimentares	2,06 ^c ±0,37	10,09 ^a ±0,96	10,53 ^a ±0,52	3,93 ^c ±0,33	7,07 ^b ±0,71	7,64 ^b ±0,49
Amido Total	43,59 ^a ±0,05	39,12 ^b ±0,14	40,48 ^b ±0,03	43,72 ^a ±0,05	40,58 ^b ±0,07	41,4 ^b ±0,06

Nota: Resultados apresentados na forma de média ±desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

A umidade do pão está diretamente relacionada com a composição do produto, visto que alguns ingredientes tendem a absorver mais água, como a farinha de trigo relacionada ao teor de proteínas, adição de fibras e de outros ingredientes ou farinhas que possam exigir mais ou menos água no processo, uma vez que a massa no momento do batimento possui um ponto ideal de formação e também com a quantidade de água

adicionada no processo. A quantidade de água adicionada nas formulações variou de 55-70% sobre a quantidade total de farinha de trigo, o que está de acordo com a média de valores encontrados na literatura que foi em torno de 50-80%. A adição de quantidades maiores de água à massa favorece a maciez e a “pegajosidade”, enquanto a sua falta, torna a massa dura e sem aderência (SUGIURA et al, 2017; ROSELL MATOS, 2015; CHIKPAH et al., 2021).

A análise de resultados demonstra que entre os pães com fermento biológico e com fermento natural, FPBD e FNPBD, apresentaram maior teor de umidade, mesmo sendo os que menos receberam água no processo. Isto pode estar relacionado com a umidade encontrada no purê, $73,48 \pm 1,35\%$. Os pães FFTB e FFBD não tiveram diferença significativa estatisticamente, assim como os pães FNFTB e FNFBBD.

Segundo a RDC nº 90 de 18 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000) e a Taco (2004), o valor máximo de umidade para pães é de 38-40g/100g de pão. Desta forma, verifica-se que os pães (FFTB, FPBD, FFBD), encontram-se dentro dos valores esperados.

Os pães produzidos com o fermento natural por sua vez, com umidade de $40,60 \pm 0,88\%$ apresentaram resultados próximos aos obtidos por Sanz-Penella et al. (2012) que foi de 36-42%.

O valor da umidade encontrado para os pães com farinha de batata doce 35,73 e 39,59% neste trabalho estão de acordo com os valores encontrados por Chikpah et al., (2021), que foi em torno de 20,82-40,41%.

Wanjuu et al. (2018) encontraram valores de umidade inferiores (30,22 a 33,88%) aos obtidos neste trabalho para os pães produzidos com purê de batata doce. Esta diferença pode estar relacionada com o modo de preparo do purê, variedade da batata doce, quantidade de fibras e quantidade de água requerida no processo.

O resíduo mineral fixo refere-se ao resultado da queima de produto orgânico presente no alimento, e contém potássio, magnésio, cálcio, ferro, chumbo, sódio, cloreto e tantos outros componentes minerais. O teor de cinzas encontrado nos pães foi de 2,32 a 2,68% e não tiveram diferença estatística significativa, estando entre os valores encontrados na literatura, 0,5-2,6% (TACO, 2016; SILVA, 2007).

Os pães elaborados com fermento biológico foram adicionados com 2,5% de glúten vital, para colaborar com a estrutura da massa ao adicionar a farinha e o purê de batata doce. Com o objetivo de manter a característica do pão de fermentação natural, como um pão produzido de forma artesanal, à partir dos micro-organismos

presentes no ambiente onde ele é feito e conservado, elaborado com ingredientes básicos, não foi adicionado nenhum ingrediente como aditivo ou coadjuvante que possa oferecer apoio tecnológico, além dos ingredientes essenciais para produzir o pão. Diante disso, o teor de proteínas encontrado entre os dois tipos de fermentação diferiu significativamente. O FFTB apresentou um teor de 14%, diminuindo com a adição de purê e farinha de batata doce nos pães FPBD e FFBD, com valores de 12,18 e 12,66%, respectivamente. Essa redução é esperada uma vez que este componente está presente na farinha e purê de batata doce em menores quantidades que na farinha de trigo, mesmo sendo acrescido, diluindo desta forma a quantidade existente na formulação (GREENE, BOVELL-BENJAMIN, 2004; BARROS, et al., 2018). Os teores de proteína dos pães de fermentação natural encontram-se entre 7,667,99%, não apresentando diferença estatística significativa. O valor esperado para proteína para pão é 8%, segundo a tabela Taco (TACO, 2016; SILVA, 2007). O teor de lipídios para os pães FFTB, FPBD e FFBD, foram de 2,34; 2,25; 2,49%, não tendo diferenças significativas entre si. Os pães FNFTB, FNPBD, FNFBD, por sua vez, tiveram diferença significativa com os pães elaborados com fermento biológico, ($p > 0,05$), comprovado pelo fato destes pães serem preparados com gordura. Os pães elaborados com fermentação natural não diferiram entre si estatisticamente. Os valores encontrados neste trabalho com relação ao teor de lipídios estão de acordo com os valores da literatura, valores entre 2,2 – 6% (TACO, 2016; SILVA, 2007).

O teor de fibras apresentou diferença entre o pão FFTB 2,06% com os pães FPBD e FFBD, que apresentaram valores 10,09% e 10,53% respectivamente. Este valor pode ser explicado pela presença de fibras presente na matéria prima utilizada, visto que a batata doce apresenta um valor maior de fibras que a farinha de trigo. O mesmo aconteceu com os pães elaborados com fermento natural. O FNFTB apresentou um teor de 3,93%, enquanto os pães FNPBD E FNFBD, 7,07% e 7,64%, respectivamente.

O maior teor de amido encontrado foi nos pães FFTB e FNFTB, que não apresentaram diferença significativa entre si, mas diferiram dos pães adicionados de farinha e purê de batata doce nos dois processos fermentativos. Este resultado pode estar relacionado com o fato da farinha de trigo apresentar grandes quantidades de amido (CHIKPAH et al., 2021).

Verificou-se ainda, que os teores de amido dos pães não apresentaram uma relação inversamente proporcional ao teor de umidade, fato este que pode ter relação

com a quantidade de amido convertida a açúcar (maltose) durante o processo de obtenção da farinha e do purê, bem como pelo cozimento do pão.

5.2 ANÁLISE DE AÇÚCARES

Os resultados da determinação quantitativa dos açúcares maltose e glicose estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Determinação quantitativa dos açúcares

Amostra	% glicose (m/m)	% de maltose (m/m)
FFTB	0,896 ^a ±0,001	0,384 ^b ± 0,003
FPBD	0,080 ^b ±0,001	1,464 ^a ± 0,001
FFBD	0,088 ^b ±0,002	1,900 ^a ±0,008
FNFTB	0,528 ^a ±0,014	0,332 ^b ±0,008
FNPBD	0,064 ^b ±0,002	1,848 ^a ± 0,007
FNFB	0,116 ^b ±0,006	2,100 ^a ±0,001

Nota: Resultados apresentados na forma de média ±desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

A partir dos dados apresentados na Tabela 5, foi verificado que nos pães adicionados de batata doce, tanto purê quanto farinha, houve um aumento significativo no conteúdo de maltose, com maiores valores para o pão adicionado da farinha da tuberosa. Os pães produzidos somente com farinha de trigo, tiveram um valor maior para conteúdo de glicose e menor para maltose.

Nakamura et al., (2018), em seu estudo com batata doce *in natura*, verificou que o aumento no teor de maltose na batata doce, pode estar relacionado com a atividade enzimática das β -amilases, enzima responsável por hidrolisar o amido em maltose. O autor observou ainda que, após o tratamento térmico da batata doce a doçura aumentou significativamente. Este fato pode estar relacionado com os valores dos pães elaborados com farinha e purê de batata doce.

Durante o processo de fabricação de produtos panificados utilizando a batata doce, as consequências do seu aquecimento levam a mudanças no comportamento funcional do produto. A maior mudança está na composição química, incluindo a diminuição do teor de amido e produção de maltose. O cozimento quebra os grânulos de amido para formar dissacarídeos e monossacarídeos, e ao mesmo tempo, degradar a glicose fazendo com que se eleve o teor de maltose. Dependendo do método de preparação dos insumos da batata doce e do pão, essas mudanças podem

acontecer em maior ou menor grau. Como consequência disso, foi obtido um produto aromatizado, macio e sem a necessidade de adição de açúcar (LAI et al., 2013; CHAN et al., 2014; LONČARIĆ et al., 2016).

