



DANDARA LIMA BRASIL

**FARINHA DE JUNÇA (*Cyperus esculentus* L.) EM MASSAS
CONGELADAS DE PÃES TIPO FORMA**

**LAVRAS – MG
2022**

DANDARA LIMA BRASIL

**FARINHA DE JUNÇA (*Cyperus esculentus* L.) EM MASSAS CONGELADAS DE
PÃES TIPO FORMA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração Ciência dos Alimentos para obtenção do título de Doutora.

Profa. Dra. Joelma Pereira
Orientadora

Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli
Coorientador

**LAVRAS – MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Brasil, Dandara Lima.

Farinha de junça (*Cyperus esculentus* L.) em massas
congeladas de pães tipo forma / Dandara Lima Brasil. - 2022.
79 p.

Orientador(a): Joelma Pereira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.
Bibliografia.

1. Tubérculos de junça. 2. Massa congelada. 3. Panificação. I.
Pereira, Joelma. II. Título.

O conteúdo desta obra é de responsabilidade do(a) autor(a) e de seu orientador(a).

DANDARA LIMA BRASIL

**FARINHA DE JUNÇA (*Cyperus esculentus* L.) EM MASSAS CONGELADAS DE
PÃES TIPO FORMA**

TIGERNUT FLOUR (*Cyperus esculentus* L.) IN FROZEN BREAD DOUGH

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração Ciência dos Alimentos para obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 30 de junho de 2022.

Dra. Joelma Pereira UFLA

Dr. Rafael Audino Zambelli UFC

Documento assinado digitalmente

 gov.br

JOELMA PEREIRA

Data: 12/08/2022 12:07:57-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Joelma Pereira
Orientadora

Documento assinado digitalmente

 gov.br

RAFAEL AUDINO ZAMBELLI

Data: 16/08/2022 16:25:03-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli
Coorientador

LAVRAS – MG
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por ter me dado força e sabedoria para seguir em frente nesta etapa da minha vida.

Aos meus pais, Helder e Vanusa, e à minha irmã Odara, pelo amor incondicional, pelo apoio constante, pela cumplicidade e pela sustentação emocional. Muito obrigada, sem a ajuda e a dedicação de vocês não teria conseguido. Com certeza, vocês são uma das razões de eu estar aqui no dia de hoje.

Aos meus queridos avós paternos (*in memoriam*), Valdemar e Hilda, por terem acreditado em mim e cuidado de mim. Sei que onde vocês estiverem estão torcendo por mim. Acreditem estou fazendo tudo para se orgulharem de mim.

À minha querida avó materna, Vilanir, pelo seu amor e pelas suas orações que me dão suporte para prosseguir lutando.

À minha orientadora, Joelma Pereiras, por ter me acompanhado nesta jornada acadêmica, por ter partilhado seus ensinamentos e por ter acreditado no meu potencial e nos trabalhos desenvolvidos juntas. Muito obrigada por todos os conhecimentos adquiridos.

Ao meu coorientador, Rafael Audino Zambelli, por ter indicado os rumos que deveria tomar acerca da minha pesquisa. Suas observações e orientações foram muito importantes para a realização deste trabalho. Muito obrigada por todas as informações e orientações compartilhadas.

Aos amigos queridos da minha terrinha Fortaleza-Ceará, da cidade de Viçosa-Minas Gerais e da cidade de Lavras-Minas Gerais, por torcerem por cada conquista minha como se fosse deles. Deixo registrado aqui o meu reconhecimento e a minha gratidão por tudo o que fizeram e fazem por mim.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade. E a Universidade Federal do Ceará, especialmente ao Departamento de Engenharia de Alimentos, pelo suporte durante todo o experimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado.

A todos do Laboratório de Biomateriais Alimentícios da UFC e do Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos da UFLA pelo suporte e pelas diversas contribuições nesta pesquisa.

