

UFRRJ

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

DISSERTAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO
FÍSICO-QUÍMICA DE PÃO PITA ISENTO DE
GLÚTEN COM MISTURAS DE FARINHAS CRUAS E
EXTRUDADAS DE ARROZ, MILHETO PÉROLA,
GRÃO-DE-BICO E FEIJÃO CARIOCA**

Filipe Augusto Ramos Rodrigues Ferreira

2024



UFRRJ

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE PÃO PITA
ISENTO DE GLÚTEN COM MISTURAS DE FARINHAS CRUAS E EXTRUDADAS
DE ARROZ, MILHETO PÉROLA, GRÃO-DE-BICO E FEIJÃO CARIOCA**

Filipe Augusto Ramos Rodrigues Ferreira

Sob a orientação do Professor

Prof. Dr. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho

Coorientação da Professora

Prof. Dr. Cristina Yoshie Takeiti

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ
Maio, 2024

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F383 FERREIRA, FILIPE AUGUSTO RAMOS RODRIGUES, 1990-
d DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE
PÃO PITA ISENTO DE GLÚTEN COM MISTURAS DE FARINHAS
CRUAS E EXTRUDADAS DE ARROZ, MILHETO PÉROLA, GRÃO-DE
BICO E FEIJÃO CARIOCA / FILIPE AUGUSTO RAMOS
RODRIGUES FERREIRA. - DUQUE DE CAXIAS, 2024.
63 f.

Orientador: CARLOS WANDERLEI PILER DE CARVALHO.
Coorientador: CRISTINA YOSHIE TAKEITI.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2024.

1. DOENÇA CELÍACA. 2. EXTRUSÃO. 3. PÃO ACHATADO.
4. PULSES. 5. PANIFICAÇÃO. I. CARVALHO, CARLOS
WANDERLEI PILER DE, 1967-, orient. II. TAKEITI,
CRISTINA YOSHIE, -, coorient. III Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. PROGRAMA DE PÓS
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. IV.
Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



TERMO Nº 151/2024 - PPGCTA (12.28.01.00.00.00.00.41)

Nº do Protocolo: 23083.013807/2024-11

Seropédica-RJ, 14 de março de 2024.

FILIPE AUGUSTO RAMOS RODRIGUES FERREIRA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Ciência de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 08/03/2024

CARLOS WANDERLEI PILER DE CARVALHO, (Dr) EMBRAPA (orientador)
JOSÉ LUIS RAMIREZ ASCHERI, (Dr) EMBRAPA
FELIPE MACHADO TROMBETE, (Dr) UFSJ

Documento não acessível publicamente

(Assinado digitalmente em 20/03/2024 10:45)
CARLOS WANDERLEI PILER DE CARVALHO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.587-##

(Assinado digitalmente em 15/03/2024 06:33)
FELIPE MACHADO TROMBETE
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.916-##

(Assinado digitalmente em 14/03/2024 15:38)
JOSE LUIS RAMIREZ ASCHERI
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.788-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **151**, ano: **2024**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **14/03/2024** e o código de verificação: **487c3abc01**

*“Temos muito ainda por fazer / Não olhe pra trás
/ Apenas começamos / O mundo começa agora /
Apenas começamos”*

(Renato Russo)

DEDICATÓRIA

Dedico a meu filho, João.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço a minha vó, Naisa, por ter me apoiado de todas as formas, apesar das dificuldades que tivemos, durante toda nossa vida;
- A minha esposa, Juliana, que sem o apoio dela não teria largado tudo para fazer o mestrado;
- A minha irmã, Renata, por me dar suporte em muitos momentos;
- A minha mãe, Márcia, que, mesmo distante, ajudou em grande parte dessa empreitada;
- A minha família que, mesmo não entendendo muito bem do quão importante o encerramento deste ciclo é para mim, vem me apoiando desde a minha entrada na primeira faculdade que iniciei;
- Aos meus amigos de curso, Junior, Mylena e Marina, mas que foram de grande importância para a confecção deste trabalho e, como costumamos dizer: “ninguém solta a mão de ninguém”;
- Aos amigos que a vida me deu e que entenderam a minha distância nesse momento complicado da vida acadêmica e que acreditam mais em mim do que eu mesmo;
- Ao meu orientador, Carlos, por ter paciência e compreender as dificuldades que tivemos durante a confecção deste trabalho e nos últimos tempos. Além do agradecimento, merece total admiração e respeito pelo papel que tem desenvolvido. Agradeço, também, a generosidade de partilhar parte de seu grande conhecimento comigo e com todos que o procuram.
- Agradeço aos amigos que agreguei na Embrapa, Jhony e Monique que compartilharam muito dos seus conhecimentos que me ajudaram a chegar à conclusão dessa dissertação;
- Aos técnicos da Embrapa, em especial Mariana e Adriana que me deram suporte e boas risadas durante toda essa caminhada;
- À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa;
- À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e ao programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos;
- À Embrapa Agroindústria de Alimentos (CTAA), pela viabilidade de realização da pesquisa.

RESUMO

RODRIGUES FERREIRA, Filipe Augusto Ramos. **Desenvolvimento e Caracterização Físico-química de Pão Pita Isento de Glúten com Misturas de Farinhas Cruas e Extrudadas de Arroz, Milheto Pérola, Grão-de-Bico e Feijão Carioca Cruas e Extrudadas**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

O pão à base de trigo é um alimento amplamente consumido em todas as partes do mundo, porém, com o maior interesse em dietas isentas dessas proteínas e, também com a crescente incidência da intolerância ao glúten, doença celíaca, que acomete cerca de 1% da população mundial mostra-se necessário formular pães ausentes de glúten. Juntamente com essa necessidade vêm a dificuldade tecnológica de produzir um pão aceitável sensorialmente e nutricionalmente adequado, visto que a presença do glúten confere características importantes para o pão como tenacidade, elasticidade, retenção de gás, proveniente da fermentação, estrutura e textura. Este trabalho teve como objetivo formular um pão pita integral, sem glúten à base de farinhas pré-cozidas por extrusão termoplástica de grão-de-bico, arroz integral parboilizado, milheto pérola e feijão carioca, que atendesse às características nutricionais, como fonte de fibra alimentar e conteúdo proteico, bem como de boa aceitação sensorial visando atender não só ao grupo de pessoas com restrições alimentares. Quanto a análise sensorial, pode-se afirmar que os pães tiveram maior aceitação entre o grupo que consome pães sem glúten foram aqueles que tiveram em sua formulação farinhas integrais pré-cozidas por extrusão termoplástica, que conferiram melhor textura (maciez). Pode-se concluir que o processamento por extrusão termoplástica permitiu melhorar algumas características na elaboração do pão pita como o aumento da absorção de água por modificação do amido, levando ao aumento da maciez e da umidade e, por consequência, aumentou a aceitação global do pão pita.

Palavras-chave: Doença Celíaca; Extrusão; Pão Achatado; Leguminosas; Panificação

ABSTRACT

RODRIGUES FERREIRA, Filipe Augusto Ramos. **Development and Physicochemical Characterization of Gluten-Free Pita Bread with Mixtures of Raw and Extruded Rice Flours, Pearl Millet, Chickpeas and Raw and Extruded Carioca Beans.** 2024. Dissertation (Master's in Food Science and Technology). Institute of Technology, Department of Food Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro.

Wheat-based bread is a widely consumed food in all parts of the world, however, with greater interest in diets free of gluten proteins and also with the growing incidence of gluten intolerance and celiac disease, which affects around 1% of the world population, it is necessary to formulate gluten-free bread. Along with this need comes the technological difficulty of producing a sensorially acceptable and nutritionally adequate breads, since the presence of gluten confers important characteristics to the bread such as tenacity, elasticity and gas retention, resulting from fermentation, structure and texture. This work aimed to formulate a whole grain gluten-free pita bread based on flours pre-cooked by thermoplastic extrusion of chickpeas, parboiled brown rice, pearl millet and carioca beans, which met the nutritional characteristics, as a source of fiber food and protein content, as well as good sensory acceptance, aiming to serve not only the group of people with dietary restrictions. As for sensory analysis, it was found that breads added of whole grain flours that underwent extrusion cooking were more accepted among the group that consumes gluten-free breads than non-cooked flour due to improvement of their texture (softness). It can be concluded that processing by thermoplastic extrusion made it possible to improve some characteristics in the preparation of pita bread, such as increased water absorption by modifying the starch, leading to increased softness and moisture and, consequently, increased the global acceptance of the pita bread.

Keywords: Celiac Disease; Extrusion; Flatbread; Pulses; Baking

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formulações para o preparo dos pães pita	23
Tabela 2: Análise Farinográfica	30
Tabela 3: Análise de Características Visco-amilográficas dos Pães	32
Tabela 4: Análise de Cor das Farinhas	33
Tabela 5: Análise de Atividade de Água	34
Tabela 6: Análise de Volume Específico dos Pães	35
Tabela 7: Análise Índice de Solubilidade em Água (ISA) e Índice de Absorção de Água (IAA)	36
Tabela 8: Análise de Minerais	39
Tabela 9: Análise de Composição Nutricional	40
Tabela 10: Análise de Textura Instrumental dos Pães	41
Tabela 11: Análise Sensorial	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do grão-de-bico	15
Figura 2: Grão de arroz	16
Figura 3: Grão de feijão carioca	17
Figura 4: Grão de milho pérola	18
Figura 5: Constituição geral de uma extrusora de rosca dupla, Evolum EV05	19
Figura 6: Rede de gluten no trigo	21
Figura 7: Vilosidades intestinais normais em contraponto com DC	22
Figura 8: Fluxograma do preparo das formulações	26
Figura 9: Etapas de preparo dos pães pita	27
Figura 10: Produto Final	28
Figura 11: Comparativo da análise farinográfica entre as formulações extrudadas (FE) e cruas (FC)	31
Figura 12: Comparativo da análise RVA entre as formulações Extrudadas (FE) e Cruas (FC)	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	4
2.1	Objetivo Geral.....	4
2.2	Objetivos Específicos.....	4
3	REFERENCIAL TEÓRICO	5
3.1	Grão-de-bico	5
3.2	Arroz	6
3.3	Feijão carioca	7
3.4	Milheto Pérola.....	7
3.5	Extrusão termoplástica.....	8
3.6	História e consumo do pão, importância do glúten na panificação e doenças relacionadas .	10
4	MATERIAIS E MÉTODOS	13
4.1	Materiais.....	13
4.2	Métodos.....	13
4.2.1	Delineamento experimental.....	13
4.2.2	Obtenção das farinhas	14
4.2.3	Preparo de material.....	14
4.2.4	Processamento das farinhas por extrusão termoplástica	14
4.2.5	Análise farinográfica	15
4.2.6	Elaboração dos pães pita	15
4.2.7	Determinação da viscosidade de pasta	18
4.2.8	Análise da cor instrumental das farinhas.....	18
4.2.9	Volume específico dos pães	18
4.2.10	Atividade de água.....	18
4.2.11	Índices de absorção (IAA) e solubilidade de água (ISA) das farinhas.....	19
4.2.12	Composição centesimal dos pães	19
4.2.13	Análise de textura instrumental dos pães	19
4.2.14	Análise sensorial	19
4.2.15	Análise estatística.....	20
5	RESULTADOS	21
5.1	Análise farinográfica.....	21
5.2	Viscosidade de pastas das farinhas cruas e processadas por extrusão.....	22
5.3	Análise de cor das farinhas.....	26
5.4	Análise de Atividade de água.....	27
5.5	Análise de volume específico dos pães	28

5.6	Índices de Absorção de Água (IAA) e Índice de Solubilidade em Água (ISA).....	29
5.7	Composição centesimal dos pães	30
5.8	Análise de textura instrumental dos pães	34
5.9	Análise Sensorial.....	35
6	CONCLUSÃO	36
7	RECOMENDAÇÃO PARA FUTUROS TRABALHOS	36
	REFERÊNCIAS	37
	ANEXOS	44

1 INTRODUÇÃO

O pão é tradicionalmente produzido à base de farinha de trigo, estando presente em mesas de todo o mundo, incluindo o Brasil no qual cada habitante consome, em média, 22,61 kg do produto por ano. Segundo pesquisas de mercado 76% dos brasileiros consomem pão no café da manhã. Com isso, mesmo após a pandemia ocasionada pela COVID-19, o setor de panificação em contrafluxo a muitos setores, chegou ao final do ano de 2020 com o faturamento de R\$ 91,94 bilhões, ou seja, uma queda de apenas 3,31% em comparação a 2019 (ABIP, 2021; SEBRAE, 2017).

Diante disso e com a universalização alimentar, o trigo passou a ser um alimento consumido regularmente em múltiplas culturas antes não pertencentes substituindo, assim, alimentos como milho e mandioca, a exemplo do Brasil. Levando em consideração este padrão alimentar, doenças como a doença celíaca e a sensibilidade não celíaca ao trigo, tiveram um aumento real em suas taxas (BROUNS et al., 2019; BYASS; KAHN; IVARSSON, 2011; FASANO et al., 2008; GREEN; JABRI, 2003)

O glúten contido no trigo é a junção de duas proteínas, gliadina e glutenina que, por conta de suas características, confere à massa do pão viscoelasticidade e propriedades tecnológicas de grande complexidade fazendo, assim, que a panificação sem ele seja um desafio em termos estruturais e sensoriais (LERNER, 2010; MOHAMMADI et al., 2015).

Na panificação sem glúten a farinha substituta mais utilizada é a de arroz polido ou branco por seu aspecto visual parecido com a de trigo, hipoalergenicidade e custo relativamente baixo. Porém, não possui a capacidade de produzir massas com propriedade viscoelástica, tendo ainda baixa concentração de proteínas, levando-se à necessidade de uso de outros aditivos ou combinações de farinhas para que se possa confeccionar um pão de qualidade (QADIR; WANI, 2022).

Embora o Brasil seja um dos maiores países agrícolas do mundo, importa grandes quantidades de trigo para atender às necessidades do país, representando uma dependência externa que pode representar riscos econômicos e logísticos. Estas importações de cereais em grande escala realçam a vulnerabilidade da autossuficiência alimentar e a oportunidade de diversificar e valorizar matérias-primas de outros países. Ao pesquisar e avaliar outras matérias-primas, podemos reduzir a dependência das importações, fortalecer as cadeias de produção locais e ter um impacto positivo nas economias nacionais e na sustentabilidade agrícola. Esta abordagem não só melhora a segurança alimentar, mas também promove a inovação e a criação

de novas oportunidades para os produtores locais.(FERNANDES et al., 2023; SANTOS JOAQUIM et al., 2023)

Já a utilização do grão-de-bico se dá pelo seu maior teor de proteínas (~20%), bem como sua biodisponibilidade de proteínas quando comparado com outras leguminosas, estas que associadas a outras, podem formar uma rede com propriedades similares às do glúten, mantendo e dando estrutura ao pão de maneira a se assemelhar ao pão convencional ainda considerando o sabor mais neutro do que o de outras leguminosas como o feijão carioca, por exemplo (BAR-EL DADON; ABBO; REIFEN, 2017).