5.3 ACIDEZ TITULÁVEL (ATT) E pH

Os resultados encontrados de pH e acidez titulável encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores de pH e ATT

Amostra	pH	ATT (% v/m)
FFTB	5,52 ^a ±0,04	0,70 ^b ±0,04
FPBD	6,13 ^a ±0,02	0,68 ^b ±0,02
FFBD	6,22 ^a ±0,01	0,65 ^b ±0,02
FNFTB	4,91 ^b ±0,00	3,63 ^a ±0,03
FNPBD	4,86 ^b ±0,01	3,96 ^a ±0,02
FNFB	4,92 ^b ±0,00	3,63 ^a ±0,04

Nota: Resultados apresentados na forma de média ±desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os pães FFTB, FPBD e FFBD não apresentaram diferenças estatísticas entre si, bem como os pães desenvolvidos com fermento natural. Já as duas formas de fermentação diferiram significativamente entre si, o que comprova a diminuição do pH em pães de fermentação natural. Plessas et al. (2011) relataram valores de pH em pães de fermentação natural em torno de 3,9, muito próximo dos valores encontrados neste trabalho. Os valores de pH para pães elaborados com fermento biológico encontram-se na faixa normal para esse produto, em geral, 5,4-6,1 (TACO, 2016).

Apesar do pH satisfatório, esses produtos apresentaram uma baixa acidez variando de 0,65 a 0,7 % v/m, estando abaixo do observado na literatura 1,5-3,3 % v/m (QUILEZ et al., 2006). Os pães de fermentação natural também apresentaram um valor menor que o encontrado na literatura 5,31-5,61 (MOORE DAL et al., 2008). Nos pães de fermentação natural, os ácidos orgânicos são responsáveis pela redução do pH nas massas, e possuem influência direta no sabor e na sua conservação. Segundo Sanz-Penella; Tamayo-Ramos e Haros (2012), a quantidade adicionada de *sourdough* e o tempo de fermentação é diretamente proporcional a redução do pH e aumento de ATT, e durante a fermentação as leveduras apresentam boas condições para o desenvolvimento em valores de pH próximos de 4,0-5,0. Quando este valor está acima de 6,0, a fermentação pode ser prejudicada, pois há produção

maior de glicerina, ácido acético e álcool etílico. Como consequência, o pão apresenta um sabor desagradável, interferindo na qualidade sensorial, textura e no volume.

5.4 ÁCIDOS ORGÂNICOS

A tabela 7 demonstra os valores encontrados para a quantidade de ácidos orgânicos nas diferentes fermentações.

Tabela 7 – Valores de ácido acético e ácido láctico

	% Ácido láctico (g/100g)	% Ácido acético (g/100g)
FFTb	0,138 ^b ±0,01	-
FPbD	0,131 ^b ±0,01	-
FFbD	0,137 ^b ±0,01	-
FNFTb	1,366 ^a ±0,03	0,627 ^a ±0,01
FNFPbD	1,258 ^a ±0,04	0,628 ^a ±0,01
FNFBbD	1,224 ^a ±0,05	0,627 ^a ±0,01

Nota: Resultados apresentados na forma de média ±desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os valores de ácido láctico encontrado nos pães de fermentação biológica variaram entre 0,131 a 0,138%, não apresentando diferença estatística significativa, e os valores de ácido acético não foram detectadas quantidades significativas. Os valores dos pães elaborados com fermento natural não apresentaram diferença significativa entre si, tanto para ácido láctico quanto para ácido acético, embora apresentaram valores superiores do ácido láctico aos pães elaborados com fermento biológico. Os valores encontrados na literatura, com pH semelhante ao deste trabalho corroboram com os relatados na tabela 7 (MALIK et al., 2012; DEBONE et al., 2020). Segundo este autor, durante a fermentação da massa, a acidificação é alcançada pela produção de ácidos orgânicos (principalmente ácido láctico e acético) pelas bactérias lácticas.

Os ácidos orgânicos, compostos voláteis responsáveis também pelo aroma e controle microbiológico dos produtos panificados, são formados durante a fermentação e forneamento do pão. Na fermentação biológica são provenientes da atividade das leveduras *Saccharomyces cerevisiae*; nos pães elaborados com *sourdough*, através das bactérias lácticas. O método de fermentação e o tempo são fatores determinantes para a quantidade de ácidos orgânicos. Pães elaborados com

tempos mais longos de fermentação apresentaram maiores quantidades de ácidos (BIRCH et al., 2013; POINOT et al., 2008).

5.5 ATIVIDADE DE ÁGUA (AW)

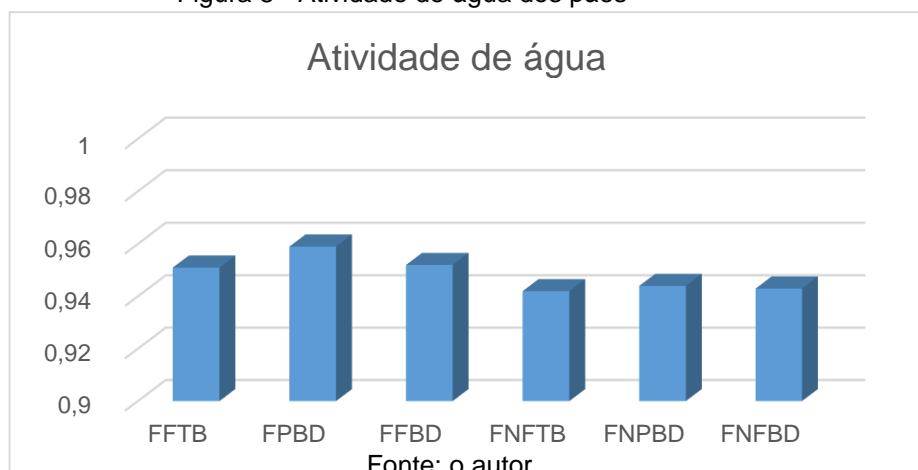
O termo atividade de água é usado para designar o quanto a água está disponível no alimento, indica a intensidade com que a água está associada aos constituintes não aquosos. A estabilidade de um alimento, é mais previsível pela medida da atividade de água do que pelo valor da umidade. A determinação da A_w fornece um dado real, correlacionando-se diretamente com as velocidades de crescimento microbiano e outras reações de deterioração, desta forma, a análise da atividade de água é um dado de extrema importância no que relaciona a estabilidade de um produto e sua segurança microbiológica (RIBEIRO et al., 2004). Os valores encontrados de A_w estão descritos na Tabela 8 e ilustrados na Figura 8.

Tabela 8 - Atividade de água

Amostra	A_w
FFTb	0,95 ^a ± 0,02
FPbD	0,96 ^a ± 0,02
FFbD	0,95 ^a ± 0,02
FNFTb	0,94 ^a ± 0,01
FNPbD	0,94 ^a ± 0,02
FNFBd	0,94 ^a ± 0,01

Nota: Resultados apresentados na forma de média ± desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Figura 8 - Atividade de água dos pães



Os valores encontrados para atividade de água dos pães com fermento biológico e para pães de fermentação natural não diferiram estatisticamente entre si. Chikpah et al. (2021) encontrou valores entre 0,837-0,960, comprovados os dados do estudo e a alta atividade de água dos pães.

Segundo Silva (2007), produtos que apresentam valores de A_w em torno de 0,8- 0,99 favorecem o desenvolvimento de bolores e leveduras, classificando desta forma os pães como produtos com tendência a instabilidade microbiológica.

A atividade de água de um alimento pode ser reduzida pelo aumento da concentração de solutos na fase aquosa do alimento, tanto pela remoção de água como pela adição de sólidos como, por exemplo, sal ou açúcar, fato que pode ser observado nas formulações FPBD, FFBD, FNPBD, FNFBBD (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

A atividade de água também diminui com a adição da farinha de batata doce, que pode ser atribuído à fibra e aos açúcares na farinha, que pode absorver água livre e reduzir sua disponibilidade no produto final cozido (KORESE et al., 2021).