*“A fé na vitória tem que ser inabalável.”
(Dexter)*

RESUMO

A possibilidade de introduzir novos ingredientes na fabricação de pães, como a farinha de junça, que é rica em fibras alimentares, proteínas, boa fonte de ácidos graxos monoinsaturados, carboidratos e minerais, objetiva elaborar produtos com características de melhor qualidade sensorial, nutricional e econômica associada ao processo de fabricação. O objetivo deste estudo foi elaborar formulações de pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana, bem como estudar o processo de obtenção por meio da tecnologia de massas congeladas, avaliando o efeito da estocagem congelada por 60 dias nos atributos de qualidade tecnológica dos pães. Na primeira etapa, aplicou-se um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), totalizando onze ensaios, sendo as variáveis independentes incorporadas em níveis de 7,93 % a 22,07 % de farinha de junça e 0,89 % a 1,60 % de goma xantana. Os resultados foram analisados por meio da Metodologia de Superfície de Resposta. Os ensaios que obtiveram os melhores resultados em relação aos atributos analisados foram escolhidos para a segunda etapa do estudo, a fase de armazenamento congelado. Os efeitos da adição de 7,93% de farinha de junça e 1,25% de goma xantana (F1) e de 10% de farinha de junça e 1% de goma xantana (F2) nas massas congeladas de pães de forma por até 60 dias foram avaliados por meio dos valores médios de: composição centesimal, volume específico, densidade, índice de expansão, volume produzido das massas, fator de expansão, estrutura do miolo e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os resultados mostraram que a adição da farinha de junça contribuiu para o aumento de fibras, proteínas e lipídios do produto. O uso da goma xantana provocou melhorias nos atributos tecnológicos de textura do miolo. A principal influência da adição da farinha de junça nos pães de forma é o enriquecimento nutricional em proteínas, lipídios e fibras. Conclui-se que a incorporação de até 10 % de farinha de junça e de até 1,5 % de goma xantana é bastante promissora e contribui para a melhoria do valor nutricional dos pães de forma.

Palavras-chave: Delineamento Composto Central Rotacional. Tubérculos de junça. Qualidade tecnológica. Massa congelada. Panificação.

ABSTRACT

The possibility of introducing new ingredients in the manufacture of bread, such as tigernut flour, which is rich in dietary fiber, proteins, a good source of monounsaturated fatty acids, carbohydrates and minerals, aims to develop products with better sensory, nutritional and economic quality characteristics. associated with the manufacturing process. The objective of this study was to elaborate formulations of loaf bread added with tigernut flour and xanthan gum, as well as to study the process of obtaining it through frozen dough technology, evaluating the effect of frozen storage for 60 days on the attributes of technological quality. In the first step, a Central Composite Rotational Design (DCCR) was applied, totaling eleven trials. The independent variables were incorporated at levels from 7.93% to 22.07% of tigernut flour and 0.89% to 1.60% of xanthan gum. The results were analyzed using the Response Surface Methodology. The assays that obtained the best results in relation to the analyzed attributes were chosen for the second stage of the study, the frozen storage phase. The effects of the addition of 7.93% of tigernut flour and 1.25% of xanthan gum (F1) and of 10% of tigernut flour and 1% of xanthan gum (F2) in frozen slices of bread for up to 60 days were evaluated through the average values of: centesimal composition, specific volume, density, expansion index, produced volume of the masses, expansion factor, crumb structure and Scanning Electron Microscopy (SEM). The results showed that the addition of tigernut flour contributed to the increase of fibers, proteins and lipids in the product. The use of xanthan gum resulted in improvements in the technological attributes of crumb texture. The main influence of the addition of tigernut flour in loaves of bread is the nutritional enrichment in proteins, lipids and fibers. It is concluded that the incorporation of up to 10% of tigernut flour and up to 1.5% of xanthan gum is very promising and contributes to the improvement of the nutritional value of sliced bread.