O feijão carioca, também conhecido como feijão mulatinho ou feijão manteiga, é uma variedade de feijão popular no Brasil, especialmente na região Sudeste. Suas características distintivas incluem grãos pequenos e arredondados, com uma coloração marrom-claro e listras mais escuras. Além de ser uma fonte significativa de proteína vegetal, o feijão carioca é um alimento fundamental na culinária brasileira, sendo utilizado em uma variedade de pratos tradicionais.(CASSOL, 2017; RAMOS JUNIOR; LEMOS; SILVA, 2005)

O milheto é um cereal versátil e cultivado em várias partes do mundo, apreciado por suas características nutricionais e adaptabilidade a diferentes condições climáticas. Com uma ampla gama de variedades, desde o milheto pérola até o milheto vermelho e o milheto branco, esse cereal é uma fonte importante de carboidratos, fibras e proteínas, além de conter uma variedade de vitaminas e minerais essenciais, como ferro, cálcio e zinco. Sua resistência à seca e sua capacidade de crescer em solos pobres fazem dele uma cultura valiosa em regiões com condições climáticas adversas. Além de ser usado como alimento humano, o milheto também é empregado na alimentação animal e na agricultura sustentável, contribuindo para a segurança alimentar e a diversificação dos sistemas agrícolas em todo o mundo.(ANDREWS; KUMAR, 1992; JAIN; BAL, 1997; MARTINS, 2019; VIDHYALAKSHMI; PRABHASANKAR; MEERA, 2023)

Com o crescimento do mercado sem glúten, o pão, por ser um produto bastante consumido, tem se tornado foco de pesquisas, melhorias e desenvolvimento. Produzir um pão isento de glúten que apresente similar aspecto que o de trigo e sensorialmente aceito é desafiador pois o glúten fornece ao pão características próprias e conhecidas que sem ele, assim adições de outros tipos de melhoradores é comum.(CAPRILES; DOS SANTOS; ARÊAS, 2016; CELA et al., 2020; DO NASCIMENTO et al., 2014; SANTOS; AGUIAR; CAPRILES, 2019). Uma alternativa é a produção de pão tipo pita ou árabe que, por não possuir miolo

estruturado e sim ser um pão folha, não necessita de maciez de miolo, como típico dos pães tradicionais, ou seja, não há a necessidade de formar alvéolos.

A extrusão termoplástica é um processo de cozimento, que tem como função a conversão de um elemento sólido em fluido por meio de calor, cisalhamento e pressão no interior da extrusora. Neste processo ocorre a desnaturação da proteína e quebra da estrutura morfológica dos amidos levando à modificações estruturais irreversíveis (CARVALHO et al., 2010; SEBIO, 1996).

Desta forma, o amido modificado e a proteína desnaturada apresentam características próprias como aumento da capacidade de absorção de água, o que é benéfico na elaboração de pães isentos de glúten, uma vez que aumenta a plasticidade da massa e maciez do pão, desde que esta modificação seja controlada. (COMETTANT-RABANAL et al., 2021)

Farinha integral, como dispõe a RDC 493/2021 (ANVISA, 2021), é um produto que apresenta como base a trituração ou moagem do grão inteiro e que, em sua composição estejam em proporção típica, ou seja, como disposto na natureza, permitindo uma variação de 2% no grão ou 10% no farelo. Com o uso da farinha integral procurou-se aumentar o teor de fibra alimentar, compostos fitoquímicos e proteínas naturalmente presentes no grão, seja ele de cereais ou de pulses. Além disso, a combinação entre cereais e pulses permite ainda elevar o valor biológico da proteína no produto final, uma vez que o balanço de aminoácidos é beneficiado. (FERREIRA; BRAZACA; ARTHUR, 2006; MAJZOBI et al., 2023)

Com isso, este trabalho teve como objetivo desenvolver formulações para obtenção de um pão pita integral e sem glúten à base de farinhas integrais de grão-de-bico, milho pérola, arroz e feijão carioca aceitável do ponto de vista sensorial, nutricional e tecnológico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral foi desenvolver um pão pita integral e sem glúten à base de farinhas integrais de grão-de-bico, de arroz, de milheto pérola e de feijão carioca processadas ou não por extrusão termoplástica que atenda às características tecnológicas, nutricionais e sensoriais.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudar o efeito do processo de extrusão termoplástica em farinhas de grãos inteiros de arroz parboilizado, feijão carioca, milheto pérola e grão-de-bico para obtenção de farinhas integrais pré-cozidas;
- Elaborar o pão do tipo pita a partir das farinhas cruas e pré-cozidas obtidas;
- Avaliar a qualidade tecnológica do pão;
- Avaliar sensorialmente os pães obtidos de forma a obter uma formulação com boa aceitação;
- Desenvolver um alimento fonte de fibra e proteína, contribuindo para a oferta de um produto sem glúten e nutricionalmente balanceado.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Grão-de-bico

Grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma leguminosa (pulse), com estrutura explicitada na Figura 1, de baixo índice glicêmico, oriunda do Egito e amplamente consumida mundialmente. O grão-de-bico tem uma produção mundial anual de 15,08 milhões de toneladas, por conta de seu valor nutricional tendo, em sua composição, proteína (albumina e globulina), fibras, vitaminas (A, B6, C, D, E e K), minerais (cálcio, ferro, magnésio, fósforo, potássio, manganês e zinco) e carboidratos (FAO, 2020; WALLACE; MURRAY; ZELMAN, 2016).

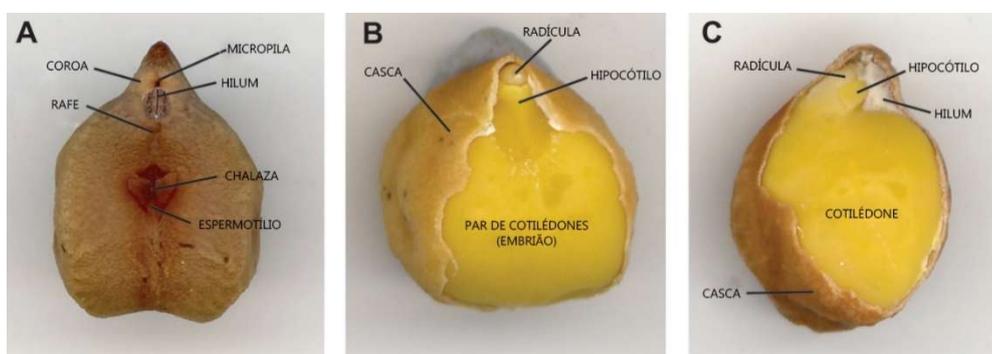


Figura 1: Estrutura do grão-de-bico adaptada de Wood; Knights; Choct (2011)

Essas proteínas, que variam de 17 a 28,9% a depender do descasque, albumina e globulina, são de maior biodisponibilidade quando comparadas a proteínas presentes em outros tipos de leguminosas como a ervilha, grão de bico e feijão verde, por exemplo (JUKANTI et al., 2012).

Quanto aos carboidratos (27,6%), o grão-de-bico é composto, principalmente por monossacarídeos como a glicose, frutose e galactose, dissacarídeos como a maltose e a sacarose e oligossacarídeos como ciceritol, estaquiase e verbacose. Os principais amidos contidos no grão-de-bico são amilose, amilopectina e glucano (WOOD; GRUSAK, 2007).

O grão-de-bico também é utilizado para a formação de um aditivo reológico, como exemplo, a aquafaba – água do cozimento ou do demolho e a adição de um ácido - que, quando batida, tem o aspecto visual e sensorial de clara de ovo batida em neve e emulsificante. Com isso, o torna versátil e propício para ser utilizado em produtos de confeitaria e panificação por garantir formação de volume e atuar como um melhorador de massas sem glúten (BAR-EL DADON; ABBO; REIFEN, 2017; HE et al., 2021).

3.2 Arroz

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos principais alimentos para, pelo menos, a metade da população mundial. Por esse protagonismo, sua produção no ano de 2020 foi de 756,7 milhões de toneladas e o Brasil, como grande consumidor e o maior produtor fora da Ásia e o nono do mundo, produziu cerca de 11,09 milhões de toneladas, ou seja, 1,46% de toda produção mundial (FAO, 2020; KENNEDY; BURLINGAME; NGUU, 2002).

O arroz pode ser encontrado em diversas formas, porém, seu consumo mais usual é na forma beneficiada ou polida. Por ser composto de proteínas, minerais, vitaminas, baixo teor de lipídeos e rico em amido, é considerado uma ótima forma de fonte de energia. Considerando, também, sua baixa alergenicidade e sua cor, vem sido usado amplamente pelo mercado *gluten-free* (KENNEDY; BURLINGAME; NGUU, 2002; PONGJARUVAT et al., 2014; QADIR; WANI, 2022).

O arroz integral é uma importante fonte alimentar e alimento básico em todo o mundo, especialmente em países asiáticos e comunidades com dietas tradicionais. O arroz integral, com a casca intacta e o gérmen preservado, oferece benefícios nutricionais importantes em comparação com o arroz branco refinado como, por exemplo, fibras, vitaminas B, minerais como manganês, magnésio, fósforo e antioxidantes. É importante para favorecer uma digestão saudável, a regulação do açúcar no sangue, a saúde do coração e a manutenção por conta das fibras nele contidas (FAO, 2020; KENNEDY; BURLINGAME; NGUU, 2002; SILVA, 2007)

Em apresentação integral, o grão é composto, como mostrado na Figura 2, por casca, farelo, este composto por pericarpo, camada de aleurona, gérmen e tegumento, e o endosperma, que compõe a maior parte do grão, variando de 89 a 94% e é rico em amido e contém proteínas (JULIANO; BECHTEL, 1985).

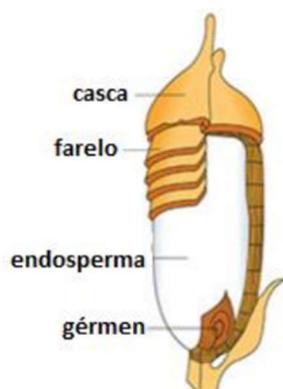


Figura 2: Grão de arroz. Adaptado de UFRGS (2018)

3.3 Feijão carioca

Inserido na família Fabaceae (*Leguminosae*) o feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) faz parte da base alimentar brasileira, sendo assim, amplamente consumido e compondo boa parte das frações de proteínas (consistindo em aproximadamente 9g a cada 100g de feijão cozido), fibras (representando aproximadamente em 9g a cada 100g de feijão cozido), minerais (cálcio, magnésio, potássio, sódio, fósforo, cobre, ferro e zinco) e vitaminas do complexo B tais quais tiamina, riboflavina e niacina, K, C e E consumidas pelos brasileiros diariamente e, por conseguinte, com produção anual de cerca de 1,55 milhões de toneladas. (BENTO et al., 2021; EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2022; GOMES et al., 2006; HART, 2021; SILVA et al., 2014)

Em sua apresentação integral, o feijão carioca é composto por plúmula, cotilédone, radícula, hilium, testa, hipocótilo e epicótilo, assim como mostrado na Figura 3.

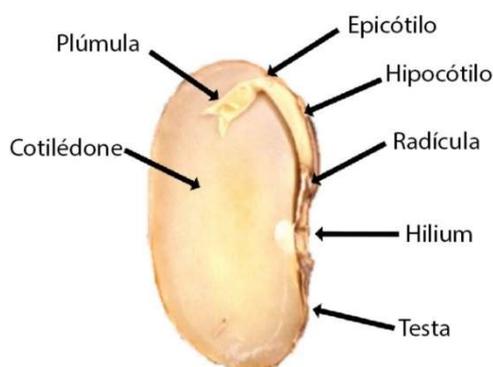


Figura 3: Grão de feijão carioca. Adaptado de Hart (2021)

3.4 Milheto Pérola

Milheto é a denominação comum para os grãos pequenos que pertencem a família Poaceae. O milheto pérola (*Pennisetum glaucum (L.) R. Br.*) é um cereal sem glúten cultivado no Brasil há mais de 5 décadas, principalmente para cobertura de solo (prática do plantio direto) e ração animal. Atualmente ocupa área superior a 4 milhões de hectares, superior a do arroz e a dos feijões. Quanto a qualidade nutricional, o milheto pérola possui teor lipídico semelhante ao milho, baixo índice glicêmico, alto teor de fibras alimentares e teor de proteínas que superam o arroz integral. Índice de aminoácidos essenciais como a leucina, lisina e isoleucina maior que os mesmos índices presentes no trigo, ácidos graxos como ômega 6, 3 e 9 e metabólitos

secundários sintetizados tais como os compostos fenólicos.(ANNOR et al., 2017; DIAS-MARTINS et al., 2018; TAYLOR, 2016)

Estes grãos são normalmente encontrados no mercado brasileiro em sua forma integral ou polida, porém é possível ser consumido de outras formas como fermentados, extrudados, germinados e em farinha, esta última como ingrediente para produção de diversas preparações em substituição ao milho, por exemplo, por seu custo ser abaixo do praticado para este último cereal (ANNOR et al., 2017; DIAS-MARTINS et al., 2018; TAYLOR, 2016). Recentemente este cereal integral foi considerado como alimento, assim definido pela Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) 493/2021 da ANVISA.

Em sua forma estrutural, o milho pérola é composto por pericarpo, camada de aleurona, endosperma córneo, endosperma periférico, endosperma farináceo, epitélio escutelar, escutelo, eixo embrionário como pode ser observado na Figura 4.