Nos pães formulados neste estudo não foi adicionado nenhum agente conservante. Os pães de fermentação biológica apresentaram sinais de bolores a partir do terceiro dia de preparo, já os pães de fermentação natural, apresentaram sinais de bolor a partir do sétimo dia de preparação.

5.6 VOLUME DOS PÃES

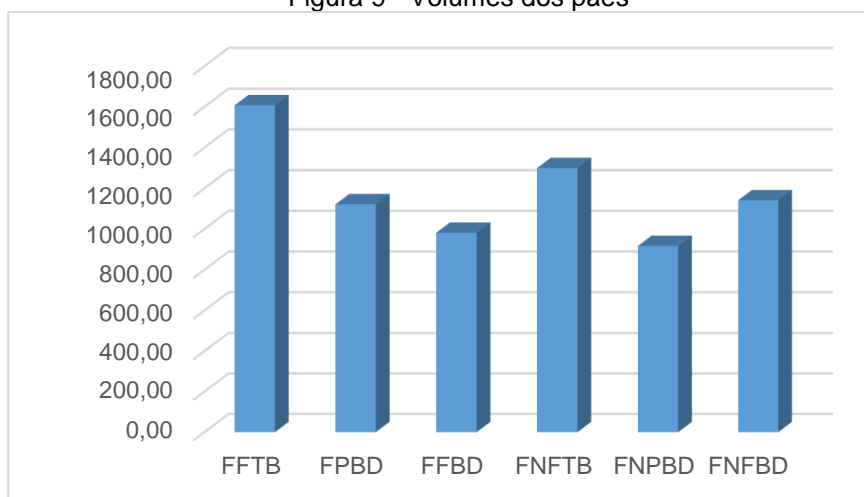
A Tabela 9 e a Figura 9 ilustram os volumes dos pães encontrados neste estudo. Para a análise de volume dos pães, foram utilizados os pães assados em formas de alumínio.

Tabela 9 - Volume dos pães

Amostra	Volume (mL)
FFTB	1608,01 ^a ± 0,02
FPBD	1121,57 ^c ± 0,01
FFBD	981,75 ^d ± 0,02
FNFTB	1299,22 ^b ± 0,00
FNPBD	917,10 ^d ± 0,02
FNFBBD	1141,28 ^c ± 0,01

Nota: Resultados apresentados na forma de média ± desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Figura 9 - Volumes dos pães



Fonte: o autor

Com a adição de farinha e purê de batata doce (5-30%), ocorre uma diminuição no volume do pão. A formação de uma estrutura de rede de glúten durante a fabricação do pão é responsável pela propriedade viscoelástica da massa e pela capacidade de retenção de gás dióxido de carbono durante a fermentação e estágios iniciais do assamento. Os grânulos de amido na farinha interagem com o glúten para formar interações amido-amido e amido-glúten durante a mistura da massa, que são importantes para a elasticidade da massa. Estudos apontam que a gelatinização do amido durante o cozimento causa um aumento na viscosidade da massa, minimiza a extensibilidade da massa e aumenta a pressão em bolhas de gás, resultando na ruptura das membranas dessas bolhas de gás. A farinha e o purê de batata gelatinizam muito cedo durante a fase de cozimento devido à sua menor temperatura de gelatinização e redução da expansão da massa, e como consequência, resultou em menor volume do pão. Portanto, a substituição da farinha de trigo pela farinha e purê de batata doce diluem o glúten, bem como diminui a temperatura de gelatinização acarretando em um declínio no volume do pão e no volume específico (KORESE et al., 2021; CHIKPAH, 2021; EDUN et al., 2018).

5.7 COR INSTRUMENTAL

A cor do pão é uma propriedade de qualidade importante que influencia a aceitação pelo consumidor. A cor do pão depende da farinha e de reações químicas como a reação de *Maillard* que ocorre durante o cozimento (BARROS et al., 2018) Os

parâmetros de cor encontrados no purê e na farinha de batata doce estão demonstrados na Tabela 10

Tabela 10 – Cor Instrumental do purê e farinha de batata doce

Parâmetros	Purê	Farinha
L*	40,64±0,18	78,50±0,99
a*	-0,98±0,19	-0,87 ±0,18
b*	17,02±0,29	19,81±0,23
C*	17,05	19,82
H°	93,29	92,51

Nota: Resultados apresentados na forma de média±desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p>0,05$).

Os valores obtidos referentes a análise de cor do miolo dos pães obtidos neste estudo estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados das análises de cor do miolo dos pães

Amostras	L*	a*	b*	°H	Chroma*
FFTb	77,63±0,49	1,24±0,85	22,59±0,69	86,85	22,62
FPbD	76,85±0,45	0,16±0,06	24,60±0,01	89,62	24,6
FFbD	70,29±0,25	1,09±0,10	21,04±0,22	87,03	21,07
FNFTb	79,92±0,41	0,75±0,04	21,83±0,18	88,03	21,84
FNPbD	71,25±0,33	-1,15±0,02	20,13±0,37	93,27	20,16
FNFBd	62,43±0,73	0,15±0,1	18,69±0,14	89,54	18,69

A tabela nos mostra que todas as amostras indicam alta luminosidade. As amostras FFTb e FNFTb apresentaram maiores valores de L*, o que caracteriza essas amostras como mais claras, sendo o pão de fermentação natural o que apresentou miolo mais claro entre todos. Os pães elaborados com farinha de batata doce FFbD e FNFBd apresentaram um valor de L* mais baixo, possuindo um miolo mais escuro. O pão elaborado com purê, FNPbD, apresentou uma maior tendência à coloração verde, que os pães FPbD, FFbD, FNFBd (que também apresentaram mudança de cor), uma vez que ao realizar a análise da matéria prima (purê), encontrou-se o valor $a^* = -0,98$. O pão FPbD apresentou maior valor de b*, com isso uma forte tendência a cor amarela. As amostras apresentaram valores °H semelhantes, mais próximos do amarelo, com exceção o pão FNPbD, apresentando uma tendência entre o amarelo e verde, por se encontrar no segundo quadrante. Com relação a cromaticidade, que estabelece a intensidade de cor de uma amostra, revelando que valores próximos a zero às amostras possuem cores neutras e próximas a 60 cores vívidas (fortes), todas as amostras possuem valores para

caracteriza-las como uma tendência a cores vívidas.

Os valores obtidos referentes a análise de cor da casca dos pães obtidos neste estudo estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12 – Resultados das análises de cor da crosta dos pães

Amostra	L*	a*	b*	H°	Chroma*
FFTB	51,73±0,34	17,31±0,60	35,66±1,29	64,13	39,64
FPBD	31,53±0,79	14,58±0,12	18,43±0,89	51,65	23,51
FFBD	40,70±1,17	17,53±0,77	27,96±1,59	57,92	33,00
FNFTB	56,32±1,80	16,29±0,88	35,95±1,52	65,62	39,45
FNPBD	48,95±1,22	17,30±0,36	30,44±0,98	60,39	35,01
FNFB	38,26±1,48	14,61±0,91	21,00±1,29	55,17	25,58

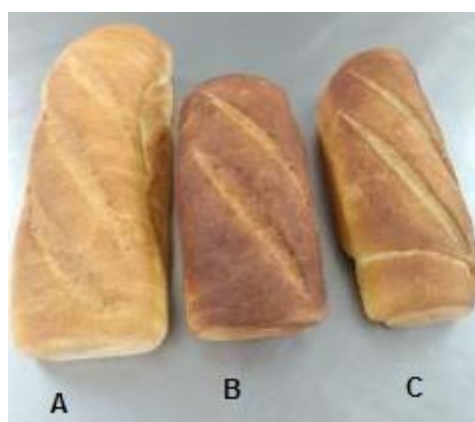
As amostras FFTB e FNFTB, apresentaram maiores valores de L*, sendo as amostras mais claras. Todas as amostras apresentaram maiores tendências para a coloração vermelha e menores para a coloração verde. Para a variável b, todas as amostras apresentaram maiores tendências para a coloração amarela. Todas as amostras também apresentaram tendência a tonalidade amarela. Com relação cromaticidade, todas as amostras tendem para serem classificadas como cores vívidas. Os valores encontrados neste trabalho corroboram com a literatura estudada. Chikpah et al., (2020) verificou que o acréscimo de batata doce altera a luminosidade, diminuindo o L* e aumentando o valor de b*, na tonalidade amarelo do miolo. Isto pode estar ligado a variedade da batata doce utilizada, bem como a presença de pigmentos. Com relação a crosta, a luminosidade e a tendência a coloração amarela (b*) diminuíram, segundo este autor, pode ser atribuído a reação de *Maillard* durante o assamento, facilitada pela oferta do açúcar na farinha, o que está diretamente relacionado à quantidade de farinha de batata doce adicionada, que no experimento estudado, foi utilizado 10%.