Keywords: Central Composite Rotational Design. Tiger nut tubers. Technological quality. Frozen dough. Bakery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Planta de <i>Cyperus esculentus</i> L.....	16
Figura 2 –	Estrutura do polissacarídeo de goma xantana.....	19
Figura 1 –	Tubérculos de junça e a farinha de junça.....	36
Figura 2 –	Fotomicrografias da farinha de junça com aumento de 2500x (A) e de 5000x (B).....	43
Figura 3 –	Efeito da adição da farinha de junça e goma xantana sobre o volume específico dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	46
Figura 4 –	Efeito da adição da farinha de junça e goma xantana sobre a densidade dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	47
Figura 5 –	Efeito da adição da farinha de junça e goma xantana sobre o índice de expansão dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	48
Figura 6 –	Efeito da adição da farinha de junça e goma xantana sobre o volume produzido das massas durante a fermentação dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	50
Figura 1 –	Parâmetros de elipse truncada.....	61
Figura 2 –	Estimativas das equações obtidas por meio da análise de regressão. A) Volume específico (mL/g); B) Densidade (g/mL); C) Índice de expansão; D) Volume produzido das massas (mL).....	65
Figura 3 –	Estimativas das equações obtidas por meio da análise de regressão para o fator de expansão ao longo do tempo de fermentação das massas. A) F1; B) F2.....	68
Figura 4 –	Imagens dos pães de forma adicionados de farinha de junça e goma xantana. A-E (F1 – 7,93% farinha de junça 1,25% goma xantana nos tempos de armazenamento 0, 15, 30, 45, 60 dias); F-J (F2 – 10% farinha de junça 1% goma xantana nos tempos de armazenamento 0, 15, 30, 45, 60 dias); (1) Imagem em corte transversal; (2) imagens binárias.....	70
Figura 5 –	Fotomicrografias com aumento 2500x das massas congeladas até 60 dias. (F1): 7,93% de farinha de junça e 1,25% de goma xantana; (F2): 10% de farinha de junça e 1% de goma xantana. (A) F1 – 15 dias, (B) F1 – 30 dias, (C) F1 – 45 dias, (D) F1 – 60 dias, (E) F2 – 15 dias, (F) F2 – 30 dias, (G) F2 – 45 dias e (H) F2 – 60 dias.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Matriz do delineamento experimental com valores codificados e reais..	37
Tabela 2 –	Formulação padrão para a produção de pães de forma.....	38
Tabela 3 –	Valores médios ¹ dos componentes químicos (umidade, cinzas, lipídios, proteína e fibra bruta) em g·100g ⁻¹ de matéria seca e da qualidade microbiológica da farinha de junça e comparação com dados de literatura.....	41
Tabela 4 –	Valores médios ¹ ± desvios padrão dos atributos físicos de qualidade dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	43
Tabela 5 –	Coefficientes de regressão para a variável resposta volume específico de pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana....	45
Tabela 6 –	Coefficientes de regressão para a variável resposta densidade de pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	46
Tabela 7 –	Coefficientes de regressão para a variável resposta índice de expansão de pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	48
Tabela 8 –	Coefficientes de regressão para a variável resposta volume produzido das massas durante a fermentação de pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	49
Tabela 1 –	Formulações de pães de forma adicionadas adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	58
Tabela 2 –	Valores médios ¹ ± desvios padrão da composição centesimal em g·100g ⁻¹ de matéria seca e valor calórico dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	63

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE.....	12
1	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
2.2	Objetivos Específicos.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	Junça (<i>Cyperus esculentus</i> L.).....	16
3.1.1	Uso da junça (<i>Cyperus esculentus</i> L.) em produto de panificação.....	17
3.2	Goma Xantana.....	19
3.2.1	Uso da goma xantana em produto de panificação.....	20
3.3	Pão.....	21
3.4	Tecnologia de massas congeladas.....	24
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
	REFERÊNCIAS.....	27
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....	33
	ARTIGO 1 – FARINHA DE JUNÇA NA ELABORAÇÃO DE PÃO DE FORMA.....	34
1	INTRODUÇÃO.....	34
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
2.1	Obtenção da farinha de junça.....	36
2.2	Análises físicas, químicas e microbiológicas da farinha de junça.....	36
2.2.1	Microscopia eletrônica de varredura – MEV da farinha de junça.....	37
2.3	Delineamento Experimental.....	37
2.4	Produção dos pães de forma.....	38
2.5	Análises de qualidade das massas e dos pães de forma.....	39
2.5.1	Volume específico das massas e dos pães de forma.....	39
2.5.2	Densidade dos pães de forma.....	39
2.5.3	Índice de expansão dos pães de forma.....	39
2.5.4	Volume das massas produzido durante a fermentação.....	40
2.6	Análise estatística.....	40
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
3.1	Caracterização da farinha de junça.....	41
3.2	Avaliação da qualidade dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	43
	CONCLUSÃO.....	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
	ARTIGO 2 – FARINHA DE JUNÇA: EFEITO NA QUALIDADE DE PÃES DE FORMA ORIUNDOS DE MASSAS CONGELADAS.....	56
1	INTRODUÇÃO.....	56
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1	Obtenção dos pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma	