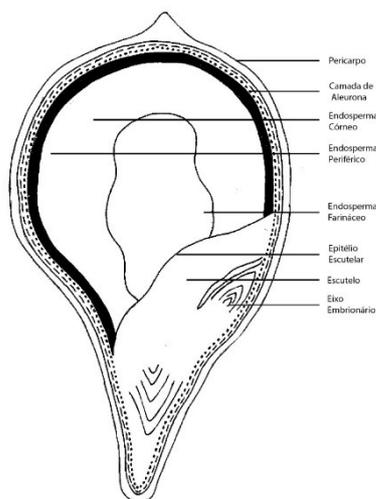


Figura 4: Grão de milho pérola. Adaptado de Barrion (2008)

3.5 Extrusão termoplástica

Extrusão termoplástica é um processo de cozimento versátil pois permite a obtenção de produtos de vários formatos e aplicações, com mais de meio século de utilização, que se realiza por meio da combinação de temperatura, curto tempo, também chamado pelos termos da língua inglesa: HTST (*High Temperature Short Time*). Sua ação resulta em modificações irreversíveis aumentando a digestibilidade e características nutricionais e químicas dos alimentos a ela submetidos (ALAM et al., 2016; CAMIRE; CAMIRE; KRUMHAR, 1990; LIU et al., 2011).

Variáveis independentes, tais como a velocidade de rotação do (s) parafuso (s), perfil de temperatura do cilindro de aquecimento, tamanho e formato da matriz de saída resultam em diferentes características, juntamente com a configuração do parafuso que é um dos pontos determinante, após a matriz formatadora, que afeta o produto final extrudado. Com a combinação do cisalhamento mecânico e da temperatura no alimento durante um tempo curto, muitos produtos podem ser confeccionados como *snacks* (produtos expandidos prontos para consumo), cereais matinais, farinhas instantâneas, entre outros (GAUTAM; CHOUDHURY, 1999; HARPER; CLARK, 1979; VARGAS-SOLÓRZANO et al., 2014; ZHANG et al., 2015).

A extrusora é formada por cinco partes elementares (Figura 5), que são a matriz, que pode ter alguns formatos e tamanhos dando o formato ao produto extrudado; o mecanismo de corte; canhão, que possui sulcos para que possa aumentar a taxa de cisalhamento no caso das extrusoras de um só parafuso; mecanismo de alimentação e o parafuso, que é responsável por conduzir, misturar e empurrar a massa para a saída na matriz (MAURYA; SAID, 2014; MOSIBO et al., 2022; VATANSEVER; TULBEK; RIAZ, 2020).

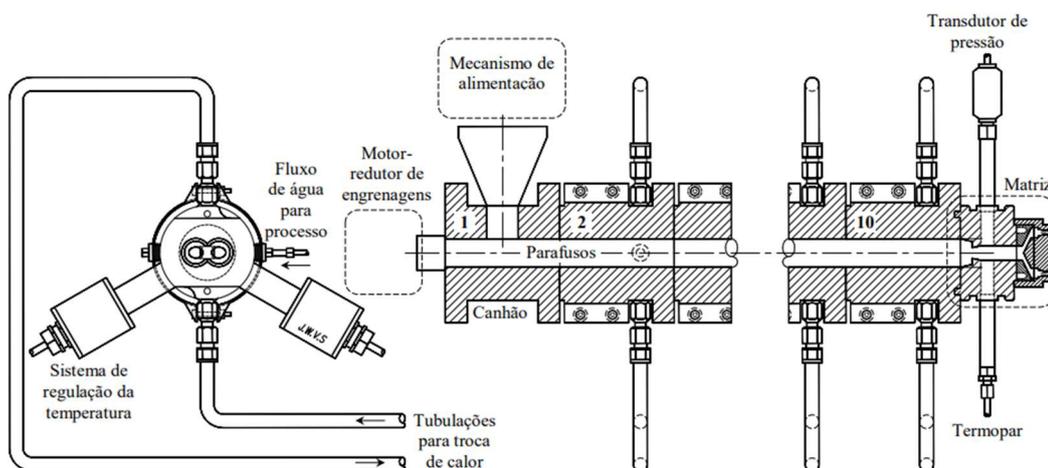


Figura 5: Constituição geral de uma extrusora de rosca dupla, Evolum HT25 (Clextral Inc.,Firminy, França) (VARGAS-SOLÓRZANO, 2013)

O processo de extrusão termoplástica vem sendo cada vez mais utilizado pelas indústrias de alimentos humanos, com foco na manutenção das características funcionais, físico-químicas e nutricionais dos alimentos. Juntamente com a melhoria da digestibilidade e menor modificação dos amidos e proteínas. Além disso, considera -se a extinção de alguns compostos antinutricionais e/ou substâncias tóxicas nos alimentos e característica sensorial melhorada, muitas vezes, pela aplicação desta tecnologia (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005; CARVALHO et al., 2012; SOARES JÚNIOR et al., 2011; TOLEDO et al., 2020).

3.6 História e consumo do pão, importância do glúten na panificação e doenças relacionadas

Segundo a RDC - Resolução da Diretoria Colegiada- 263 (ANVISA, 2005), pães são os produtos obtidos a partir da cocção de farinhas - de trigo ou outras - com adição de líquidos, fermentados ou não, podendo ser agregados outros ingredientes com a condição que estes não descaracterizem o produto final.

No período neolítico os humanos deixaram de ter um estilo de vida nômade para se enquadrar no estilo sedentário. Com isso, a mudança na dieta ficou possível e clara, deixando de consumir apenas carnes de caça e produtos encontrados para consumir e viver da agricultura, com a inserção de produtos como grãos (centeio, painço, espelta e trigo, por exemplo), frutas silvestres e oleaginosas (FLANDRIN; MONTANARI, 1998; JACOB, 2003).

Com esta mudança veio, também, a melhor nutrição com métodos de cocção e, conseqüentemente, melhor digestibilidade e biodisponibilidade pois a introdução de cereais demolhados e cozidos em água. Após isso, tornou comum o padrão alimentar europeu que hoje, ocidentais seguem e é mais balanceado e nutritivo (FLANDRIN; MONTANARI, 1998).

O pão tem sua origem no Egito, tanto que os egípcios eram chamados de “*comedores de pão*”, que além de consumidores eram, também, exportador de grãos para a Grécia. A produção egípcia era, em seu maior volume, artesanal e doméstica e havia, também, a segregação do pão de acordo com as classes. Os mais abastados consumiam o pão mais claro, feito com o trigo, sem adição de outros cereais; os de classe média consumiam pães de trigo com complemento de cereais integrais; os menos favorecidos consumiam pães com cereais sem refino com adição, principalmente, de espelta (FLANDRIN; MONTANARI, 1998; JACOB, 2003).

Segundo Flandrin & Montanari (1998) esses pães eram, como dito anteriormente, feitos de forma doméstica e artesanal e sua sova era realizada com o auxílio das mãos e dos pés e, após a sova, eram assados, sem fermentação, em lajes ou fornos de pedra. Por volta de 1500 a.C. o pão se tornou mais leve pela substituição do líquido utilizado (água ou leite) por cerveja, iniciando assim, um pão fermentado (TANNAHILL, 1973).

Com a necessidade de adaptação e das novas tecnologias, o pão também passou por reformulações, o que antes era a base da alimentação, simples e caseira, passou a ter, novamente, incrementações tais quais manteiga, ovos, frutas, essências, oleaginosas dentre outros aditivos (FLANDRIN; MONTANARI, 1998; JACOB, 2003; TANNAHILL, 1973).

Nos pães tradicionais, o glúten é o principal elemento responsável pela viscoelasticidade da massa, conferindo ao pão suas características como estrutura e aparência. Por formar uma rede tridimensional forte o suficiente para reter o CO₂ durante a fermentação alcoólica e cocção e aumentar as estruturas alveolares e, quando submetido a temperatura, a rede de glúten se mantém estável e, por isso, é capaz de operar como um agente extensor e de ligação nos panificáveis sendo aditivo que auxiliará na elasticidade e viscosidade da massa, sabor e textura do pão. Sem o trigo esta função fica a cargo de outras farinhas como a de grão-de-bico, soja ou ervilhas ou aditivos como lecitina de soja que tentam suprir a ausência desta associação de proteínas (BIESIEKIERSKI, 2017; CAPPA; LUCISANO; MARIOTTI, 2013; COLLAR, 2019; DEMIRKESEN et al., 2010; HOUBEN; HÖCHSTÖTTER; BECKER, 2012; SCHEUER et al., 2011).

Glúten é a união de duas proteínas, prolamina e glutenina, presente em cereais como o trigo (gliadina e glutenina), centeio (secalina e glutenina) e cevada (hordeína e glutenina). No caso do trigo (Figura 6), a gliadina é responsável pela coesividade da massa enquanto a glutenina pela característica resistência à extensão (SILVA; FURLANETTO, 2010; TEDRUS et al., 2001).

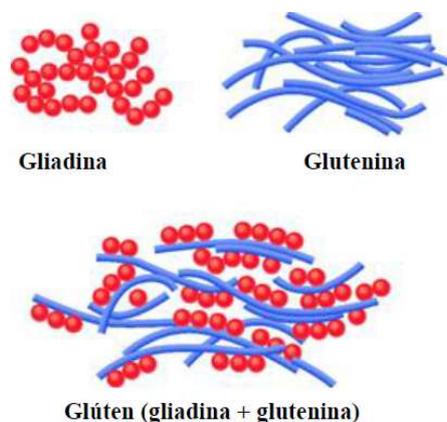


Figura 6: Rede de glúten no trigo (TEDRUS et al., 2001)

Uma doença imunomediada que ataca o intestino delgado, a Doença Celíaca (DC) acomete pessoas que tem predisposição genética para a intolerância às proteínas que compõe o glúten. Uma grande parcela da população mundial, aproximadamente 1%, sofre com essa patologia que pode ocorrer em quaisquer idades, contrariamente ao acreditado há anos atrás que relacionava essa enfermidade à infância (CALTEPE, 2018; DOMSA et al., 2020; PECORA et al., 2020; VILLANACCI et al., 2020).

Seus principais sintomas são diarreia crônica, falta de crescimento, perda de peso, distensão abdominal e a atrofia das vilosidades intestinais (Figura 7). Porém, outros sintomas

encontrados nos acometidos pela DC são dor de cabeça, depressão, ansiedade e sensação de formigamento nos braços e pernas, também conhecido como parestesia (PECORA et al., 2020; THERRIEN; KELLY; SILVESTER, 2020).

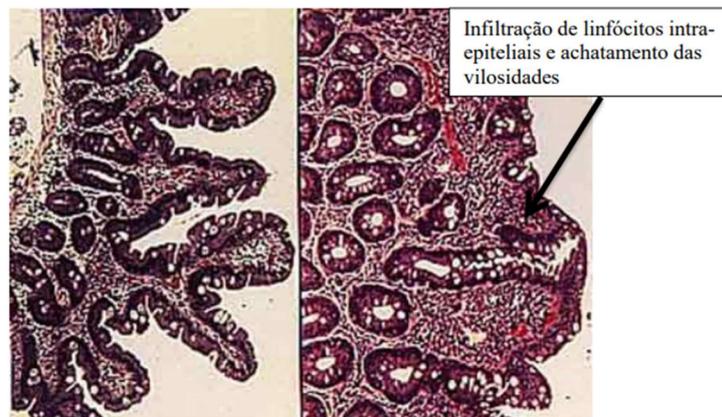


Figura 7: Vilosidades intestinais normais em contraponto com DC.(GREEN; JABRI, 2003)

Além da DC existem alergias – que são reações imunológicas imediatas a exposição seja por contato dermatológico, ingestão e/ou inalação de algum agente alergênico - provenientes da ingestão de trigo que acomete de 11% a 25% de toda população alérgica (BROUNS et al., 2019)

Comumente o pão achatado, sem miolo, é a base de trigo, água, sal e levedura. A Índia é o maior consumidor e, cerca de 60% da população indiana tem o esse pão como base da alimentação diária. Com variedade de nomes e modo de preparo, os mais consumidos mundialmente são o chapati, pita e tortillas (AHMAD MIR; AHMAD SHAH, 2019; QUAIL, 2016; SRIVASTAVA; PRASADA RAO; HARIDAS RAO, 2003).

Os pães achatados são fermentados ou não, têm formas diversas, em sua maioria, em formato redondo, ovalado ou quadrado, achatados, sem necessidade de corte com facas, têm formato de envelope, ou seja, há uma “bolsa de ar” que o divide, naturalmente, em duas partes, é a base da dieta de muitos países que, em alguns casos, são utilizados como “talher”, para pegar o alimento e levá-lo a boca (JACOB, 2003; QUAIL, 2016).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Os grãos de arroz integral parboilizado, grão-de-bico e feijão carioca foram gentilmente doados pela Indústria de Alimentos Granfino (Nova Iguaçu, Brasil). Os grãos de milho pérola (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), híbrido ADRg 9070, foram também gentilmente doados pela Atto Sementes (Rondonópolis, Brasil). Todos os demais insumos consumíveis necessários para a confecção dos pães foram comprados em mercados locais, atacadista ou varejista do Rio de Janeiro.

4.2 Métodos

4.2.1 Delineamento experimental

Os tratamentos consistiram em formular pães contendo diferentes proporções de farinhas curas ou extrudadas de feijão carioca adicionado de um mix de farinhas extrudadas composto por partes iguais de grão-de-bico, milho e arroz (farinha 111). Para tanto, o experimento foi delineado com um fatorial 6x2, onde os fatores foram X₁: adição de farinha de feijão carioca ao mix de farinhas extrudadas e X₂: tipos de farinha de feijão carioca.

Os níveis para X₁ foram fixados em 5, 10, 15, 20, 25 e 30% e, as versões para X₂ foram farinha crua e farinha extrudada. Os diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 1 com as proporções do mix de farinhas extrudadas, variando de 70% a 95%.

Tabela 1: Formulações para o preparo dos pães pita

Formulação	% Farinha de feijão carioca		% Farinha 111
	Crua	Extrudada	
FE05	0	5	95
FE10	0	10	90
FE15	0	15	85
FE20	0	20	80
FE25	0	25	75
FE30	0	30	70
FC05	5	0	95
FC10	10	0	90

FC15	15	0	85
FC20	20	0	80
FC25	25	0	75
FC30	30	0	70

Farinha 111: mix de farinhas extrudadas (farinha 111) composto por partes iguais de grão-de-bico, milho e arroz. FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca extrudada. FE15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca extrudada. FE20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca extrudada. FE25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca crua. FC15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca crua. FC20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca crua. FC25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

4.2.2 Obtenção das farinhas

Após conferência visual e limpeza manual, os grãos integrais de milho foram submetidos ao equipamento Clipper Office Tester 400/B (A.T. Ferrell Co., Bluffton, EUA). Milho pérola, feijão carioca, arroz integral parboilizado e grão-de-bico foram moídos no moinho de disco, modelo 3100 (Perten Instruments, Huddinge, Suíça) e, após isso, submetidos a moinho de faca e martelo 7,5 CV (TREU, Rio de Janeiro, Brasil) com peneira acoplada de 1,5mm. O produto resultante foi armazenado em embalagens plásticas herméticas em geladeira.