Segundo dados encontrados literatura, a incorporação de farinha de batata doce e purê em pães provoca uma mudança na cor das amostras, com escurecimento gradual à medida que se eleva a porcentagem de substituição de batata doce. Chan et al., (2014) e Lončarić et al., (2016) relatam que a batata doce possui uma série de compostos polifenólicos que podem ser oxidados na presença de enzimas denominadas polifenoloxidasas (PPO), entre elas, catecol oxidase e cresolase. O substrato e a enzima são separados em camadas intactas, que se esta camada é rompida, os componentes se misturam ocorrendo a oxidação. Os produtos iniciais da

oxidação são as quinonas, que se condensam rapidamente ou que reagem com o grupo aminoácidos e proteínas livres, para produzir polímeros castanhos escuros relativamente insolúveis.

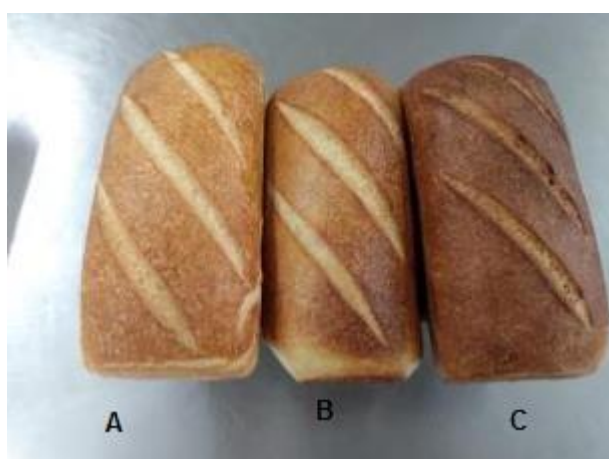
As figuras 10 e 11 demonstram as colorações das crostas encontradas nos pães de fermentação biológica e fermentação natural, respectivamente. Para a realização das fotos, foram pegos pães tanto da esteira quanto da forma, apenas para melhor visualização da cor.

Figura 10 – Pães de fermentação biológica/ coloração da crosta



Nota: A- FFTB, B- FPBD, C-FFBD
Fonte: o autor

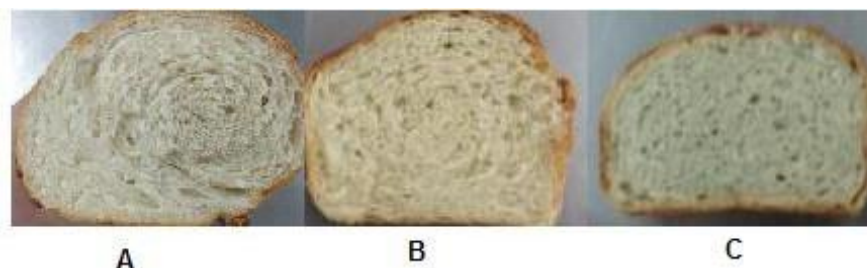
Figura 11- Pães de fermentação natural/ coloração da crosta



Nota: A- FNTB, B- FNPBD, C-FNFBD
Fonte: o autor

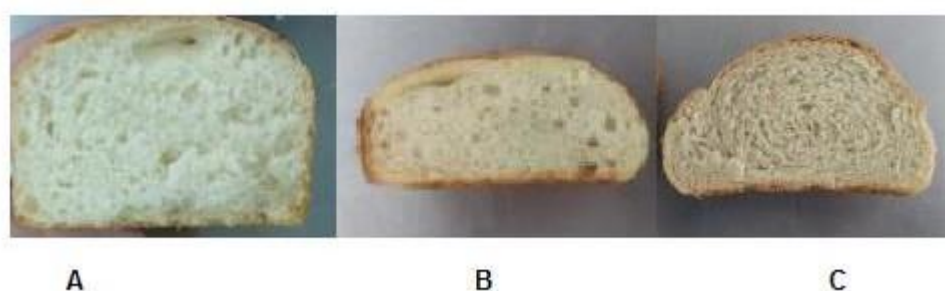
As figuras 12 e 13 demonstram a cor do miolo dos pães elaborados com fermento biológico e com fermento natural, respectivamente.

Figura 12 – Pães de fermentação biológica/ coloração do miolo



Nota: A- FFTB, B- FPBD, C-FFBD
 Fonte: o autor

Figura 13 - Pães de fermentação natural/ coloração do miolo



Nota: A- FNTB, B- FNPBD, C-FNFBD
 Fonte: o autor

5.8 TEXTURA

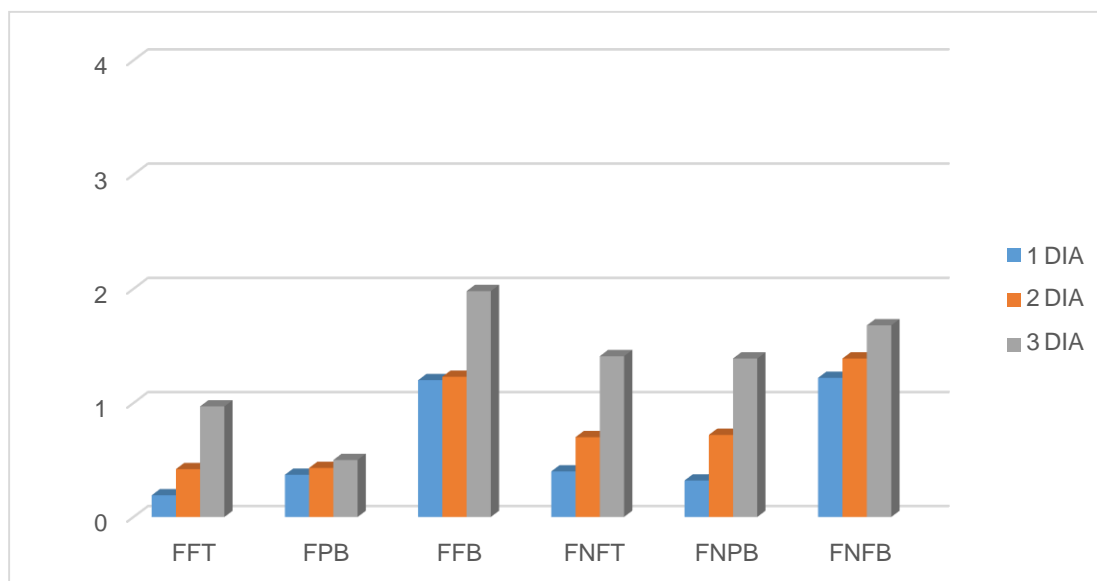
A firmeza do miolo dos pães está ilustrada na Tabela 13 e na Figura 14.

Tabela 13 - Textura dos pães

Amostra	1º DIA	2º DIA	3º DIA
FTTB	195,40 ^c ± 0,02	427,07 ^c ± 0,02	975,67 ^c ± 0,01
FPBD	327,79 ^b ± 0,01	433,66 ^c ± 0,02	502,85 ^d ± 0,01
FFBD	1207,08 ^a ± 0,01	1235,47 ^a ± 0,01	1988,44 ^a ± 0,01
FNFTB	408,96 ^b ± 0,01	701,58 ^b ± 0,01	1419,23 ^b ± 0,01
FNPBD	324,86 ^b ± 0,01	721,42 ^b ± 0,02	1394,09 ^b ± 0,02
FNFBD	1223,4 ^a ± 0,02	1391,59 ^a ± 0,01	1683,82 ^b ± 0,02

Nota: Resultados apresentados na forma de média ± desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$).