	xantana desenvolvidos para o estudo com massas congeladas.....	58
2.2	Procedimento para a elaboração das massas congeladas dos pães de forma.....	58
2.3	Análises físicas e químicas dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	59
2.4	Avaliação das características de qualidade das massas congeladas e dos pães de forma oriundos das massas congeladas.....	59
2.4.1	Volume específico dos pães de forma oriundos das massas congeladas.....	59
2.4.2	Densidade dos pães de forma oriundos das massas congeladas.....	60
2.4.3	Índice de expansão dos pães de forma oriundos das massas congeladas.....	60
2.4.4	Volume das massas congeladas produzido durante a fermentação.....	60
2.4.5	Avaliação do processo de fermentação das massas congeladas.....	60
2.4.6	Análise da estrutura do miolo dos pães de forma oriundos das massas congeladas.....	61
2.4.7	Microscopia eletrônica de varredura – MEV das massas congeladas.....	62
2.5	Análise estatística.....	62
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
3.1	Análise da composição centesimal e do valor calórico dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	63
3.2	Efeito do congelamento nas características de qualidade das massas congeladas e dos pães obtidos por massas congeladas.....	65
3.3	Caracterização do miolo dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.....	69
	CONCLUSÃO.....	74
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

O interesse dos consumidores por alimentos saudáveis criou a demanda e a oportunidade para o uso de farinhas que são fontes de nutrientes essenciais para o ser humano serem incorporadas em novos produtos alimentares. Porém, a produção de alimentos funcionais com produtos que atendam às expectativas sensoriais dos consumidores e ainda ofereçam os benefícios à saúde esperados é um desafio e requer abordagens inovadoras e atenção cuidadosa em todo o processo de fabricação.

A busca por matérias-primas subutilizadas e pouco conhecidas, muitas das quais são potencialmente valiosas como alimentos para humanos e animais, foi intensificada para manter um equilíbrio entre o crescimento da população e da produtividade agrícola. Os tubérculos de *Cyperus esculentus*, conhecidos popularmente como junça, tiririca, chufa, entre outros, é uma cultura subutilizada da família *Cyperaceae* (BAMISHAIYE; BAMISHAIYE, 2011).

Os tubérculos são valorizados por seu alto teor de amido, fibra alimentar e carboidratos. Os tubérculos também são muito ricos em conteúdo mineral (sódio, cálcio, potássio, magnésio e zinco) vitaminas C e E e possuem teores de açúcares totais de 24,5 g/100g (ALLOUH et al., 2015). A junça possui elevado teor em fibra dietética, a qual pode ser eficaz no tratamento e na prevenção de muitas doenças, incluindo doenças coronárias, obesidade, diabetes e distúrbios gastrointestinais (ADEJUYITAN, 2011).

O desenvolvimento de novos produtos a partir dos tubérculos de junça poderia aumentar o interesse por essa cultura. Vários produtos poderiam ser desenvolvidos, pois a farinha de junça tem grande potencialidade para produtos alimentícios, como bebidas e enriquecimento energético de outros produtos, por exemplo, produtos de panificação, barras alimentícias, suplementos, entre outros.

Como a farinha de junça é uma matéria-prima rica em fibras, proteína e lipídios, seu uso em pães pode ser associado à incorporação de hidrocoloides, a exemplo, a goma xantana. Os hidrocoloides podem ser usados para melhorar o desempenho da massa, atuando como agentes estabilizante, e preservam a qualidade da massa e do pão. Além disso, nas massas congeladas ou pré-cozidas, melhoram a qualidade sensorial do pão e ainda podem compensar as alterações negativas na qualidade tecnológica pelo uso de farinha com alto teor de fibra.