4.2.3 Preparo de material

Foram preparadas misturas de farinhas integrais de grão-de-bico, arroz e milho em igual proporção (1:1:1) em misturador horizontal para serem submetidas à extrusão, formando assim a farinha crua 111. Seguidamente foi determinado o teor de umidade das farinhas cruas do mix 111 e do feijão carioca de acordo ao método 930.15 (AOAC, 2005). Como exposto no fluxograma a seguir:

4.2.4 Processamento das farinhas por extrusão termoplástica

A extrusão termoplástica foi conduzida em uma extrusora Clextral Evolum HT25 (Clextral Inc., Firminy, França) de parafuso duplo, relação comprimento/diâmetro de 40:1 com matriz circular de 8 mm, velocidade de rotação do parafuso de 150 RPM, perfil de temperatura nos módulos de aquecimento fixada (da alimentação para a saída da matriz): 25; 25; 40; 70; 90; 100; 90; 80; 60; 60°C, a vazão de sólidos de 10 kg/h. A pressão do material e o torque medidos foram ± 21 Bar e 22 N·m, respectivamente.

Visando o processamento brando, o que se caracteriza pelas baixas temperaturas e baixa velocidade de rotação dos parafusos, a umidade das farinhas foi elevada de aproximadamente 12% para 30% em ambos materiais de extrusão (farinha 111 e farinha de feijão carioca extrudada), o que levou ao ajuste da vazão de água (M_w° , foi de 2,8 L/h e 2,2 L/h, respectivamente controlada pela injeção de água potável entre a primeira e a segunda zona da extrusora através de uma porta com diâmetro interno de 5,25 mm usando uma bomba dosadora de êmbolo Super K PP 6.35 (DKM Clestral Inc., Firminy, França) . A vazão de água foi calculada de acordo com a Equação 1 a seguir:

$$M_w^\circ = M_s^\circ \cdot \left(\frac{U_p - U_s}{100 - U_p} \right) \quad (1)$$

onde M_s° é a vazão de sólidos (10 kg/h), U_p é a umidade do processo de extrusão (30%), U_s é a umidade dos sólidos a serem alimentados (mix 111 ou de feijão carioca).

4.2.4.1 Obtenção de farinhas pré-cozidas por extrusão

Os extrudados de feijão carioca e do mix 111, foram coletados em bandejas de aço inox e secos em estufa com circulação de ar a uma temperatura de 65 °C overnight (~16 h). Após a secagem, os extrudados secos foram moídos sequencialmente em moinho de discos Mill 3100 (Perten Instruments, Huddinge, e moinho de martelos Mill 3600 (Perten Instruments, Huddinge, Suíça) para a obtenção das farinhas pré-cozidas por extrusão. Logo, estas farinhas foram armazenadas em embalagem plástica hermética, em geladeira.

4.2.5 Análise farinográfica

A análise farinográfica foi realizada com um Farinograph® (Brabender, Duisburg, Alemanha) equipado com um dinamômetro que mede a força empregada na mistura e reproduziu um gráfico explicitando as variações e padrões ideais de mistura de acordo com o método 54-21.02 (AACC, 2000).

4.2.6 Elaboração dos pães pita

Após seguir todas as etapas de produção do material, como ilustrado na Figura 8, a produção dos pães seguiu a metodologia descrita pela AACCC (2000) método 10-13.02 para pão pita sem alterações para o pão controle e com as devidas adaptações para os pães sem glúten pois a metodologia é para pão à base de farinha de trigo, porém, foram mantidas as proporções indicadas.

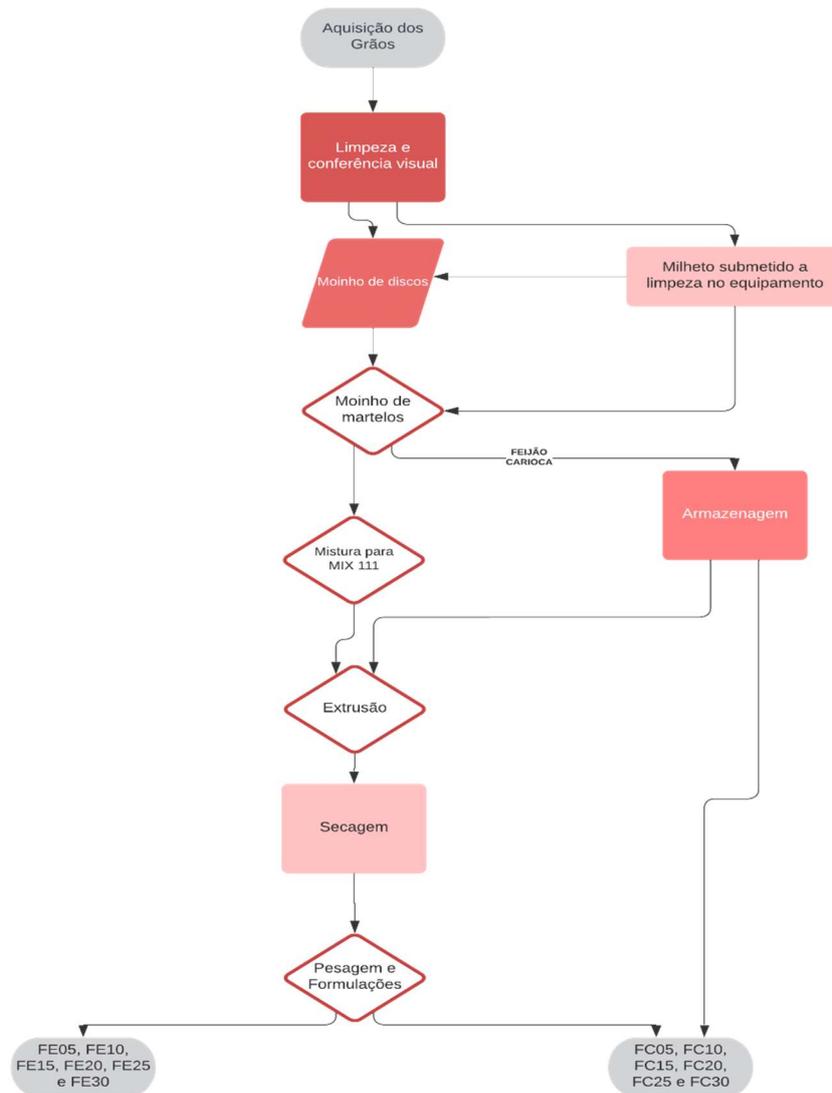


Figura 8: Fluxograma do preparo das formulações

Foi utilizada uma proporção de 100% de farinhas, 1% de fermento biológico liofilizado para pães, 1,5% de sal. Para a mistura, todos os insumos secos foram postos em bancada depois da devida quantificação e adicionado de água. Na etapa da fermentação a massa resultante da mistura supracitada foi posta em um recipiente e passou pelo processo de fermentação por 60 min na temperatura de 30 °C. Para a formatação foram utilizadas porções da massa boleada e esticada na espessura de 2 mm. Após isto, a massa descansou por 30 min a temperatura de 30°C.

No processo final de assamento, as massas foram assadas por 5 min a 210°C em forno até que o pão formado obtivesse o formato de envelope, ou seja, se biparta sem perder a união lateralizada. Para análises, os pães descansaram em temperatura ambiente por, no mínimo, 2 min para que, assim, seu processo de cocção seja finalizado. Como pode ser observado abaixo, na Figura 9. E obtendo o produto final que pode ser observado na Figura 10.



Figura 9: Etapas de preparo dos pães pita



Figura 10: Produto Final

4.2.7 Determinação da viscosidade de pasta

As viscosidades de pasta de para avaliar o efeito do cozimento das amostras das farinhas FE05, FE10, FE15, FE20, FE25, FE30, FC05, FC10, FC15, FC20, FC25 e FC30 foram determinadas pelo equipamento Rapid Visco Analyzer (RVA) série 4 (Newport Scientific, Warriewood, Australia), com o perfil “extrusion 1 no-alcohol”, 3 g de farinha processada e umidade ajustada a 14% de umidade (base úmida) e adicionada 25 g de água destilada, conforme a metodologia descrita por Carvalho *et al* (2010)As Propriedades de Pasta analisadas foram temperatura de pasta, viscosidade a frio no início de 25° C, viscosidade de pico, viscosidade de vale, viscosidade de ruptura, viscosidade final e viscosidade de recuo. As medições foram realizadas em duplicatas.

4.2.8 Análise da cor instrumental das farinhas

Foram realizadas em colorímetro Hunterlab Colorquest XE (Reston, Virginia, EUA) e usadas escalas CIE L*a*b* sendo L* o brilho ou luminosidade variando do preto (L=0) ao branco (L=100); a* que variam do verde (-60) ao vermelho (+60) e b* variam do azul (-60) ao amarelo (+60) para medição dos parâmetros de cor (BIBLE; SINGHA, 1993).

4.2.9 Volume específico dos pães

Para a análise de volume específico foi utilizada a metodologia de deslocamento de sementes de painço, em 10 repetições, calculado através da equação 2:

$$Ve = vp(cm^3)/pp(g) \quad (2)$$

sendo Ve volume específico, $vp(cm^3)$ volume do pão em centímetros cúbicos e $pp(g)$ peso do pão em gramas descrito por Mohammadi et al. (2015).

4.2.10 Atividade de água

A atividade de água dos pães foi medida por método direto no equipamento Aqualab LITE AL1220 (Decagon Devices, Inc., Washington, EUA).

4.2.11 Índices de absorção (IAA) e solubilidade de água (ISA) das farinhas

IAA e ISA foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Vargas-Solórzano et al. (2014).

4.2.12 Composição centesimal dos pães

A composição das cinzas foi dada pelo método 8-12.01 (AACC, 2000). O teor de proteínas foi realizado pelo método 960.52 da Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1990). Extrato etéreo pelo método 922.06 (AOAC, 2010). Fitatos pelo método 986.11 (AOAC, 2010). Teor de fibras solúveis e insolúveis se deu pelo método 991.43(AOAC, 1990). Carboidratos calculados sobre a diferença entre 100 e a soma dos conteúdos de proteínas, gorduras, fibra alimentar, umidade e cinzas.

4.2.13 Análise de textura instrumental dos pães

A textura foi conduzida em um texturômetro TA XTplus (Stable Micro Systems, Reino Unido), equipado com uma célula de carga de 5 kg e uma sonda esférica de 5 mm (P5S) sobre suporte vazado. Para análise, foram utilizadas amostras de pães preparadas no dia anterior. De forma a padronizar a medição, foram utilizados quadrados medindo 5 cm de lado do miolo (parte central) dos pães.,.

Da análise de perfil de textura (TPA) foram determinados os seguintes parâmetros: coesividade, mastigabilidade, elasticidade e dureza do pão como um todo (GÁMBARO et al., 2006).

4.2.14 Análise sensorial

As formulações foram avaliadas sensorialmente por 106 julgadores por teste de aceitação descrito por Meilgaard et al (2006). As amostras foram ofertadas por ordem balanceada de forma monádica. Para o teste de aceitação foram avaliados os quesitos cor, sabor,

textura, impressão global e aroma através de uma escala hedônica verbal estruturada de 9 pontos onde 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente).

Os tratamentos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram classificadas pelo teste de Tukey a 0,05 para a elucidação de diferenças e foram submetidas ao programa Statistica (StatSoft, EUA, 2020) para Windows, versão 13.3. Para a probabilidade de compra foram tabulados os resultados em porcentagem, onde o índice foi calculado pela equação $IA = A * 100 / B$ sendo IA (Índice de Aceitabilidade), A (Nota Média Obtida) e B (Nota Máxima Obtida). Para que possam ser aprovados com boa aceitabilidade foi considerado os pães com aceitação maior que 70%. (DUTCOSKY, 2011)

4.2.15 Análise estatística

Os dados obtidos (respostas) de acordo com o delineamento experimental da Tabela 1, passaram por análise de normalidade dos resíduos, análise de variância (ANOVA) fatorial e teste de Tukey a um nível de significância $p < 0,05$, por cada resposta. Para isso foi utilizado o software Statistica (StatSoft, Tulsa, EUA) para Windows, versão 13.3.

As respostas submetidas a análise estatística foram: distribuição de tamanho de partícula, viscosidade de pasta das farinhas cruas e extrudadas, cor das farinhas, volume específico dos pães, índices de Absorção de Água (IAA) e Índice de Solubilidade em Água (ISA) das farinhas, textura instrumental dos pães e análise sensorial.

5 RESULTADOS

5.1 Análise farinográfica

Com o resultado após mistura, nota-se que as massas feitas com os produtos dos tratamentos realizados estão mais resistentes que as farinhas ditas ideais, quando comparamos ao trigo, ou seja, 500 unidades farinográficas (UF).

Observou-se também na Figura 8, que todos os testes já iniciam ultrapassando o limite de leitura do equipamento, ou seja, 1000 UF, isto é, necessitaria de mais água para que a mistura ficasse mais coesa e, com isso, se aproximasse dos parâmetros ideais (500 UF). No entanto, se realizado esse esforço, a massa formada pela adição em excesso de água se tornaria mais líquida e inadequada para que ocorresse a formação dos pães idealizados.