Figura 14 - Firmeza do miolo



Fonte: o autor

Na análise, o probe comprime a amostra de 25 mm até 40% da sua altura original, isto significa uma compressão de 10 mm de profundidade, retornando ao ponto inicial. Nesta análise, com uma espessura de 125 mm, foram medidas duas fatias juntas, 250 mm, com compressão de 100 mm.

A força máxima em pães depende diretamente da sua formulação, isto é, a qualidade da farinha utilizada, quantidade de água no processo, processo fermentativo, adição ou não de melhoradores, gordura e açúcar.

A análise dos resultados na Figura 14, aponta para valores de menor firmeza para os pães FFTB, FPBD, FNFTB e FNPBD. Os pães elaborados com a farinha de batata doce apresentaram valores altos para firmeza, isto é, menor maciez, necessitando desta forma uma salivação e mastigação maior. Os pães elaborados com *sourdough* (FNFTB e FNPBD), no primeiro dia apresentaram pouca diferença na maciez em relação aos similares utilizando o fermento biológico, mas após o segundo dia, foi verificado um aumento nos valores de firmeza. Coda et al. (2010) sugerem que a diminuição do pH causada pela produção de ácido lático influencia nas propriedades da massa, tornando-as menos macias.

5.9 DIGESTIBILIDADE *IN VITRO*

O pão é uma fonte significativa de carboidratos e possui um elevado índice glicêmico. Reduzir a acessibilidade do amido para as amilases digestivas pode ser

uma opção válida para moderar estas respostas glicêmicas e, pesquisas recentes mostram que a incorporação de grãos é uma estratégia eficaz (KOROMPKIS et al., 2021).

O cálculo da digestibilidade do amido presente no pão, foi com base no teor de amido total do produto, já citado na Tabela 4, no item 5.1. A Tabela 14 demonstra os valores obtidos para cada amostra de amido de rápida digestão (RDS), amido de lenta digestão (SDS) e amido resistente (RS).

Tabela 14 - Digestibilidade *in vitro* do amido no pão

Amostra	RDS%	SDS%	RS%
FFTB	30,75 ± 0,05	12,87 ± 0,04	0
FPBD	31,51 ± 0,01	7,61 ± 0,01	0
FFBD	31,36 ± 0,04	9,45 ± 0,02	0
FNFTB	34,13 ± 0,03	7,21 ± 0,03	0,49 ± 0,02
FNPBD	37,82 ± 0,03	2,11 ± 0,04	0,50 ± 0,02
FNFB	37,48 ± 0,04	3,43 ± 0,03	0,65 ± 0,02

A quantidade de amido de rápida digestão foi maior nos pães elaborados com fermento natural, uma vez que estes possuíam maior teor de amido 40,58-43,72% e apresentaram valores de RS. Scazzino et al. (2009) relataram que pães preparados com fermento natural, quando comparados aos pães de fermentação biológica, apresentaram um conteúdo maior de RS, levantando a hipótese de que a presença de ácidos orgânicos podem aumentar a retrogradação do amido, e portanto, o teor de RS. Com relação ao pão FFTB, por ser formulado somente com farinha branca, esperava-se um valor maior de RDS e menor de SDS, como verificado por Korompis et al. (2021). Os pães elaborados com farinha de batata doce em ambas as fermentações apresentaram valores um pouco menores em RDS que os formulados com purê, mas apresentaram valores maiores em SDS. Este resultado pode ser explicado através dos diferentes modos de preparo da batata doce em relação ao tempo e a temperatura, e com relação ao tempo de gelatinização do amido e a presença de fibras, que foi ligeiramente maior na farinha de batata doce.

6 CONCLUSÃO

Com os resultados demonstrados neste trabalho, foi possível verificar o impacto na qualidade e características químicas e físico químicas dos pães utilizando a substituição parcial da farinha de trigo branca por purê e farinha de batata doce, com dois métodos fermentativos distintos.

A caracterização dos produtos possibilitou verificar diferença no teor de umidade, proteínas e fibras, bem como amido. Os pães adicionados com purê apresentaram uma maior umidade. Pães adicionados de glúten vital apresentaram uma diferença significativa entre eles, verificando a diluição do glúten na farinha e purê. Os pães elaborados somente com farinha de trigo branca, apresentaram menores quantidades de fibras e maiores quantidades de amido. Os pães com purê e farinha de batata doce apresentaram maiores teores de maltose e menor volume.

Os pães que foram feitos a partir do método de fermentação natural, apresentaram valores menores de pH, e maiores de ATT, bem como valores mais elevados de ácido lático e ácido acético, que na fermentação biológica, este último ácido foi indetectável.

Da mesma forma, relacionando o método fermentativo, as amostras utilizando o *sourdough*, apresentaram menores valores para a atividade de água, e verificando uma durabilidade maior.

Os pães FFTB e FPBD apresentaram maior maciez, enquanto os pães com fermento natural apresentaram uma diferença de textura significativa no decorrer dos dias, e as amostras adicionadas de farinha de batata doce apresentaram menor maciez entre todas as amostras.

A adição da batata doce tanto em forma de farinha quanto de purê, impactou na luminosidade das amostras, que apresentaram tanto miolos quanto crosta mais escuros, sendo o de purê, com maior diferença no miolo. Todas as amostras apresentaram uma tendência a coloração vermelha e amarela, com cores fortes.

Com relação a digestibilidade, pães elaborados com fermento natural apresentaram maior valor de RDS, pois apresentaram um conteúdo de amido total maior, mas verificou-se a o método de fermentação, impacta na formação de RS. Pães elaborados com farinha de batata doce apresentaram valores ligeiramente maiores de SDS que os pães formulados com purê.

Por fim, pode-se concluir que todas as amostras apresentaram características

físicas e físico químicas compatíveis com estudos publicados na literatura e comparável ao pão padrão consumido no dia a dia. Desta forma, verificou-se também que a adição de batata doce como ingrediente em panificação traz benefícios, bem como a utilização com fermento natural.

REFERÊNCIAS

- AACC. **International Approved Methods of Analysis**. 10. ed. St. Paul, 2000.
- AGUILAR, N.; ALBANELL, E.; MIÑARRO, B., CAPELLAS, M. Chestnut flour sourdough for gluten-free bread making. **European Food Research Technology**, 2016.
- ALAM, M. K. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. **Trends in Food Science & Technology**, v.115, p. 512-529, 2021.
- ALFONZO, A.; URSO, V.; CORONA, O.; FRANCESCA, N.; AMATO, G.; SETTANNI, L.; DI MICELI, G. Development of a method for the direct fermentation of semolina by selected sourdough lactic acid bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 239, p. 65-78, 2016.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. [s.l: s.n.], 2019.
- AOKI, N. Sweet Potato Flour Decreases Firmness of Gluten-free Rice Bread. **Food Science and Technology Research**, v.241, p.105–110, 2018.
- APARECIDA PEREIRA, A. P.; PEDROSA SILVA CLERICI, M. T.; SCHMIELE, M., GIOIA JÚNIOR, L. C.; NOJIMA, M. A.; STEEL, C. J.; CHANG, Y. K.; PASTORE, G. M. NABESHIMA, E. H. Orange-fleshed sweet potato flour as a precursor of aroma and color of sourdough panettones. **LWT - Food Science and Technology**, v.101, p.145–151, 2019.
- ARIAS, M.; COBO, M.; JAIME-SÁNCHEZ, P.; PASTOR, J; MARIJUAN, P.; PARDO, J.; REZUSTA, A.; DEL CAMPO, R. Gut microbiota and systemic inflammation changes after bread consumption: The ingredients and the processing influence. **Journal of Functional Foods**, v. 32, p. 98-105, 2017.
- ABIP. Instituto Tecnológico da Alimentação, Panificação e Confeitaria. **Indicadores do Setor**. Jan, 2021. Disponível em: <http://institutoitpc.org.br/indicadores-do-setor/>. Acesso em: 17 maio. 2021.
- ABITRIGO. **Estatísticas 2020**. Disponível em <http://www.abitrigo.com.br/estatisticas-trigo.php>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- BACH, D.; BEDIN, A. C.; LACERDA, L. G.; NOGUEIRA, A.; DEMIATE, I. M. Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.): a versatile raw material for the food industry. **Brazilian Archives of Biology and Tecnology**, v.64, 2021.
- BARROS, J. H. T.; TELIS, V. R. N.; TABOGA, S.; FRANCO, C. M. L. Resistant starch: effect on rheology, quality and staling rate of white wheat bread. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 4578-4588, 2018.
- BELLO-PEREZ, L. A.; HOYOS-LEYVA, J. D. Development of Foods High in Slowly Digestible and Resistant Starch. [s.l.] **Elsevier Ltd**, 2017.