Como um dos alimentos básicos mais comuns, o pão é amplamente consumido em todo o mundo. No entanto, a maioria dos produtos de panificação é feita com farinhas refinadas que carecem de nutrientes importantes (TEBBEN, SHEN, & LI, 2018). Portanto,

pães feitos somente com farinha de trigo refinada podem não atender às crescentes demandas nutricionais e saudáveis dos consumidores.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a influência da incorporação de farinha de junça (*Cyperus esculentus* L.) e de goma xantana sobre a qualidade das massas congeladas de pães tipo forma.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a farinha de junça utilizada no estudo, quanto a sua composição centesimal;
- Elaborar pães tipo forma adicionados de diferentes níveis de farinha de junça e de goma xantana;
- Realizar análises físicas nos pães tipo forma;
- Determinar as melhores formulações que atendam às exigências com relação à qualidade tecnológica;
- Estudar o efeito da incorporação da farinha de junça e da goma xantana sobre a qualidade tecnológica das massas congeladas de pães tipo forma por até 60 dias.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Junça (*Cyperus esculentus* L.)

A espécie *Cyperus esculentus* L. está entre os representantes da família *Cyperaceae* e é conhecida pelos nomes vulgares de tiririca, tiririca-amarela, tiririca mansa, junça, chufa, amendoim, amêndoa da terra, castanhas (AYEH-KUMI et al., 2014) (Figura 1). Descrita como uma planta perene, herbácea, com estatura variável de 40 a 60 cm (MARX & KERR, 1985). Provavelmente, é originária do Mediterrâneo e do sudoeste da Ásia e, atualmente, é amplamente distribuída em regiões tropicais, subtropicais e temperadas em todo o mundo (FOLLAK et al., 2016).

Figura 1 – Planta de *Cyperus esculentus* L.



Fonte: Adaptada de Kissmann (1997).

Cyperus esculentus L. trata-se de uma planta invasora e é considerada uma das ervas daninhas mais agressivas em todo o mundo, devido à sua ampla distribuição e aos métodos reprodutivos (ARIAS-PEREZ et al., 2017; GUSMAN-KANTUN et al., 2017). Por esse motivo, a junça teve sempre um papel de “vilã”, já que compete com culturas de regiões alagadas, sendo uma erva alelopata, capaz de inibir o crescimento de outro vegetal por causa

da concorrência por nutrientes. Até pouco tempo, era alvo de herbicidas por falta de conhecimento. Provavelmente, é originária do Mediterrâneo e sudoeste da Ásia e, atualmente, é amplamente distribuída em regiões tropicais, subtropicais e temperadas em todo o mundo (FOLLAK, et al., 2016).

A junça é cultivada no nordeste da Nigéria, Niger, Mali, Senegal, Gana e Togo, onde é consumida *in natura* como alimento complementar (SANCHES-ZAPATA et al. 2012). Já na Europa, é culturalmente utilizada para preparar uma bebida com características refrescante e nutritiva chamada “horchata de chufa” (HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2017). No Brasil, o Estado do Maranhão vem se destacando no cultivo desse tubérculo por haver terras férteis e boa condição climática (tropical). O plantio ocorre em algumas cidades do interior do Estado como Morros, Codó e Barreirinhas, onde ela é consumida *in natura* como alimento complementar e medicinal pelas populações locais (COSTA NETO et al., 2017). Também é produzida anualmente por pequenos agricultores em Tianguá, no Estado do Ceará, também no Nordeste do Brasil, e comercializada em feiras e mercearias. É usada como guloseima por seu sabor de coco, levemente adocicado, ou como remédio popular supostamente afrodisíaco e antiofídico (LORENZI; MATOS, 2002).