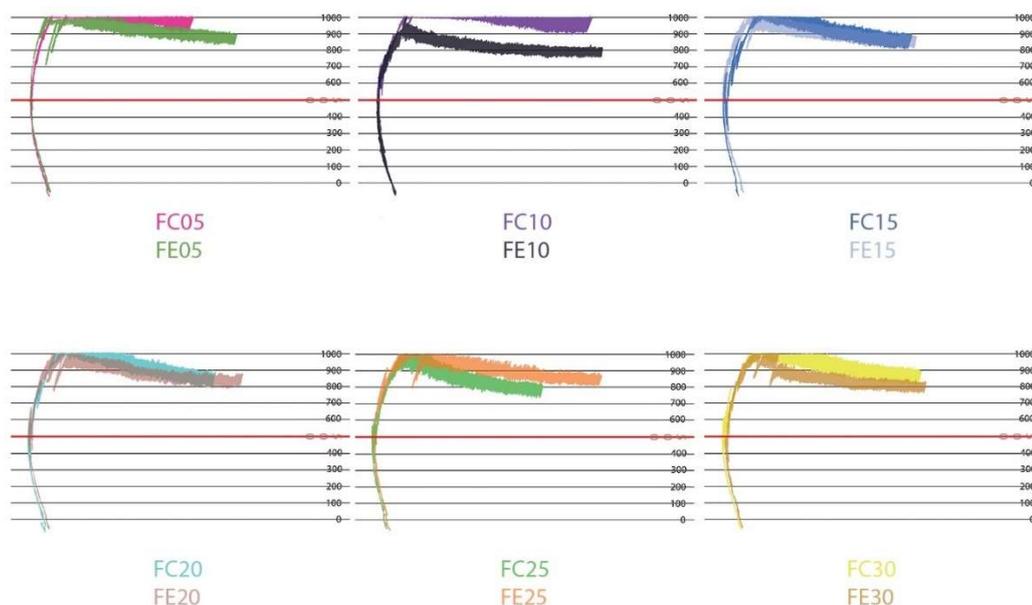


Figura 11: Comparativo da análise farinográfica entre as formulações extrudadas (FE) e cruas (FC). A linha vermelha representa 500 unidades Brabender

A leituras de absorção de água das misturas cruas (FC) e extrudadas (FE) estão dispostas na Tabela 3 e, com isso se pode observar que em comparação as concentrações de feijão carioca nos dois tratamentos executados, por exemplo FE05 e FC05, nota-se um aumento de absorção de água. Isso se dá pelo processo de extrusão aumentar a capacidade de absorção de água por conta da modificação do amido e desnaturação da proteína. (CARVALHO et al., 2010) Os tratamentos com as farinhas extrudadas apresentaram maior necessidade de adição de água a

fim que a massa atingisse maior coesão e consistência, sem perder suas características, porém, também se notou que o tempo de mistura influenciou diretamente os resultados pois, quanto mais se misturava à massa, mais adequada ela se tornava para a formação da massa e posterior formatação do pão. (COMETTANT-RABANAL et al., 2021)

Tabela 3: Absorção de água das misturas de farinhas cruas e extrudadas medida por farinografia.

Tratamento	Absorção de água no Farinógrafo (%)
FC05	81.1
FC10	79.1
FC15	79.7
FC20	80.9
FC25	79.1
FC30	78.3
FE05	86.9
FE10	89.7
FE15	89.3
FE20	90.3
FE25	94.3
FE30	95.0

FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca extrudada. FE15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca extrudada. FE20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca extrudada. FE25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca crua. FC15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca crua. FC20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca crua. FC25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

5.2 Viscosidade de pastas das farinhas cruas e processadas por extrusão

As leituras de viscosidade de pasta das farinhas integrais cruas e processadas por extrusão estão dispostas na Tabela 4. Foram observadas variações significativas dos tratamentos analisados. A temperatura de pasta variou de 50,86 °C no tratamento FE10 a 66,39 °C no tratamento FC30, semelhante ao relatado no estudo de Kumar, Kaur & Jambh (2021), em que as farinhas não extrudadas também tiveram aumento. Os tratamentos FC30 e FC20 apresentaram as mais altas temperaturas enquanto os tratamentos FE10 e FE25 as mais baixas.

Quanto ao pico de viscosidade, as variações ficaram entre 274,50 mPa.s no tratamento FC25 e 301,50 mPa.s no tratamento FE05. A Viscosidade de Vale variou entre 110,00 mPa.s no tratamento FE10 e 128,00 mPa.s no tratamento FC30.

O Pico de Gelificação teve variação entre 332,50 mPa.s no tratamento FE30 e 432,50 mPa.s no tratamento FC30. Pode-se observar um crescente pico nos tratamentos que envolveram o feijão carioca cru e o inverso nos tratamentos que envolveram o feijão carioca tratado com o processo de extrusão.

No que se refere a Viscosidade Breakdown que, por sua vez, representa a diferença entre o Pico de Gelatinização e a Viscosidade de Vale, houve uma variação de 147,50 mPa.s no tratamento FC30 a 181,50 mPa.s no tratamento FC05, considerando, então, que há uma relação entre a quebra da estrutura da massa com o aumento da viscosidade.

Quanto ao parâmetro Viscosidade Setback ou Retrogradação, houve a variação de 210,50 mPa.s no tratamento FE30 a 304,50 no tratamento FC30, com isso, há indicação de diferenças na recuperação da viscosidade após a ocorrência do Pico de Gelificação de acordo com a concentração e tratamento diferenciado do feijão carioca assim como relatado no estudo de Kumar, Kaur & Jambh (2021).

Por fim, o parâmetro de Viscosidade Final variou de 329,00 mPa.s no tratamento FE30 a 427,00 no tratamento FC30. Apontando, também, a incidência do uso de diferentes tratamentos e concentrações de feijão carioca também ao encontro ao estudo de Kumar, Kaur & Jambh (2021).

Quanto a análises em estudos publicados, pode-se notar que os outros elementos se excluindo o feijão, tem uma influência em todos os parâmetros apresentados nos resultados encontrados, ou seja, a temperatura influenciava diretamente ao feijão e exigia, por si, uma média de 85 °C enquanto a temperatura da pasta média do trabalho atual foi de 57,5°C. (KUMAR; KAUR; JAMBH, 2021; NATABIRWA et al., 2018)

Tabela 4: Viscosidade de pastas das farinhas

Tratamento	Temperatura de Pasta C°			Pico de Gelatinização mPa.s			Viscosidade de Vale mPa.s			Pico de Gelificação mPa.s			Viscosidade Breakdown mPa.s			Viscosidade Setback mPa.s			Viscosidade Final mPa.s		
	Média	±	D. P.	Média	±	D. P.	Média	±	D. P.	Média	±	D. P.	Média	±	D. P.	Média	±	D. P.	Média	±	D. P.
FC05	60.20	± 6.72	abc	297.00	± 9.90	a	115.50	± 10.61	a	381.00	± 1.41	bcd	181.50	± 0.71	a	265.50	± 9.19	bc	378.00	± 1.41	bcd
FC10	59.46	± 2.32	abc	291.50	± 12.02	a	110.50	± 7.78	a	379.50	± 16.26	bcd	181.00	± 4.24	a	269.00	± 8.49	bc	374.00	± 18.38	bcd
FC15	58.28	± 1.80	abc	297.50	± 3.54	a	121.50	± 2.12	a	391.00	± 1.41	abc	176.00	± 1.41	ab	269.50	± 0.71	abc	388.50	± 4.95	abc
FC20	62.53	± 1.20	ab	288.00	± 8.49	a	120.50	± 3.54	a	406.00	± 1.41	ab	167.50	± 4.95	abc	285.50	± 2.12	ab	401.50	± 0.71	ab
FC25	55.51	± 1.47	abc	274.50	± 14.85	a	119.00	± 1.41	a	408.00	± 22.63	ab	155.50	± 13.44	bc	289.00	± 21.21	ab	401.00	± 22.63	ab
FC30	66.39	± 0.62	a	275.50	± 14.85	a	128.00	± 7.07	a	432.50	± 19.09	a	147.50	± 7.78	c	304.50	± 12.02	a	427.50	± 20.51	a
FE05	59.79	± 1.93	abc	301.50	± 7.78	a	124.00	± 5.66	a	372.50	± 3.54	bcde	177.50	± 2.12	ab	248.50	± 9.19	cd	369.50	± 0.71	bcde
FE10	50.86	± 1.29	c	283.50	± 2.12	a	110.00	± 0.00	a	354.50	± 3.54	cde	173.50	± 2.12	ab	244.50	± 3.54	cde	348.50	± 4.95	cde
FE15	55.35	± 5.02	abc	286.00	± 8.49	a	113.00	± 7.07	a	353.50	± 16.26	cde	173.00	± 1.41	ab	240.50	± 9.19	cde	348.00	± 9.90	cde
FE20	53.69	± 2.53	bc	286.50	± 2.12	a	121.00	± 4.24	a	347.00	± 1.41	cde	165.50	± 6.36	abc	226.00	± 2.83	de	344.50	± 0.71	cde
FE25	51.68	± 1.34	bc	285.00	± 0.00	a	119.00	± 5.66	a	342.50	± 6.36	de	166.00	± 5.66	abc	223.50	± 0.71	de	337.00	± 7.07	de
FE30	56.36	± 1.82	abc	293.00	± 2.83	a	122.00	± 2.83	a	332.50	± 3.54	e	171.00	± 0.00	ab	210.50	± 0.71	e	329.00	± 2.83	e

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). . FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca extrudada. FE15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca extrudada. FE20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca extrudada. FE25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca crua. FC15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca crua. FC20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca crua. FC25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

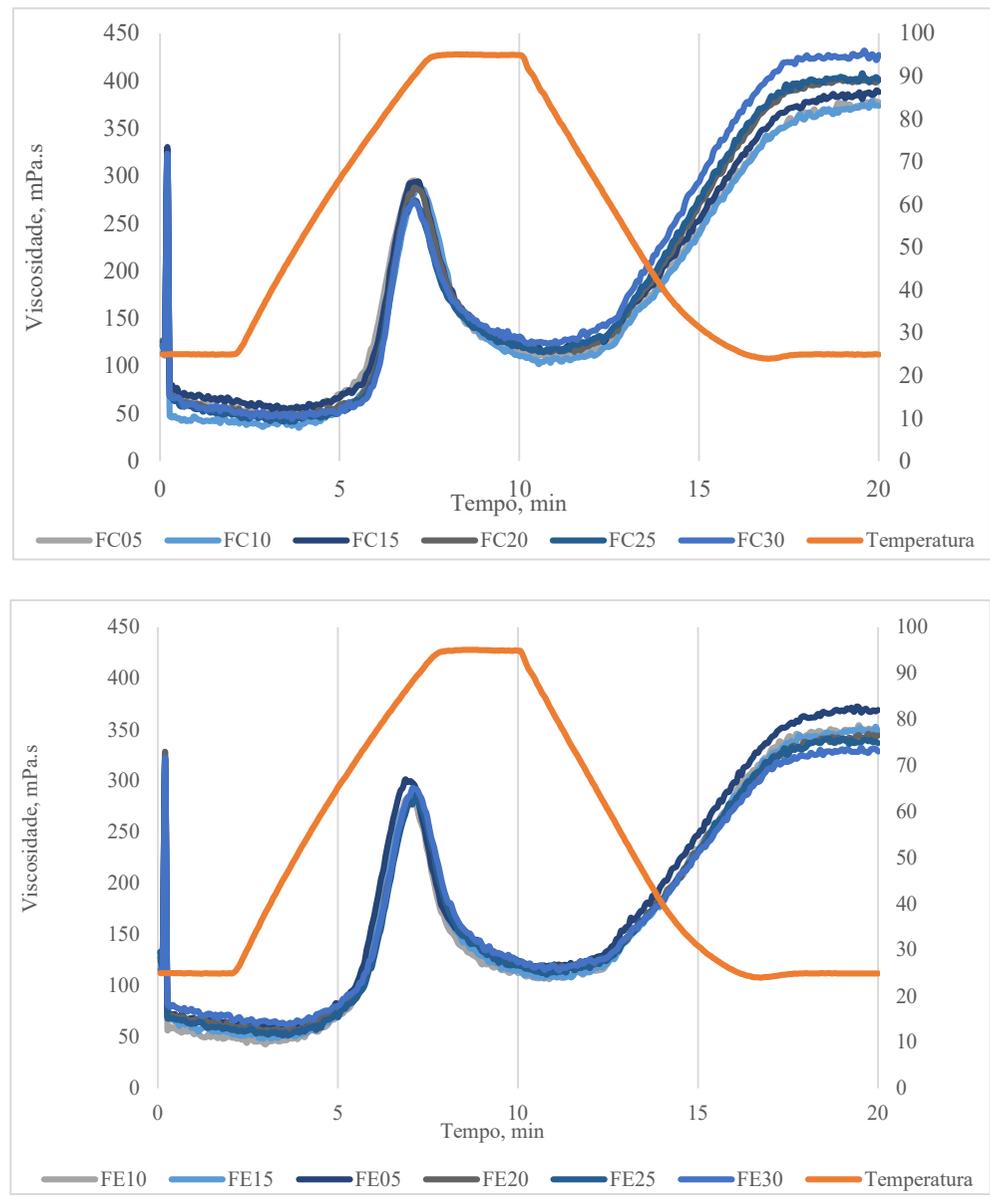


Figura 12: Comparativo da análise RVA entre as formulações Extrudadas (FE) e Cruas (FC)

5.3 Análise de cor das farinhas

Os resultados de cor estão apresentados na Tabela 5. De acordo com Bible e Singha (1993), quanto mais alta a variação de luminosidade, representada por L*, mais clara tende ser a cor. Tendo em vista que as amostras variaram de 80,50 a 83,83, pode-se concluir que as farinhas têm tonalidades claras em base com os estudos de Díaz, Caldas e Blair (2010).

Já os parâmetros de verde-vermelho, representados por a*, quando negativo tende ao verde quando positivo, ao vermelho. De acordo com o resultado, todos os valores se deram positivos, ou seja, tendem ao vermelho. Sendo assim é possível observar, então, que as amostras com farinha de feijão crua tendem a ser ligeiramente menos avermelhadas do que as que têm em sua formulação a farinha extrudada de feijão carioca, assim assumindo, também, que a concentração de feijão nas formulações influencia diretamente neste resultado vide FC05 com 0,71 e FC30 com 1,02 em contraponto FE05 com 0,81 e FE30 com 1,31.

Quanto ao parâmetro que representa o eixo azul-amarelo, b*, os valores negativos tendem a designar o azul e os valores positivos tendem ao amarelo. Com isso, após análise estatística, todas as farinhas podem ser enquadradas na tonalidade de amarelo, entendendo-se então que quanto maior a concentração de feijão carioca, menos amarelada a farinha se apresenta.