BIRCH, A. N.; PETERSEN, M. A.; ARNEBORG, N.; HANSEN, A.S. Influence of commercial baker's yeasts on bread aroma profiles. **Food Research International**, v. 52, p. 160-166, 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Aprova o “Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos”, constante do Anexo desta Resolução. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. D.O.U – **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005. Disponível em http://anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_263_2005.pdf/d6f557da-7c1a-4bc1-bb84-fddf9cb846c3?version=1.0. Acesso em: 05 mar. 2020.

BRASIL, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB – **Análise mensal – trigo**. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 26 abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Aprova o “Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo”. Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 105, p. 91, 3 jun. 2005. Disponível em http://sistemasweb.agricultura.gov.br/conjurnormas/index.php/instru%c3%87%c3%83o_normativa_n%c2%ba_8,_de_2_de_junho_de_2005. Acesso em: 16 abr. 2021.

BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde (SVS/MS). Aprova o “Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares – definições, classificação e emprego”. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. **Diário Oficial da União**; Brasília, 1997. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/portaria-no-540-de-27-de-outubro-de-1997.pdf/view>. Acesso em: 19 fev. 2021.

BRASIL. Agência nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Aprova o “Regulamento Técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 7 – produtos de panificação e biscoitos”. Resolução nº 383, de 05 de agosto de 1999. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1999^a. Disponível em http://anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/%281%29RES_383_1999_COMP.pdf/00d67817-c095-44ba-9203-07bd673a2f36. Acesso em: 14 nov. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Aprova o “Regulamento técnico sobre aditivos utilizados segundo as boas práticas de fabricação e suas funções, contendo os Procedimentos para Consulta da tabela e a tabela de aditivos utilizados segundo as Boas práticas de fabricação”. Portaria nº 386, de 05 de agosto de 1999. **Diário oficial da União**, Brasília, 1999c. Disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-386-de-17-de-setembro-de-2021-346341528>. Acesso em: 30 mar. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Aprova o “Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão”. Resolução nº90, de 18 de outubro de 2000. **Diário Oficial da União**, 2000. Disponível em https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/legislacaoalimentos_000fgqfs0fv02wyiv8020uvkpsom46kk.htm. Acesso em: 17 maio. 2021.

BURESOVÁ, I.; MASARIKOVÁ, L.; HRIVNA, L.; KULHANOVÁ, S.; BURES, D. The comparison of the effect of sodium caseinate, calcium casinate, carboxymethyl cellulose and xanthan gum on rice buckwheat dough rheological characteristics and textural and sensory quality of bread. **LWT – Food Science and Technology**, v. 68, p. 659-666, 2016

CANELLA-RAWLS, S. **Pão - Arte e Ciência**. 5 ed. São Paulo: Senac, 2005.

CAPELLI, A.; OLIVA, N.; CINI, E. Stone milling versus roller milling: A systematic review of the effects on wheat flour quality, dough rheology, and bread characteristics. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 147-155, 2020.

CARBALLO PÉREZ, I.; MU, T. H., ZHANG, M.; JI, L. L. Effect of high hydrostatic pressure to sweet potato flour on dough properties and characteristics of sweet potato-wheat bread. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 53(4), p. 1087–1094, 2018.

CARVALHO, N.; ANGELIS, M.; CALASSO, M.; QUINTO, M.; MENTANA, A.; MINERVINI, F.; CAPELLE, S.; GOBETTI, M. Microbial cell-free extracts affect the biochemical characteristics and sensorial quality of sourdough bread. **Food Chemistry**, v. 237, p. 159-168, 2017.

CHAN, C. F.; CHIANG, C. M.; LAI, Y. C.; HUANG, C. L.; KAO, S. C.; LIAO, W. C. Changes in sugar composition during baking and their effects on sensory attributes of baked sweet potatoes. **Journal of Food Science and Technology**, [S. l.], v. 51, p. 4072–4077, 2014.

CHANG, Q.; ZHENG, B.; ZHANG, Y.; ZENG, H. A comprehensive review of the factors influencing the formation of retrograded starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 186, p. 163-173, 2021.

CHEN, G.; EHMKE, L.; SHARMA, C.; MILLER, R.; FAA, P.; SMITH, G.; LI, Y. Physicochemical properties and gluten structures of hard wheat flour doughs as affected by salt. **Food Chemistry**, v. 275, p. 569-576, 2018.

CHIEN, R. C; ULZIJARGAL, E.; MAU, J. L. Quality of bread supplemented with *Antrodia salmonela*-fermented grains. **Food Technology and Biotechnology**, v.54.2, p.180, 2016.

CHIKPAH, S. K.; KORESE, J. K.; HENSEL, O.; STURM, B.; PAWELSIK, E. Rheological properties of dough and bread quality characteristics as influenced by the proportion of wheat flour substitution with orange-fleshed sweet potato flour and baking conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 147, 2021.

CODA, R., VARIS, J., VERNI, M.; RIZZELLO, C. G.; KATINA, K. Improvement of the protein quality of wheat bread through fava bean sourdough addition. **LWT - Food Science and Technology**, v. 82, p. 296-302, 2017.

CODA, R.; RIZZELLO, C. G.; GOBETTI, M. Use of sourdough fermentation and pseudo cereals and leguminous flours for the making of a functional bread enriched

of δ aminobutyric acid (GABA). **International Journal of Food Microbiology**, v. 137, p. 236- 245, 2010.

CORONA, O.; ALFONZO, A.; VENTIMIGLIA, G.; NASCA, A.; FRANCESCA, N.; MARTORANA, A.; MOSCHETTI, G.; SETTANNI, L. Industrial application of selected lactic acid bacteria isolated from local semolinas for typical sourdough bread production. **Food Microbiology**, v. 59, p.43–56, 2016.

CORTES, Hernan J. **Multidimensional chromatography: techniques and applications**.CRC Press, 2020.

CURIEL, J. A.; CODA, R.; CENTOMANI, I.; SUMMO, C.; GOBBETTI, M.; RIZZELLO, C. G. Exploitation of the nutritional and functional characteristics of traditional Italian legumes: the potential of sourdough fermentation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 196, p. 51–61, 2015.

DE ALBUQUERQUE, T. M. R., SAMPAIO, K. B., DE SOUZA, E. L. Sweet potato roots: Unrevealing an old food as a source of health promoting bioactive compounds – A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 145, p. 277–286, 2019.

DEBONNE, E.; SCHOORS, F. V.; MAENE, P.; VAN, F. Comparison of the antifungal effect of undissociated lactic and acetic acid in sourdough bread and in chemically acidified wheat bread. **International Journal of Food Microbiology**, v.321, p. 114-119, 2020.

DEMIATE, I. M.; BARANA, A. C.; CEREDA, M. P.; WOSIACKI, G. Perfil de ácido orgânico de amido de mandioca azedo comercial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, 1999.

DE VUYST, L.; VAN KERREBROECK, S.; LEROY, F. Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation. **Advances Applied Microbiology**, v. 100, p. 49- 160, 2017.

DIOWKSZ, A.; SADOWSKA, A. Impact of sourdough and transglutaminase on gluten free buckwheat bread quality. **Food Bioscience**, v. 43, 2021.

DUBE, N. M., XU, F., ZHAO, R. The efficacy of sorghum flour addition on dough rheological properties and bread quality: a short review. **Grain & Oil Science and Technology**, v. 4, p. 164-171, 2020.

EDUN, A. A., OLATUNDE, G. O., SHITTU, T. A., ADEOGUN, A.I. Flour, dough and bread properties of wheat flour substituted with orange-fleshed sweet potato flour. **Journal of Culinary Science & Technology**, v. 146, p. 1-16, 2018.

EL SHEIKHA, A. F., & RAY, R. C. Potential Impacts of bioprocessing of sweet potato: Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 455–471, 2017.