Alguns estudos mostram que a junça tem muitos nutrientes que podem ser profundamente explorados e contém 22,14 % a 44,92 % de lipídios, 3,28 % a 8,45 % de proteínas, 23,21 % a 48,12 % de amido, 8,26 % a 15,47 % de fibras e 1,60 % a 2,60 % de cinzas. Ela não só contém substâncias bioativas, como ácidos orgânicos e fenóis, como também é boa fonte de ácidos graxos monoinsaturados. Importa ressaltar que o valor nutricional do óleo de junça é semelhante ao azeite e que ela apresenta muito amido em sua composição, o qual é ingrediente alimentar de baixo custo (ADEJUYITAN, 2011; ADEL et al., 2015; NINA et al., 2019; ROSELLÓ-SOTO et al., 2018; SILVEIRA JUNIOR, 2020).

3.1.1 Uso da junça (*Cyperus esculentus* L.) em produto de panificação

A farinha de junça tem um gosto doce único e pode ser utilizada para diversos fins. Por não apresentar glúten e possuir alto teor de açúcar total, ela pode ser utilizada em substituição total ou parcial à farinha de trigo, e então possivelmente inserida em dietas com restrição de glúten, além da função de aditivo, principalmente na saborização de sorvetes, ou na confecção de produtos nas indústrias de massas, pães e biscoitos (ADEJUYITAN et al. 2009).

Uma alternativa para a redução de gordura das formulações sem glúten é o uso de proteínas emulsificantes. Em seu estudo, Aguilar et al. (2015) verificou que o uso de farinha de junça juntamente com a farinha de grão de bico podem melhorar as propriedades de volume, a perda de peso, a cor e a maciez em pães sem ou com redução de gordura e de emulsificante.

O trabalho de Ade-Omowaye et al., (2008) teve como objetivo ampliar a utilização da farinha de junça em pães, já que a farinha de trigo foi substituída por farinha de junça em proporções variadas (100:0; 90:10; 80:20; 70:30; 60:40; 50:50) e as formulações foram avaliadas quanto à composição centesimal e às propriedades físico-químicas. Como resultados do estudo, os teores de gordura e de cinzas aumentaram com o acréscimo da proporção da junça. E a massa com boas propriedades viscoelásticas e o pão com qualidade semelhante ao pão feito com 100% de farinha de trigo foi produzido a partir da adição de 10% de farinha de junça.

Chinma et al. (2010) avaliaram o efeito da adição de farinha de *Cyperus esculentus* L. na qualidade de bolos à base de trigo e constataram que os bolos aceitáveis podem ser feitos com até 30% de substituição de farinha de junça. Tais bolos poderiam ajudar na redução da energia proteica e deficiência de micronutrientes que prevalece em países em desenvolvimento, como Nigéria.

Owolu et al. (2017) realizaram a otimização da produção e a avaliação da qualidade de salgadinhos (snacks) à base de milho suplementados com farinha de soja e farinha de junça. O blend com 76,3 % de milho, 13,7 % de soja e 10 % de junça apresentou a melhor composição mineral e propriedades de pasta.

Verdú et al. (2017) estudaram o efeito do coproduto do leite de *Cyperus esculentus* L. nas propriedades de superfície e na difusão de uma matriz à base de trigo. O impacto do coproduto do leite de junça nas matrizes à base de trigo testadas foram evidenciadas com níveis de substituição de até 10%.

Babiker et al. (2021) avaliaram os compostos bioativos, as propriedades nutricionais e sensoriais de biscoitos elaborados com farinha de trigo (0 %, 80 %, 60 % e 50%) e farinha de junça (0 %, 20 %, 40 % e 50 %) de duas fontes diferentes. Logo, os pesquisadores observaram que a formulação com 60:40 (trigo:junça) apresentou bons potenciais como fonte de nutrientes importantes, bem como boa aceitabilidade pelos provadores.

O estudo de Oluwajuyitan & Ijarotimi (2019) teve como objetivo determinar as propriedades nutricionais, antioxidantes, índice glicêmico e anti-hiperglicêmicos de farinha de massa tradicional melhorada à base de banana (*Musa AAB*) e enriquecida com farinha de

junça (*Cyperus esculentus*) e farinha de soja desengordurada (*Glycinemax*) para pacientes diabéticos.