Tendo em vista que a cor do alimento, por vezes, influencia e limita sua utilização. Amostras que tendem ao vermelho, poderiam ser associadas a um alimento integral, como é o foco deste trabalho. Dito isso, a concentração de feijão aumenta o vermelho de acordo com seu tratamento e, como se trata de um produto integral, cumpre e dá características inerentes ao que o consumidor almeja e encontra no mercado atual não sendo fator determinante para recusa ou objeção ao pão objeto deste trabalho. (LOBO, 2016; SELANI et al., 2016)

Tabela 5: Análise de cor RGB das farinhas

Tratamento	*L		*a		*b	
	Média	D. P.	Média	D. P.	Média	D. P.
FC05	80.90 ±	0.22 ef	0.71 ±	0.05 f	17.20 ±	0.10 ab
FC10	81.56 ±	0.04 d	0.77 ±	0.02 ef	16.64 ±	0.26 c
FC15	82.25 ±	0.18 c	0.79 ±	0.01 ef	15.81 ±	0.18 d
FC20	82.83 ±	0.06 b	0.79 ±	0.07 ef	15.30 ±	0.09 d
FC25	83.14 ±	0.09 b	0.89 ±	0.06 cde	14.69 ±	0.14 e
FC30	83.83 ±	0.15 a	1.02 ±	0.03 bc	13.77 ±	0.19 f
FE05	80.68 ±	0.37 f	0.81 ±	0.04 ef	17.58 ±	0.17 a
FE10	80.55 ±	0.11 f	0.87 ±	0.04 de	17.53 ±	0.21 a
FE15	80.74 ±	0.21 ef	0.99 ±	0.06 cd	17.36 ±	0.23 a
FE20	80.50 ±	0.16 f	1.16 ±	0.05 ab	17.28 ±	0.08 ab
FE25	80.76 ±	0.06 ef	1.29 ±	0.09 a	16.81 ±	0.30 bc

FE30 81.22 ± 0.08 de 1.31 ± 0.04 a 16.65 ± 0.13 c

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). . FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca extrudada. FE15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca extrudada. FE20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca extrudada. FE25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca crua. FC15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca crua. FC20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca crua. FC25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

5.4 Análise de Atividade de água

Pães sem glúten, por terem em sua composição maior adição de líquidos já que possuem maior capacidade higroscópica tendem a apresentar uma maior atividade de água em comparação aos pães ditos tradicionais, a base de farinha de trigo.(MAITY; SAXENA, 2016; RINALDI et al., 2017) Atividade de água é um dos parâmetros que determinam se um alimento está mais ou menos propício ao desenvolvimento microbiano (DENARDI et al., 2005; RODRIGUES et al., 2017).

As leituras de atividade de água dos pães estão expostas na Tabela 6. Observa-se que pães pita, excluindo as formulações FE15 e FE20 com 0,943 e 0,915, respectivamente, estão em um nível de atividade de água abaixo do nível descrito por Gragnani (2010), que encontrou valores superiores a 0,900 As formulações FC05 e FC30 apresentaram as menores atividades de água enquanto as formulações FE15 e FE20 as maiores atividades. Dessa forma, a atividade de água dos pães pita está dentro dos padrões aceitáveis para uma vida útil tendo em vista os pães estudados por Sadiku et al (2023) Gragnani (2010).

Tabela 6: Análise de Atividade de Água

Tratamento	Média	D.P.
FC05	0.834 ± 0.013	e
FC10	0.884 ± 0.023	bc
FC15	0.864 ± 0.017	cde
FC20	0.857 ± 0.012	cde
FC25	0.844 ± 0.036	cde
FC30	0.834 ± 0.014	e
FE05	0.842 ± 0.011	de
FE10	0.872 ± 0.025	cde
FE15	0.943 ± 0.012	a
FE20	0.915 ± 0.015	ab
FE25	0.883 ± 0.017	bc

$$\text{FE30} \quad 0.876 \pm 0.015 \text{ bcd}$$

Resultados apresentados na forma de média \pm desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). . FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca extrudada. FE15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca extrudada. FE20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca extrudada. FE25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca crua. FC15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca crua. FC20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca crua. FC25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

5.5 Análise de volume específico dos pães

A propriedade física que descreve por meio da relação entre volume e massa de uma substância ou produto é denominada de volume específico, ou seja, é uma expressão que traduz a quantidade de espaço ocupado pela massa de uma preparação ou substância (BORSUK et al., 2012). Esta propriedade física é de grande importância quando aplicada aos pães e pode representar a maior ou menor distribuição de células de ar. Mesmo no caso dos pães chatos, como é o caso do pão pita, pode ser usada como meio de avaliar o efeito de formulação, por exemplo.

De acordo com os dados obtidos e apresentados na Tabela 7, pode-se observar que houve diferença significativa dentre os tratamentos realizados como visto nos exemplos FC25 (4,03) e FE25 (3,89) tal como nos tratamentos FC10 (2,40) e FE10 (2,89). Em contraste ao encontrado por El-Sohaimy et al. (2019), os pães tiveram diferenças significativas entre os tratamentos sem que houvesse uma uniformidade de acordo com a crescente concentração de feijão carioca.

Tabela 7: Volume específico dos pães

Tratamento	Massa (g)		Volume (cm ³)		v.E cm ³ /g	
	Média	D. P.	Média	D. P.	Média	D. P.
FC05	32.29 \pm 0.92	a	123.60 \pm 17.98	a	3.83 \pm 0.55	a
FC10	31.20 \pm 0.74	ab	74.70 \pm 10.75	c	2.40 \pm 0.35	d
FC15	32.19 \pm 0.54	a	120.70 \pm 17.30	a	3.75 \pm 0.57	a
FC20	31.91 \pm 0.72	a	93.50 \pm 14.02	bc	2.94 \pm 0.49	bcd
FC25	31.16 \pm 0.86	ab	125.40 \pm 15.34	a	4.03 \pm 0.56	a
FC30	31.63 \pm 1.32	a	116.20 \pm 11.91	a	3.68 \pm 0.44	ab
FE05	32.41 \pm 1.40	a	122.90 \pm 14.82	a	3.80 \pm 0.52	a
FE10	29.66 \pm 0.74	b	85.80 \pm 17.68	c	2.89 \pm 0.60	cd
FE15	31.92 \pm 1.64	a	120.60 \pm 17.73	a	3.79 \pm 0.63	a
FE20	31.34 \pm 1.57	ab	77.60 \pm 11.82	c	2.47 \pm 0.33	d
FE25	31.62 \pm 1.31	a	122.40 \pm 13.66	a	3.89 \pm 0.54	a

FE30 32.93 ± 2.11 a 114.30 ± 16.61 ab 3.50 ± 0.65 abc

Resultados apresentados na forma de média \pm desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca extrudada. FE15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca extrudada. FE20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca extrudada. FE25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca crua. FC15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca crua. FC20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca crua. FC25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

5.6 Índices de Absorção de Água (IAA) e Índice de Solubilidade em Água (ISA)

O Índice de Absorção de Água (IAA) é um dos parâmetros usados para que se possa medir a modificação do amido presente no objeto de estudo, com isso, também, auxilia a mensuração da formação de alguns complexos de macromoléculas e desnaturação de proteínas. Quando submetido à extrusão, alguns parâmetros se elevam, modificando, assim, a estrutura do objeto estudado, tais quais a capacidade de absorver água. (DOĞAN; KARWE, 2003)

O índice de solubilidade em água (ISA) está ligado à capacidade de substâncias sólidas se dissolverem em água após desidratação. Ele reflete o tratamento térmico aplicado, que afeta a dissolução do amido e outros componentes como proteínas e gorduras. O ISA é usado para medir a solubilização do amido em produtos como bebidas e sopas pós-extrusão, sendo importante na caracterização de farinhas extrudadas. Em sopas pré-cozidas, o ISA guia a dissolução ideal para alcançar textura e sabor desejados. (AL-RABADI et al., 2011; REIS, 2018)

Após as análises pode ser observado nos dados apresentados na Tabela 8 que as farinhas possuem diferentes níveis de solubilidade. Por exemplo, a amostra FC25 seguida pela amostra FE25 têm o maior índice de solubilidade enquanto a amostra FE05 representa o menor. Com isso, podemos afirmar que os tratamentos submetidos às análises têm variações significativas dentre as amostras dos mesmos tratamentos, porém, quando há diferenciação – cru e extrudada – entre os pares não há. Isso pode ter ocorrido pela base, a farinha 111 ser a base do tratamento, com isso, variando apenas o feijão carioca, em porcentagem máxima de 30%.

Tabela 8: Índice de Solubilidade em Água (ISA) e Índice de Absorção de Água (IAA)

Tratamento	IAA		ISA	
	Média	D. P.	Média	D. P.
FC05	$4.4369 \pm$	0.1115 a	$7.8230 \pm$	0.2486 f
FC10	$3.3296 \pm$	0.2275 cd	$8.1435 \pm$	0.4981 ef

FC15	3.8106	±	0.1137	b	8.5097	±	0.3332	def
FC20	3.0584	±	0.1431	d	10.2168	±	0.2664	ab
FC25	3.0644	±	0.1111	d	10.4142	±	0.2478	a
FC30	3.2607	±	0.1813	d	10.3236	±	0.6660	ab
FE05	4.5650	±	0.0893	a	7.4868	±	0.2927	f
FE10	3.1488	±	0.0773	d	9.2879	±	0.1114	cd
FE15	3.6107	±	0.2212	bc	9.0411	±	0.7277	cde
FE20	3.6017	±	0.0725	bc	9.6452	±	0.3266	ab
FE25	3.6143	±	0.2648	bc	10.4056	±	0.5690	a
FE30	3.2963	±	0.0806	cd	10.2682	±	0.2938	ab

Resultados apresentados na forma de média ± desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca extrudada. FE15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca extrudada. FE20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca extrudada. FE25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca crua. FC15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca crua. FC20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca crua. FC25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

Com os resultados da Tabela 8 conclui-se que as amostras têm diferentes absorções de água sendo a FE05 com o maior índice e a FC20 com o menor. Em comparação com o mesmo percentual de feijão nos diferentes tratamentos houve variação significativa dentre os citados.

No ISA verificou-se que houve uma variação de 7,4868% a 10,4142% que é um parâmetro alto considerando que este mix é composto de diferentes farinhas e, com isso, não somente o amido influencia a solubilidade tendo em vista que outros macronutrientes interferem nesta solubilidade como as proteínas e lipídeos. (ALONSO; AGUIRRE; MARZO, 2000)

Quanto ao IAA nota-se variação de 3.0584 a 4,5650 g/g, dados esses obtidos e embasados que por ser uma farinha que tem alto valor proteico, sua indicação para a cadeia de alimentação aumenta de acordo com o aumento da solubilidade. (FERNANDES et al., 2003)

5.7 Composição centesimal dos pães

De acordo com os dados expressos na Tabela 9, os minerais tiveram um ligeiro aumento enquanto submetidos à extrusão, com exceção do Sódio, que teve diminuição de 5,21 mg/kg. Porém, com o aumento de minerais, pode-se levar a compensação dos compostos quelantes como os fitatos, por exemplo.

As amostras extrudadas tiveram maiores resultados em todos os elementos analisados como pode ser visto na Tabela 10. Isso pode ser dado pela influência do cisalhamento durante a extrusão.

A diminuição de proteínas entre os tratamentos pode ter ocorrido por conta do processo de desnaturação que a extrusão causa no produto submetido a ela. Para um produto comercial, pode ser um fator negativo levando em consideração consumidores que têm suas dietas baseadas exclusiva ou prioritariamente em produtos de origem vegetal. (RATHOD; ANNAPURE, 2016) Porém, também nota-se que o teor proteico se eleva de acordo com o aumento de concentração de feijão carioca.

Assim como o aumento do teor de carboidratos, que pode ter sido dado pela gelatinização dos amidos por consequência, fazendo-os mais acessíveis, porém pode ser dada também pela diminuição das fibras solúveis e insolúveis.(RATHOD; ANNAPURE, 2016)

Já quanto aos fitatos que podem reduzir a absorção de minerais pelo organismo pode ser um fator preocupante levando em consideração seu aumento quando submetido à extrusão. Em contraponto, houve aumento considerável em minerais. Por outro lado, os fitatos são utilizados para prevenção de diabetes e doenças cardíacas e, também, possuir capacidade anticancerígena por exemplo. (KONIETZNY; JANY; GREINER, 2006; NIKMARAM et al., 2017)

Contudo, em comparação a pães com glúten, envolvendo principalmente, farinha de trigo e cevada, os índices de proteína (10,80g), lipídeos (1,50g), fibras (2,00g) nas formulações do presente trabalho superam, ou seja, as formulações, com o feijão carioca, extrudado ou não, tem maiores concentrações dos compostos citados. (ALU'DATT et al., 2012)

Tabela 9: Análise de Minerais**Minerais (mg/kg)**

Tratamento	Sódio (Na)	Potássio (K)	Magnésio (Mg)	Cálcio (Ca)	Manganês (Mn)	Ferro (Fe)	Zinco (Zn)	Cobre (Cu)	Fósforo (P)
Feijão Carioca Cru	0.00	14323.71	1729.46	896.96	9.78	66.78	24.13	8.14	4334.62
Feijão Carioca Extrudado	0.00	14498.37	1772.05	1107.21	7.73	86.15	27.66	5.49	5154.14
Mix 111 Cru	48.30	5653.64	1220.04	456.05	24.22	36.31	28.30	4.51	3151.95
Mix 111 Extrudado	43.09	6059.31	1318.01	482.00	26.94	47.04	29.33	4.84	3468.94
FC05	40.94	6472.53	1338.58	502.75	26.08	48.03	29.07	5.00	3512.23
FC10	38.78	6885.75	1359.15	523.49	25.23	49.02	28.81	5.17	3555.51
FC15	36.63	7298.97	1379.73	544.24	24.37	50.00	28.55	5.33	3598.79
FC20	34.47	7712.19	1400.30	564.99	23.51	50.99	28.29	5.50	3642.08
FC25	32.32	8125.41	1420.87	585.74	22.65	51.98	28.03	5.66	3685.36
FC30	30.16	8538.63	1441.44	606.49	21.79	52.96	27.77	5.83	3728.65
FE05	40.94	6481.26	1340.71	513.26	25.98	49.00	29.24	4.87	3553.20
FE10	38.78	6903.21	1363.41	544.52	25.02	50.95	29.16	4.90	3637.46
FE15	36.63	7325.17	1386.11	575.78	24.06	52.91	29.08	4.93	3721.72
FE20	34.47	7747.12	1408.82	607.04	23.10	54.86	28.99	4.97	3805.98
FE25	32.32	8169.07	1431.52	638.30	22.14	56.82	28.91	5.00	3890.24
FE30	30.16	8591.03	1454.22	669.56	21.18	58.78	28.83	5.03	3974.50

FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca extrudada. FE15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca extrudada. FE20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca extrudada. FE25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca crua. FC15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca crua. FC20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca crua. FC25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

Tabela 11: Análise de Composição Nutricional

Tratamento	Fitatos (mg/g)	Proteína (g/100g)	Lipídeos (g/100g)	Fibra Solúvel (g/100g)	Fibra Insolúvel (g/100g)	Fibra Alimentar (g/100g)	Carboidratos (g/100g)	Valor Calórico (kcal/100g)
Feijão Carioca Cru	9.12	19.32	3.22	1.32	15.92	17.24	45.48	288.18
Feijão Carioca Extrudado	11.58	18.28	3.14	1.69	15.80	17.49	52.34	310.74
Mix 111 Cru	7.00	11.73	5.84	0.00	9.10	9.10	61.28	344.60
Mix 111 Extrudado	7.74	11.96	5.55	2.26	6.74	9.00	65.50	359.79
FC05	7.81	12.33	5.43	2.21	7.20	9.41	64.50	356.21
FC10	7.88	12.70	5.32	2.17	7.66	9.82	63.50	352.63
FC15	7.95	13.06	5.20	2.12	8.12	10.24	62.50	349.05
FC20	8.02	13.43	5.08	2.07	8.58	10.65	61.50	345.47
FC25	8.09	13.80	4.97	2.03	9.04	11.06	60.50	341.89
FC30	8.15	14.17	4.85	1.98	9.49	11.47	59.49	338.31
FE05	7.93	12.28	5.43	2.23	7.19	9.42	64.84	357.34
FE10	8.12	12.59	5.31	2.20	7.65	9.85	64.18	354.89
FE15	8.32	12.91	5.19	2.17	8.10	10.27	63.53	352.43
FE20	8.51	13.22	5.07	2.15	8.55	10.70	62.87	349.98
FE25	8.70	13.54	4.95	2.12	9.01	11.12	62.21	347.53
FE30	8.89	13.86	4.83	2.09	9.46	11.55	61.55	345.08

FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca extrudada. FE15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca extrudada. FE20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca extrudada. FE25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca crua. FC15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca crua. FC20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca crua. FC25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

5.8 Análise de textura instrumental dos pães

Com base nos dados obtidos e expostos na Tabela 10, pode-se observar que os resultados das diferentes formulações não têm variância significativa, como vemos no exemplo dos tratamentos FE05 (7,21) e FC05 (7,89).