ENGLYST, H. N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European journal of clinical nutrition**, v. 46, p. 33-50, 1992.

ESTELLER, M. S., LANNES, S. C. S. Parâmetros Complementares para Fixação de Identidade e Qualidade de Produtos Panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, p. 802-806, 2005.

FAOSTAT – **Food and Agriculture Organization of the United States. (2020)**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> Acesso em: 05 de agosto de 2021.

FELLI, R. ; YANG, T. A.; ABDULLAH, W. N. W. ; ZZAMAN, W. Effects of Incorporation of Jackfruit Rind Powder on Chemical and Functional Properties of Bread. **Tropical life sciences research**, v. 29, p.113-126, 2018.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria – princípios e aplicações na agricultura. **Embrapa Instrumentação**, p. 8-10, 2017.

FRAŚ, A.; GOŁĘBIEWSKI, D.; GOŁĘBIEWSKA, K.; MAŃKOWSKI, D. R.; GZOWSKA, M.; BOROS, D. Triticale-oat bread as a new product rich in bioactive and nutrient components. **Journal of Cereal Science**, v. 82, p. 146-154, 2018.

GHODKI, B. M; DADLANI, G.; GHODKI, D. M; CHAKRABORTY, S. Functional whole wheat breads: Compelling internal architecture. **LWT - Food Science and Technology**, v.108, p. 301-309, 2019.

GOBETTI, M.; DE ANGELIS, M.; DI CAGNO, R.; CALASSO, M.; ARCHETTI, G.; RIZELLO, C.G. Novel insights on the functional features of the sourdough fermentation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 302, p. 103-113, 2018.

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

GRAY, J. A., BEMILLER, J. N. Bread staling: molecular basis and control. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 2, p. 1-21, 2003.

GREENE, J.L.; BOVELL-BENJAMIN, A.C. Macroscopic and Sensory Evaluation of Bread Supplemented with Sweet potato Flour. **Journal of Food Science**, v. 69, p. SNQ167-SNQ173, 2006.

HALLEN, E.; IBANOGLU, S.; AINSWORTH, P. Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 177-184, 2004.

IGLESIAS-PUIG, E.; MONEDERO, V.; HAROS, M. Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, p. 71–77, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JU, D.; MU, T. H.; HU, N. Sweet potato and potato residual flours as potential nutritional and healthy food material. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 16, p. 2632-2645, 2017.

KERREBROECK, S. V.; COMASIO, A.; HARTH, H.; VUYST, L. D. Impact of starter culture, ingredients, and flour type on sourdough bread volatiles as monitored by selected ion flow tube-mass spectrometry. **Food Research International**, v. 106, p. 254-262, 2018.

KOMLENIĆ, D. K.; UGARCIC-HARDI, Z.; JUKIC, M.; PLANINIC, M.; BUCIC-KOJIC, A.; STRELEC, I. Wheat dough rheology and bread quality effect by *Lactobacillus brevis* preferment, dry sourdough and lactic acid addition. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, p. 1417-1425, 2010.

KORESE, K. J. , CHIKPAH, S. K., HENSEL, O. ,PAWELZIK, E., STURM, B. Effect of orange-fleshed sweet potato flour particle size and degree of wheat flour substitution on physical, nutritional, textural and sensory properties of cookies. **European Food Research and Technology**, v. 247, p. 889-905, 2021.

KOROMPOKIS, K., DELEU, L. J., DELCOUR, J. A. The impact of incorporating coarse wheat farina containing endosperm cells in a bread recipe on bread characteristics and starch digestibility. **Journal of Cereal Science**, v. 102, 2021.

KTENIOUDAKI, A.; BUTLER, F.; GONZALES – BARRON, U.; MC CARTHY, U.; GALLAGHER, E. Monitoring the dynamic density of wheat dough during fermentation. **Journal of Food Engineering**, v. 95, p. 332-338, 2015.

LAI, Y. C., HUANG, C.-L., CHAN, C.-F., LIEN, C.-Y., LIAO, W. C. Studies of sugar composition and starch morphology of baked sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **Journal Food Science Technology**, v. 50 (6), p. 1193-1199, 2013.

LAURIE. S.; FABER, M.; ADEBOLA, P.; BELETE, A. Biofortification of sweet potato for food and nutrition security in South Africa. **Food Research International**. v. 76(P4), p. 962–970, 2015.

LEHMANN, U.; ROBIN, F. Slowly digestible starch - its structure and health implications: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 18, p. 346–355, 2007.

LEÓN, K.; MERY, D.; PEDRESCHI, F.; LEÓN, J. Color measurement in L* a* b* units from RGB digital images. **Food Research International**, v. 39, p. 1084-1091, 2006.

LIU, G.; GU, Z.; HONG, Y.; CHENG, L.; LI, C. Structure, functionality and applications of debranched starch: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 63, p. 70– 79, 2017.

LIU, T.; LI, Y.; CHEN, J.; SADIQ, F.A.; ZHANG, G.; LI, Y.; HE, G. Prevalence and diversity of lactic acid bacteria in Chinese traditional sourdough revealed by culture dependent and pyrosequencing approaches. **LWT - Food Science and Technology**, v. 68, p. 91-97, 2016.

LONČARIĆ*, A.; SVRAKAČIĆ, B.; TIBAN, N.N.; KOPJAR, M.; PILIŽOTA, V. Effect on baking and steaming on physicochemical and thermal properties of sweet potato puree preserved by freezing and freeze-drying. **Journal Food Science Technology**, v. 8 (2), p. 90-98, 2016.

MACDOUGALL, D.B. Colour in food: improving quality. **Woodhead Publishing, Cambridge**, p. 388, 2002.

MALAVI, D. N.; MUZHINGI, T.; ABONG, G. O. Good manufacturing practices and microbial contamination sources in orange fleshed sweet potato puree processing plant in Kenya. **International Journal of Food Science**, v. 2018, p. 1-12, 2018.

MALIK, D. K.; BHATIA, D.; NIMBRIYA, A.; KUMAR, S. Lactic acid bacteria and bacteriocin: A review. **Journal of Pharmacy Research**, v. 5, p. 2510-2513, 2012.

MBOGO, D.; MUZHINGI, T.; JANASWAMY, S. Starch digestibility and β carotene bioaccessibility in the orange fleshed sweet potato puree wheat bread. **Journal of Food Science**, v.86, p. 901-906, 2021.

MITIKU, D. H.; ABERA, S.; BUSSA, N. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) flour. **British Food Journal**, v. 120(8), p. 1764–1775, 2018.

MOORE, M. M.; DAL BELLO, F.; ARENDT, E. K. Sourdough fermented by *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 improves the quality and shelf life of gluten-free bread. **Europe Food Research Technolpgy**, v. 226, p.1309-1316, 2008.

MORETTO, E.; FETT R.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M. **Introdução à ciência de alimentos**. Editora da UFSC, p. 255, 2002.

MULLER, D. C., NGUYEN, H., LI, Q., SCHONLECHNER, R., SCHWENNINGER, M., WISMER, W., GANZLE, M. Enzymatic and microbial conversions to achieve sugar reduction in bread. **Food Research International**, v. 143, p. 1-15, 2021.

MUSYOKA, J. N; ABONG,G. O.; MBOGO, D. M.; FUCHS, R.; LOW, J.; HECK, S.; MUZHINGI, T. Effects of Acidification and Preservatives on Microbial Growth during Storage of Orange Fleshed Sweet Potato Puree. **International Journal of Food Science**, v. 167, p. 149-158, 2018.

NAKAMURA, Y.; KURANOUCI, T.; OHARA-TAKADA, A.; MASUDA, R.; KUMAGI, T.; KATAYAMA, K.; Maltose Generation by Beta-amylase and its Relation to Eating Quality of Steamed Storage Roots of Sweet Potato Cultivars, Including Recently Developed Varieties in Japan. **Food Science**. v. 52, p. 7–16, 2018.

OOMS, N.; DELCOUR, J. A. How to impact gluten protein network formation during wheat flour dough making. **Current Opinion in Food Science**, 2019.

OWADE, J. O.; ABONG, G. O.; OKOTH, M. W. Production, utilization and nutritional benefits of orange fleshed sweet potato (OFSP) puree bread: a review. **Current research in nutrition and foods science**, v. 6, p. 644-655, 2018.