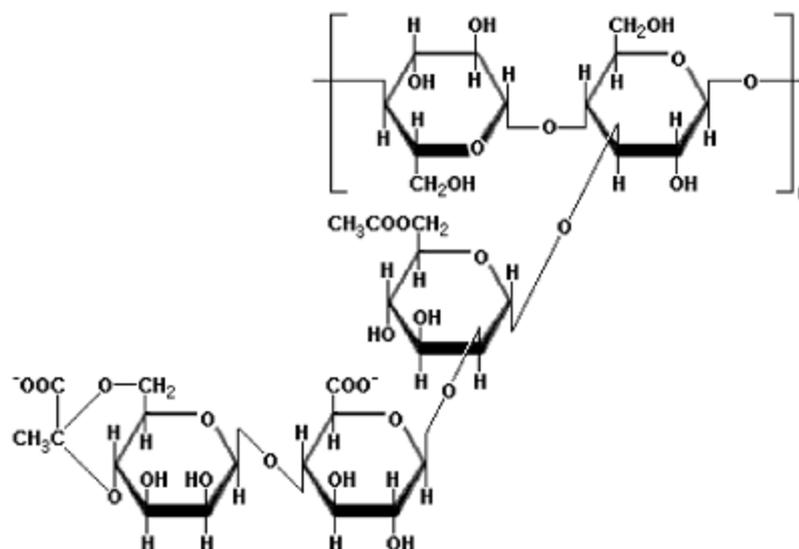
Gasparre & Rosell (2019) desenvolveram um macarrão sem glúten elaborado com farinha de junça e uma seleção de hidrocolóides (goma guar, goma xantana, inulina e carboximetilcelulose). Então, verificaram que o macarrão de junça sem glúten feito com 0,5 % de goma xantana apresentou o melhor desempenho, com baixas perdas de cozimento e alta firmeza.

De acordo com Costa Neto et al. (2008), a adição da junça na farinha de mandioca resultou em valores significativos de proteínas (350 kcal/100g) e lipídios, facilitando, assim, seu uso como complemento alimentar nas mesas da população mais carente.

3.2 Goma Xantana

Sintetizada por bactérias fitopatogênicas do gênero *Xanthomonas*, a goma xantana é um polissacarídeo natural. Esse componente é constituído por repetidas unidades pentassacarídicas (Figura 2), sendo duas unidades de β -D-glicose unidas por ligação 1-4, formando a cadeia principal, enquanto a cadeia lateral é composta de β -D-manose-1,4- β -D-ácido glicurônico-1,2- α -D-manose (FITZPATRICK et al., 2013).

Figura 2 – Estrutura do polissacarídeo de goma xantana



Fonte: Becker et al., (1998).

A goma xantana foi descoberta no Northern Regional Research Center do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos no ano de 1963 e rapidamente passou a ser produzida em escala industrial no ano seguinte. O United States Food and Drug Administration (FDA) liberou a substância para utilização em alimentos sem limitação de quantidade, fato importante que demonstrou a segurança e a necessidade do composto, levando em consideração que sua maior aplicabilidade está na indústria de alimentos (PALANIRAJ; JAYARAMAN, 2011).

Esse hidrocoloide possui grande relevância industrial e também já demonstra potencial significativo em aplicações mais direcionadas, devido às suas excelentes propriedades físico-químicas, biodegradabilidade e não toxicidade, somadas à busca por novas alternativas sustentáveis que envolvam novas estratégias baseadas em biopolímeros que mostram uma melhoria próspera na bioeconomia e biotecnologia (HABIBI; KHOSRAVI-DARANI, 2017).

Recentemente, como os hidrocoloides podem proteger a estrutura e as propriedades reológicas da massa congelada, tem havido um interesse crescente no uso de hidrocoloides em produtos de panificação para reter mais umidade, retardar o envelhecimento e, finalmente, melhorar a vida de prateleira dos pães (FERRERO, 2017).

Esta goma tem um comportamento espessante, boa estabilidade em meio ácido e na presença de sais. Estudos comprovam que a goma xantana auxilia na retenção de gás e no aumento do volume específico dos produtos de panificação (PREICHARD et al., 2009). A combinação da goma com amidos e com outros agentes plastificantes tem sido utilizada no desenvolvimento de filmes, melhorando características de estabilidade, gelatinização e retrogradação (PETRI, 2015).