Quanto ao trabalho de deformação, o mesmo é mensurado de acordo com a quantidade de energia que é necessária para que o produto possa ser deformado até um ponto definido. (GÁMBARO et al., 2006) Assim como o parâmetro de dureza, não houve diferença significativa como pode ser observado nos tratamentos FE30 (23,85) e FC30 (22,87). Segundo estudo de Kumar, Kaur & Jambh (2021), o presente trabalho foi ao inverso encontrado, ou seja, no estudo citado houve diferenças significativas com elevações proporcionais a concentração de material extrudado em comparação ao não extrudado enquanto no presente trabalho não houve diferenças significativas independentemente do tratamento dado (extrudado ou cru).

Com isso, pode-se concluir que a adição de feijão, independentemente da proporção ou tratamento, não foi fator determinante na análise de textura embora se note diminuição da dureza nos tratamentos extrudados com maior concentração de feijão.

Tabela 10: Análise de Textura Instrumental dos Pães

Tratamento	Dureza			Trabalho de Deformação		
	Média	±	D. P.	Média	±	D. P.
FC05	7.21	± 1.56	a	24.15	± 5.60	a
FC10	5.39	± 1.08	a	17.53	± 3.14	a
FC15	5.34	± 1.15	a	18.19	± 4.06	a
FC20	7.42	± 3.44	a	25.60	± 3.41	a
FC25	6.53	± 2.11	a	23.18	± 7.64	a
FC30	6.62	± 1.06	a	22.87	± 3.19	a
FE05	7.89	± 2.31	a	25.13	± 8.19	a
FE10	6.25	± 1.54	a	21.37	± 5.97	a
FE15	8.01	± 2.89	a	25.46	± 9.85	a
FE20	5.50	± 0.82	a	17.26	± 1.85	a
FE25	6.52	± 1.26	a	22.55	± 5.87	a
FE30	5.90	± 1.67	a	23.85	± 6.07	a

Resultados apresentados na forma de média ± desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca extrudada. FE15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca extrudada. FE20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca extrudada. FE25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC10: 90% mix 111 e 10% farinha de feijão carioca crua. FC15: 85% mix 111 e 15% farinha de feijão carioca crua. FC20: 80% mix 111 e 20% farinha de feijão carioca crua. FC25: 75% mix 111 e 25% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

5.9 Análise Sensorial

Foram escolhidas para o teste as formulações FE05, FC05, FE30 e FC30, por terem a maior e a menor concentração de feijão carioca, tanto cru quanto extrudado.

Após análise foi verificado que as notas de aceitação, em aspecto global, foram médias, não ultrapassando a nota 5 (não gostei nem desgostei). Contudo, um corte para consumidores de pão sem glúten – 44 avaliadores-, as amostras tiveram maior aceitação com a nota global de 6,3 principalmente no quesito textura que houve um aumento de aceitação para as amostras cujo os tratamentos foram submetidos à extrusão. Então, por ter uma aceitação de 70%, o pão foi aprovado no grupo que consome pães sem glúten, público esse que o produto se adequa.

Quanto as características “sabor de pão”, “sabor estranho – off flavour” e “sabor residual”, notou-se um aumento das notas de intensidade de acordo com a porcentagem adicionada de feijão carioca como pode ser visto na Tabela 11.

Tabela 11: Análise Sensorial

	FE05			FC05			FE30			FC30		
	Média	D.P.		Média	D.P.		Média	D.P.		Média	D.P.	
Aceitação Global	4.80	± 2.18	a	4.57	± 2.23	a	5.00	± 2.13	a	4.65	± 2.23	a
Sabor	4.72	± 2.07	a	4.51	± 2.12	a	4.72	± 2.14	a	4.58	± 2.11	a
Textura	4.42	± 2.15	ab	4.12	± 2.15	b	4.96	± 2.27	a	3.93	± 2.29	b
Intensidade e Sabor Característico de Pão	4.64	± 2.10	a	4.46	± 2.09	a	4.60	± 2.16	a	4.72	± 2.39	a
Off-Flavour	4.38	± 2.43	b	4.47	± 2.40	b	5.40	± 2.60	a	4.51	± 2.76	b
Sabor Residual	3.55	± 2.37	b	3.69	± 2.35	ab	4.33	± 2.72	a	4.31	± 2.84	a

Resultados apresentados na forma de média ± desvio padrão. Médias seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). FE05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca extrudada. FE30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca extrudada. FC05: 95% mix 111 e 5% farinha de feijão carioca crua. FC30: 70% mix 111 e 30% farinha de feijão carioca crua.

6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o processamento por extrusão termoplástica influenciou de forma positiva, em diversos aspectos do pão objeto desse trabalho. Dentre essas influências podemos citar, principalmente, a extrusão permitiu aumento da absorção de água por modificação do amido, levando ao aumento da maciez e da umidade do pão interferindo, por consequência, aumentou a aceitabilidade dos pães produzidos por extrusão termoplástica.

Com isso podemos concluir que a formulação mais adequada, em aspectos gerais foi a FE30, por mais que tenha sabor residual de feijão é a que mais se enquadra em aspectos nutricionais e sensoriais.

Além disso, nutricionalmente, a extrusão favoreceu o aumento de micronutrientes tais como, potássio, cálcio, manganês, ferro e cobre.

7 RECOMENDAÇÃO PARA FUTUROS TRABALHOS

Como sugestão para trabalhos futuros, a introdução de outros insumos tais quais, goma xantana, polvilhos e outras misturas de farinhas devem ser considerados, pois podem melhorar ainda mais na textura e reduzir off-flavours devido ao uso dos pulses usados (grão-de-bico e feijão carioca). Assim como a inclusão de análises tais quais simulação gastrointestinal, índice glicêmico, compostos fenólicos, estabilidade do produto e vida útil. Além disso, variações no grau de modificação das farinhas com outras variações das condições de processo da extrusora, poderiam provocar mudanças ainda mais desejáveis para este tipo de pão, como maior umidade e menor gasto de energia no processo de produção deste tipo de pão.

REFERÊNCIAS

- AACC, A. ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTRY. **Approved Methods of the AACC**. 10. ed. [s.l.] Washington, 2000.
- ABIP. **Indicadores da Panificação e Confeitaria Brasileira**. Brasília - DF Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria, , 2021.
- AHMAD MIR, S.; AHMAD SHAH, M. Indian Flatbreads: How Structure Influences Properties. Em: **Encyclopedia of Food Chemistry**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 90–95.
- ALAM, M. S. et al. Extrusion and Extruded Products: Changes in Quality Attributes as Affected by Extrusion Process Parameters: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 445–473, 17 fev. 2016.
- ALONSO, R.; AGUIRRE, A.; MARZO, F. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. **Food Chemistry**, v. 68, n. 2, p. 159–165, fev. 2000.
- AL-RABADI, G. J. et al. Particle size of milled barley and sorghum and physico-chemical properties of grain following extrusion. **Journal of Food Engineering**, v. 103, n. 4, p. 464–472, abr. 2011.
- ALU'DATT, M. H. et al. Effects of barley flour and barley protein isolate on chemical, functional, nutritional and biological properties of Pita bread. **Food Hydrocolloids**, v. 26, n. 1, p. 135–143, jan. 2012.
- ANDREWS, D. J.; KUMAR, K. A. Pearl Millet for Food, Feed, and Forage. Em: [s.l.: s.n.]. p. 89–139.
- ANNOR, G. A. et al. Why do millets have slower starch and protein digestibility than other cereals? **Trends in Food Science & Technology**, v. 66, p. 73–83, ago. 2017.
- AOAC, M. Association of official analytical chemists. Official methods of analysis. **AOAC: Off Methods Anal**, v. 1, p. 69–90, 1990.
- BAR-EL DADON, S.; ABBO, S.; REIFEN, R. Leveraging traditional crops for better nutrition and health - The case of chickpea. **Trends in Food Science & Technology**, v. 64, p. 39–47, jun. 2017.
- BARRION, S. C. **Pearl millet milling: Comparison between traditional Namibian fermentation- semi-wet milling and dry milling**. Pretoria - Republic of South Africa: University of Pretoria, 2008.
- BENTO, J. A. C. et al. Chemical profile of colorful bean (*Phaseolus vulgaris* L) flours: Changes influenced by the cooking method. **Food Chemistry**, v. 356, p. 129718, set. 2021.
- BIBLE, B. B.; SINGHA, S. Canopy Position Influences CIELAB Coordinates of Peach Color. **HortScience**, v. 28, n. 10, p. 992–993, out. 1993.
- BIESIEKIERSKI, J. R. What is gluten? **Journal of Gastroenterology and Hepatology**, v. 32, p. 78–81, mar. 2017.
- BORBA, A. M.; SARMENTO, S. B. S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 835–843, dez. 2005.

- BORSUK, Y. et al. Incorporation of pulse flours of different particle size in relation to pita bread quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 10, p. 2055–2061, 15 ago. 2012.
- BROUNS, F. et al. Adverse Reactions to Wheat or Wheat Components. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 5, p. 1437–1452, 17 set. 2019.
- BYASS, P.; KAHN, K.; IVARSSON, A. The global burden of childhood coeliac disease: a neglected component of diarrhoeal mortality? **PloS one**, v. 6, n. 7, p. e22774, 2011.
- CALTEPE, G. The hidden danger: Silent celiac disease. **The Turkish Journal of Gastroenterology**, v. 29, n. 5, p. 530–531, 31 ago. 2018.
- CAMIRE, M. E.; CAMIRE, A.; KRUMHAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 29, n. 1, p. 35–57, jan. 1990.
- CAPPA, C.; LUCISANO, M.; MARIOTTI, M. Influence of Psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality. **Carbohydrate polymers**, v. 98, n. 2, p. 1657–66, 6 nov. 2013.
- CAPRILES, V. D.; DOS SANTOS, F. G.; ARÊAS, J. A. G. Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds. **Journal of Cereal Science**, v. 67, p. 83–91, jan. 2016.
- CARVALHO, A. V. et al. Caracterização tecnológica de extrusados de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 995–1003, ago. 2010.
- CARVALHO, A. V. et al. Efeito dos parâmetros de extrusão termoplástica sobre as propriedades tecnológicas de farinhas pré-cozidas elaboradas com arroz e feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 4, p. 343–351, 30 out. 2012.
- CASSOL, F. D. R. **Características agronômicas, nutricionais e tecnológicas de grãos de feijão carioca armazenados, cultivados em sistemas orgânico e convencional**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola—Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2017.
- CELA, N. et al. Gluten-Free Brewing: Issues and Perspectives. **Fermentation**, v. 6, n. 2, p. 53, 20 maio 2020.
- COLLAR, C. Gluten-Free Dough-Based Foods and Technologies. Em: **Sorghum and Millets**. [s.l.] Elsevier, 2019. p. 331–354.
- COMETTANT-RABANAL, R. et al. Extruded whole grain flours and sprout millet as functional ingredients for gluten-free bread. **LWT**, v. 150, p. 112042, out. 2021.
- DEMIRKESEN, I. et al. Rheological properties of gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 2, p. 295–303, jan. 2010.
- DENARDI, C. et al. Avaliação da atividade de água e da contaminação por bolores e leveduras em mel comercializado na cidade de São Paulo – SP, Brasil. **ARS Veterinaria**, v. 25, p. 63–67, jan. 2005.
- DIAS-MARTINS, A. M. et al. Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. **Food Research International**, v. 109, p. 175–186, jul. 2018.
- DÍAZ, A. M.; CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Concentrations of condensed tannins and anthocyanins in common bean seed coats. **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 595–601, mar. 2010.

DO NASCIMENTO, A. B. et al. Gluten-free is not enough – perception and suggestions of celiac consumers. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 65, n. 4, p. 394–398, 15 jun. 2014.

DOĞAN, H.; KARWE, M. V. Physicochemical Properties of Quinoa Extrudates. **Food Science and Technology International**, v. 9, n. 2, p. 101–114, 4 abr. 2003.

DOMSA, E. M. et al. Celiac disease: a multi-faceted medical condition. **Journal of physiology and pharmacology : an official journal of the Polish Physiological Society**, v. 71, n. 1, fev. 2020.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2011.

EL-SOHAIMY, S. A. et al. Nutritional, Physicochemical, and Sensorial Evaluation of Flat Bread Supplemented with Quinoa Flour. **International Journal of Food Science**, v. 2019, p. 1–15, 3 mar. 2019.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2021): área, produção e rendimento. 2022.