PAPADIMITRIOU, K.; ZOMPOPOULOU, G.; GEORGALAKI, M.; ALEXANDRAKI, V.; KAZOU, M.; ANASTASIOU, R.; TSAKALIDOU, V. **Sourdough Bread**. In: CHARIS, G. *Inovations in Traditional Foods*. 1 ed. Editora Woodhead Publishing, 2019.

PARENTI, O.; GUERRINI, L.; CANUTI, V.; ZANONI, B. The effect of the addition of gelatinized flour on dough rheology and quality of bread made from brown wheat flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 106, p. 240-246, 2019.

PASQUALONE, A.; CAPONIO, F.; AMBROGINA PAGANI, M.; SUMMO, C.; PARADISO, M. Effect of salt reduction on quality and acceptability of durum wheat bread. **Food Chemistry**, v. 289, p. 575-581, 2019.

PERERA, A.; MEDA, V.; TYLER, R.T. Resistant starch: a review of analytical protocols for determining resistant starch and of factors affecting the resistant starch content of foods. **Food Research International**, v.43, p.1 959-1974, 2010.

PÉREZ, I.C.; MU, T.-H.; ZHANG, M.; JI, L.-L. Effect of high hydrostatic pressure to sweet potato flour on dough properties and characteristics of sweet potato-wheat bread. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53 (4), p. 1087–1094, 2017.

PLESSAS, S.; ALEXPOULOS, A.; MANTZOURANI, I.; KOUTINAS, A.; VOIDAROU, C.; STAVROPOULOU, E.; BEZIRTZOGLU, E. Application of novel starter cultures for sourdough bread production. **Anaerobe**, v. 17, p. 486-489, 2011.

POINOT, P.; ARVISENET, G.; GRUA-PRIOL, J.; COLAS, D.; FILLONNEAU, C.; BAIL, A.L.; PROST, C. Influence of formulation and process on the aromatic profile and physical characteristics of bread. **Journal of Cereal Science**, v. 48, p. 686-697, 2008.

QUILEZ, J.; RUIZ, J. A.; ROMERO, M. P. Relationships between sensory flavor evaluation and volatile and nonvolatile compounds in commercial wheat bread type baguette. **Journal of Food Science**, v. 71, p. 423-S427, 2006.

REIBNER, A. M.; WENDT, J.; ZAHN, S.; ROHM, H. Sodium-chloride reduction by substitution with potassium, calcium and magnesium salts in wheat bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 108, p. 153-159, 2019

REUHS, B. L.; High performance liquid chromatography. **Food Analysis**, p. 213 – 226, 2017.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. Editora Edgard Blucher Ltda, 1 ed., 2004.

RIPARI, V.; GAÑZLE, M. G.; BERARDI, E. Evolution of sourdough microbiota in spontaneous sourdoughs started with different plant materials. **Journal Food Microbiology**, v. 232, p. 35-42, 2016.

RIZZELLO, C. G.; CALASSO, M.; CAMPANELLA, D.; ANGELIS, M.; GOBETTI, M. Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours forenhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. **International Journal of Food Microbiology**, v. 180, p. 78-87, 2014.

RIZZON, M. Z.; CUNHA, G. F; VILLAS-BOAS, V. Bread and Wine Fermentation: A Proposal for Interdisciplinary Action. **Scientia cum Industria**, v. 5, p. 129-136, 2017.

ROSELL, C. M.; MATOS, M. E. Advances in the Understanding of Gluten Related Pathology and the Evolution of Gluten-Free Foods. **Market and Nutrition Issues of Gluten-Free Foodstuff**, v. 1, p. 675–713, 2015.

SANZ- PENELLA, J.M.; TAMAYO-RAMOS, J.A.; HARS, M. Application of Bifidobacteria as Starter Culture in Whole Wheat Sourdough Breadmaking. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, p. 2370-2380, 2012.

SCAZZINA, F., DEL RIO, D., PELLEGRINI, N., BRIGHENTI, F. Sourdough bread: Starch digestibility and postprandial glycemic response. **Journal of Cereal Science**, v. 49, p. 419-421, 2009.

SELVAKUMARAN, L.; SHUKRI, R.; RAMLI, N. S.; PAK DEK, M. S.; WAN IBADULLAH, SILVA, R. S.; ARCANJO, N. M.; MORAIS, J. L.; MARTINS, A. C. S.; JERÔNIMO, H. M. A.; SILVA, A. R.; Elaboração e caracterização físico-química de farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**. v. 14, p. 127 – 131, 2020.

SILVA A.G.H; *In* : COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidae de nutrientes**. 2 ed. Barueri: Manole, p. 482-493, 2007.

SLUKOVÁ, M.; HINKOVÁ, A.; HENKE, S.; SMRZ, F.; LUKACIKOVÁ, M.; POUR, V. Cheese whey treated by membrane separation as a valuable ingredient for barley sourdough preparation. **Journal of Food Engineering**, v. 172, p. 38–47, 2016.

SU, X.; WU, F.; ZHANG, Y.; YANG, N.; CHEN, F.; JIN, Z.; XU, X. Effect of organic acids on bread quality improvement. **Food Chemistry**, v. 278, p. 267-275, 2019.

SUGIURA, F.; ITO, S.; ARAI, E. Effect of pregelatinized starch paste on the ease of swallowing high moisture content bread. **Journal of Food Engineering**, v. 2014, p. 209- 217, 2017.

SUGRI, I.; MAALEKUU, B. K.; GAVEH, E.; KUSI, F. Sweet Potato Value Chain Analysis Reveals Opportunities for Increased Income and Food Security in Northern Ghana. **Advances in Agriculture**, v. 2017, p. 1–14, 2017.

VALKOVÁ, V.; D' ÚRANOVÁ, H.; BILC'ÍKOVÁ, J.; Z'OFÁJOVÁ, A.; HAVRLETOVÁ, M. The content and quality of starch in different wheat varieties growing in experimental conditions. **Journal Microbiology Biotechnology Food Science**. v. 9, p. 462–466, 2019.

VIANNA, F. S. V. **Manual prático de panificação**. São Paulo: SENAC, 2018.

VITI, P. Pão. *In*: Aquarone E. et al. **Biotecnologia Industrial**. Biotecnologia na produção de alimentos. São Paulo, Editora Edgar Blucher Ltda, 2001.

VITHU, P.; DASH, S. K.; & RAYAGURU, K. Post-Harvest Processing and Utilization of Sweet Potato: A Review. **Food Reviews International**, v. 35, p. 726–762, 2019.

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos** 1 ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2004.

TRANCOSO-REYES, N.; OCHOA-MARTÍNEZ, L.A.; BELLO-PÉREZ, L.A.; MORALES- CASTRO, J.; ESTÉVEZ-SANTIAGO, R.; OLMEDILLA-ALONSO, B. Effect of pre-treatment on physicochemical and structural properties, and the bioaccessibility of β - carotene in sweet potato flour. **Food Chemistry**, v. 200, p. 199–205, 2016.

WANG, J.; WANG, C.; ZHEN, S.; LI, X.; YAN, Y. Low Molecular Weight Glutenin Subunits from the 1U Genome of *Aegilops umbellulata* Confer Superior Dough Rheological Properties and Improve Breadmaking Quality of Bread Wheat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, p. 6, 2017.

WANJUU, C.; ABONG, G.; MBOGO, D.; HECK, S.; LOW, J.; MUZHINGI, T. The physiochemical properties and shelf life of orange fleshed sweet potato puree composite bread. **Food Science & Nutrition**, v. 6, p. 1555-1563, 2018.

WEI, S.; LU, G.; CAO, H. Effects of cooking methods on starch and sugar composition of sweet potato storage roots. **PLOS ONE**, v. 12, p. 1–10, 2017.

WIDODO, Y.; WAHYUNINGSIH, S.; UEDA, A. Sweet Potato Production for Bio-ethanol and Food Related Industry in Indonesia: Challenges for Sustainability. **Procedia Chemistry**, v. 14, p. 493–500, 2015.

ZAMAN, S. A.; SARBINI, S. R. The potential of resistant starch as a prebiotic. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 13, p. 1-7, 2016.