FAO, F. AND A. O. **Food Stats**. , 2020.

FASANO, A. et al. Federation of International Societies of Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition consensus report on celiac disease. **Journal of pediatric gastroenterology and nutrition**, v. 47, n. 2, p. 214–9, ago. 2008.

FERNANDES, G. B. et al. Controvérsias no pão nosso de cada dia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 6, p. 741–759, 20 dez. 2023.

FERNANDES, M. S. et al. Efeito da temperatura de extrusão na absorção de água, solubilidade e dispersibilidade da farinha pré-cozida de milho-soja (70:30). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 234–239, ago. 2003.

FERREIRA, A. C. P.; BRAZACA, S. G. C.; ARTHUR, V. Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 80–88, mar. 2006.

FLANDRIN, J.-L.; MONTANARI, M. **História da Alimentação**. 10. ed. São Paulo: Estação Liberdade, 1998.

GÁMBARO, A. et al. Consumer Acceptability Compared with Sensory and Instrumental Measures of White Pan Bread: Sensory Shelf-life Estimation by Survival Analysis. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 9, p. S401–S405, 31 maio 2006.

GAUTAM, A.; CHOUDHURY, G. S. Screw configuration effects on residence time distribution and mixing in twin-screw extruders during extrusion of rice flour. **Journal of Food Process Engineering**, v. 22, n. 4, p. 263–285, out. 1999.

GOMES, J. C. et al. Desenvolvimento e caracterização de farinhas de feijão. **Revista Ceres**, v. 53, n. 309, p. 548–558, 2006.

GRAGNANI, M. A. L. **Produção e avaliação de pão de forma com tritcale e enzima transglutaminase microbiana**. [s.l: s.n.].

GREEN, P. H. R.; JABRI, B. Coeliac disease. **Lancet (London, England)**, v. 362, n. 9381, p. 383–91, 2 ago. 2003.

- HARPER, J. M.; CLARK, J. P. Food extrusion. **C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 11, n. 2, p. 155–215, 29 fev. 1979.
- HART, J. P. The effects of charring on common bean (*Phaseolus vulgaris* L) seed morphology and strength. **Journal of Archaeological Science: Reports**, v. 37, p. 102996, jun. 2021.
- HE, Y. et al. Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 27–42, maio 2021.
- HOUBEN, A.; HÖCHSTÖTTER, A.; BECKER, T. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. **European Food Research and Technology**, v. 235, n. 2, p. 195–208, 15 ago. 2012.
- JACOB, H. E. **Seis Mil Anos de Pão**. São Paulo: Nova Alexandria, 2003.
- JAIN, R. K.; BAL, S. Properties of Pearl Millet. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 66, n. 2, p. 85–91, fev. 1997.
- JUKANTI, A. K. et al. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. **British Journal of Nutrition**, v. 108, n. S1, p. S11–S26, 23 ago. 2012.
- JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. **The rice grain and its gross composition**. American Association of Cereal Chemists, , 1985.
- KENNEDY, G.; BURLINGAME, B.; NGUU, N. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, v. 51, p. 33–41, 2002.
- KONIETZNY, U.; JANY, K.-D.; GREINER, R. Phytate - An undesirable constituent of plant-based foods? **Journal fur Ernährungsmedizin**, v. 8, p. 18–28, 1 jan. 2006.
- KUMAR, P.; KAUR, C.; JAMBH, H. K. Rheological, textural, and technological modifications in wheat unleavened flatbread substituted with extruded finger millet. **Journal of Texture Studies**, v. 52, n. 3, p. 400–409, 2 jun. 2021.
- LERNER, A. New therapeutic strategies for celiac disease. **Autoimmunity reviews**, v. 9, n. 3, p. 144–7, jan. 2010.
- LIU, C. et al. Preparation, physicochemical and texture properties of texturized rice produce by Improved Extrusion Cooking Technology. **Journal of Cereal Science**, v. 54, n. 3, p. 473–480, nov. 2011.
- LOBO, A. C. M. ; V. L. F. L. Revisão de literatura sobre os efeitos terapêuticos do açaí e sua importância na alimentação . **Biosaúde**, 2016.
- MAITY, T.; SAXENA, A. Use of Hydrocolloids as Cryoprotectant for Frozen Foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 00–00, 12 maio 2016.
- MAJZOBI, M. et al. Unlocking the Potential of Sprouted Cereals, Pseudocereals, and Pulses in Combating Malnutrition. **Foods**, v. 12, n. 21, p. 3901, 24 out. 2023.
- MARTINS, A. M. D. **Efeitos de diferentes processamentos sobre a qualidade nutricional e funcional de grãos de milho (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.)**. Seropédica: UFRRJ, 2019.
- MAURYA, A. K.; SAID, P. P. Extrusion Processing on Physical and Chemical Properties of Protein Rich Products-An Overview. 2014.

- MEILGAARD, M. C.; CARR, B. T.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. [s.l.] CRC Press, 2006.
- MOHAMMADI, M. et al. Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 21, p. 1398–1402, jan. 2015.
- MOSIBO, O. K. et al. Extrusion cooking of protein-based products: potentials and challenges. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 9, p. 2526–2547, 15 maio 2022.
- NATABIRWA, H. et al. Physico-chemical properties and extrusion behaviour of selected common bean varieties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 4, p. 1492–1501, 3 mar. 2018.
- NIKMARAM, N. et al. Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: An overview. **Food Control**, v. 79, p. 62–73, set. 2017.
- PECORA, F. et al. Gut Microbiota in Celiac Disease: Is There Any Role for Probiotics? **Frontiers in Immunology**, v. 11, 15 maio 2020.
- PONGJARUVAT, W. et al. Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads. **Food Hydrocolloids**, v. 36, p. 143–150, maio 2014.
- QADIR, N.; WANI, I. A. In-vitro digestibility of rice starch and factors regulating its digestion process: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 291, p. 119600, set. 2022.
- QUAIL, K. J. Flatbreads of the World. Em: **Encyclopedia of Food Grains**. [s.l.] Elsevier, 2016. p. 19–24.
- RAGAE, S.; ABDEL-AAL, E.-S. M. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. **Food Chemistry**, v. 95, n. 1, p. 9–18, mar. 2006.
- RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. DA. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 75–82, 2005.
- RATHOD, R. P.; ANNAPURE, U. S. Effect of extrusion process on antinutritional factors and protein and starch digestibility of lentil splits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 66, p. 114–123, mar. 2016.
- REIS, I. P. **OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA MISTA PRÉCOZIDA DE ARROZ E CASCA DE UVA**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2018.
- RINALDI, M. et al. Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelf-life evaluation. **Food Chemistry**, v. 224, p. 144–152, jun. 2017.
- RODRIGUES, J. A.; MILÃO, J. A.; et al. Avaliação das condições microbiológicas de alimentos, superfícies e utensílios utilizados no preparo de refeições em um restaurante universitário. Em: **Tópicos em Ciências e Tecnologia de Alimentos: Resultados de Pesquisas Acadêmicas - Vol. 3**. [s.l.] Editora Blucher, 2017.
- S., M.; S., P. S.; SADIKU, E. R. Evaluation of Quality and Shelf-Life Extension of Pita Bread Prepared with Clove Essential. **Food Science and Technology**, v. 11, n. 3, p. 133–144, ago. 2023.
- SANTOS, F. G.; AGUIAR, E. V.; CAPRILES, V. D. Analysis of ingredient and nutritional labeling of commercially available gluten-free bread in Brazil. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 70, n. 5, p. 562–569, 4 jul. 2019.

- SANTOS JOAQUIM, M. et al. Impactos da guerra entre a Rússia e a Ucrânia no trigo brasileiro. Em: **Estudos em Ciências Ambientais e Agrárias**. [s.l.] Editora Licuri, 2023. p. 101–116.
- SCHUEER, P. M. et al. TRIGO: CARACTERÍSTICAS E UTILIZAÇÃO NA PANIFICAÇÃO. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211–222, 30 jun. 2011.
- SEBIO, L. **Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físico-químicas da farinha de inhame (Dioscorea rotundata)**. Campinas, 1996.
- SEBRAE. **Estudo de Mercado. Indústria: Panificação**. Bahia Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2017.
- SELANI, M. M. et al. Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. **Meat Science**, v. 112, p. 69–76, fev. 2016.
- SILVA, E. M. M. DA. **Produção de macarrão pré-cozido à base de farinha mista de arroz integral e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.
- SILVA, E. M. M. DA et al. Physical characteristics of extrudates from corn flour and dehulled carioca bean flour blend. **LWT - Food Science and Technology**, v. 58, n. 2, p. 620–626, out. 2014.
- SILVA, T. S. DA G. E.; FURLANETTO, T. W. Diagnóstico de doença celíaca em adultos. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 56, n. 1, p. 122–126, 2010.
- SOARES JÚNIOR, M. S. et al. Desenvolvimento de salgadinhos extrusados a partir de fragmentos de arroz e de feijão. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 191, 31 mar. 2011.
- SRIVASTAVA, A. K.; PRASADA RAO, U. J.; HARIDAS RAO, P. Studies on protein and its high-molecular-weight subunit composition in relation to chapati-making quality of Indian wheat cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, n. 3, p. 225–231, fev. 2003.
- TANNAHILL, R. **Food in History**. 10. ed. Londres: Eyre Methuen, 1973.
- TAYLOR, J. R. N. Millet Pearl: Overview. Em: **Encyclopedia of Food Grains**. [s.l.] Elsevier, 2016. p. 190–198.
- TEDRUS, G. DE A. S. et al. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 20–25, jan. 2001.
- TERRIEN, A.; KELLY, C. P.; SILVESTER, J. A. Celiac Disease: Extraintestinal Manifestations and Associated Conditions. **Journal of clinical gastroenterology**, v. 54, n. 1, p. 8–21, 2020.
- TOLEDO, V. C. S. et al. Extrusion cooking of gluten-free whole grain flour blends. **Journal of Food Process Engineering**, v. 43, n. 2, 6 fev. 2020.
- VARGAS-SOLÓRZANO, J. W. et al. Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. **Food Research International**, v. 55, p. 37–44, jan. 2014.
- VARGAS-SOLÓRZANO, J. W. **Obtenção e caracterização de farinha extrudada de diferentes genótipos de sorgo para o desenvolvimento de biscoitos doces**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2013.
- VATANSEVER, S.; TULBEK, M. C.; RIAZ, M. N. Low- and High-Moisture Extrusion of Pulse Proteins as Plant-Based Meat Ingredients: A Review. **Cereal Foods World**, v. 65, n. 4, 2020.

VIDHYALAKSHMI, R.; PRABHASANKAR, P.; MEERA, M. S. Ultrasonication assisted pearl millet starch-germ complexing: Evaluation of starch characteristics and its influence on glycaemic index of bread. **Journal of Cereal Science**, v. 112, p. 103686, jul. 2023.

VILLANACCI, V. et al. Celiac disease: histology-differential diagnosis-complications. A practical approach. **Pathologica**, v. 112, n. 3, p. 186–196, set. 2020.

WALLACE, T.; MURRAY, R.; ZELMAN, K. The Nutritional Value and Health Benefits of Chickpeas and Hummus. **Nutrients**, v. 8, n. 12, p. 766, 29 nov. 2016.

WOOD, J. A.; GRUSAK, M. A. Nutritional value of chickpea. Em: **Chickpea breeding and management**. Wallingford: CABI, 2007. p. 101–142.

WOOD, J. A.; KNIGHTS, E. J.; CHOCT, M. Morphology of Chickpea Seeds (*Cicer arietinum* L.): Comparison of desi and kabuli Types. **International Journal of Plant Sciences**, v. 172, n. 5, p. 632–643, jun. 2011.

ZHANG, B. et al. The effects of screw configuration on the screw fill degree and special mechanical energy in twin-screw extruder for high-moisture texturised defatted soybean meal. **Journal of Food Engineering**, v. 157, p. 77–83, 1 jul. 2015.

ANEXOS



LASI - Laboratório de Análise Sensorial e Instrumental

Seja bem-vindo!

Por favor, clique em Próximo para começar.

Próximo

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Convido o(a) Sr(a) para participar da pesquisa sobre PÃO PITA (ou pão ÁRABE). Sua participação é voluntária e se dará por meio de respostas ao questionário. Os resultados serão analisados e publicados; no entanto, seus dados serão mantidos em sigilo.

Ressaltamos que não existe resposta certa ou errada. O importante é a sua opinião sobre o produto.

Para qualquer informação, o(a) Sr.(a) poderá entrar em contato através do meio: daniela.freitas@embrapa.br

Concordo com os termos citados:

 Sim Não

**Você está recebendo uma amostra de PÃO PITA (ou pão ÁRABE).
Por favor, prove e marque o quanto você gostou ou desgostou
deste pão.**

Amostra: BC111

ACEITAÇÃO GLOBAL

Desgostei extremamente					Não gostei e nem desgostei					Gostei extremamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SABOR

Desgostei extremamente					Não gostei e nem desgostei					Gostei extremamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TEXTURA

Desgostei extremamente					Não gostei e nem desgostei					Gostei extremamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Por favor, faça sua avaliação em relação aos seguintes atributos:

INTENSIDADE DE SABOR CARACTERÍSTICO DE PÃO

Sabor e aroma agradável de fermentação, semelhante a levedura, gosto salgado, doce e amargo.

Nenhum

Intenso

INTENSIDADE DE SABOR ESTRANHO (off-flavours)

Sabor e aroma desagradável semelhante a notas de “feijões”, “verde (cru)” e “terroso” principalmente.

Nenhum

Intenso

INTENSIDADE DE SABOR RESIDUAL

Sabor desagradável referente ao gosto **amargo persistente**.

Nenhum

Intenso

Próximo

Com qual gênero você se identifica?

- Please Select -

Idade

- Please Select -

Grau de Escolaridade

- Please Select -

Renda familiar mensal: (SM: Salário mínimo = R\$ 1.212,00)

- Please Select -

Com que frequência você consome os produtos listados abaixo?

Obs.: Caso você não consuma, marque nunca.

Pães tradicionais em geral (pão de sal, pão de forma, etc.)

Pães integrais em geral (pão de sal, pão de forma, etc.)

Pães sem glúten em geral (pão de sal, pão de forma, etc.)

Pão pita (ou árabe) tradicional

Pão pita (ou árabe) integral

Outro?

 Outro? Qual?

Próximo



LASI - Laboratório de Análise Sensorial e Instrumental

Você finalizou o teste.

Obrigado pela sua participação!

Por Favor, não saia sem fechar essa janela.

Terminado (Finalizado)