3.2.1 Uso da goma xantana em produto de panificação

No setor de panificação, a goma xantana vem sendo utilizada como espessante, estabilizador e emulsificante nos diversos processos e no desenvolvimento de produtos desse ramo.

Wu et al. (2021) observaram o impacto da goma xantana na microestrutura do glúten e na qualidade do pão durante o armazenamento congelado. A estabilidade de congelamento-descongelamento do glúten foi aumentada pelo uso da goma xantana sob tratamento de 0 a 90 dias.

No estudo de Hejrani et al., (2017) investigou-se o efeito de hidrocoloides como gomas guar e xantana e sua combinação com amilase e lipase na melhoria da qualidade do

pão congelado pré-assado. No entanto, a goma xantana não foi um melhorador apropriado no armazenamento congelado de pão Barbari.

Jafari et al. (2018) estudaram os efeitos funcionais da goma xantana nos atributos de qualidade e na microestrutura de massa de pão e de pães compostos de sorgo-trigo extrusado. A estrutura do miolo mostrou que a adição de goma xantana aumentou o tamanho médio dos poros do miolo, e a dureza do miolo do pão aumentou com a utilização de farinha de sorgo extrusada e goma xantana.

Noorlaila et al. (2020) verificaram os efeitos da goma xantana e da hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) no volume, maciez e propriedades sensoriais de bolos tipo pão de ló. A incorporação de 1 % de goma xantana e de 1 % de HPMC no pão de ló causou o aumento da viscosidade e do índice de consistência da massa e do bolo.

O objetivo da pesquisa de Julianti et al. (2017) foi estudar as propriedades funcionais e reológicas de farinhas compostas de batata-doce, milho, soja e goma xantana. As análises físicas e sensoriais mostraram que a farinha composta com 40 % de farinha de batata-doce, 40 % de amido de milho, 19,5 % de farinha de soja e 0,5 % de goma xantana rendeu pães aceitáveis.

O trabalho de Encina-Zelada et al. (2018) teve como objetivo avaliar o efeito combinado da goma xantana nas propriedades físico-químicas, reológicas e texturais de massas e pães sem glúten. As formulações tinham diferentes níveis de goma xantana (1,5 %, 2,5 % e 3,5 %) e de água (90 %, 100 % e 110 %) e foram adicionadas a uma fórmula base de farinhas de arroz (50 %), milho (30 %) e quinoa (20 %). Pães sem glúten de boa aparência em termos de maior volume específico, menor dureza do miolo, maior elasticidade do miolo e textura visual foram obtidos em formulações com 110% de água e níveis de 1,5 % até 2,5 % de goma xantana.

3.3 Pão

O pão é considerado um dos alimentos mais antigos da história da humanidade. Estima-se que os primeiros pães surgiram por volta de 10.000 anos a.C., sendo estes um dos alimentos mais antigos, com provável origem no Oriente Médio. Os egípcios, por volta de 2.600 a.C., já utilizavam o processo fermentativo, misturando água e farinha e deixando a mistura ao sol até que formassem bolhas, para então submeterem a massa ao cozimento entre pedras aquecidas (AZEVEDO, 2012).

De acordo com Salinas (2002), tem-se a ideia da antiguidade de sua manufatura ao recordar as repetidas vezes em que é citado nos textos bíblicos. Também se percebe sua era remota pelos achados arqueológicos de pães nas tumbas dos reis do Antigo Egito e pelos pedaços de cereais moídos fermentados encontrados em vasilhas de cavernas que abrigaram os homens pré-históricos.

Pães são os produtos obtidos da farinha de trigo e/ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2005). Conforme a RDC Nº 90, de 18 de outubro de 2000, o produto pode ser classificado conforme os ingredientes ou processo de fabricação ou formato. A classificação “pão de forma” é atribuída ao produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia (BRASIL, 2000).

A produção de pães consiste basicamente em homogeneizar, solubilizar e hidratar adequadamente os ingredientes da massa em uma masseira destinada a essa finalidade e posterior forneamento, o qual tem seu tempo e sua temperatura determinado pelo tipo de forno utilizado e pelo tipo de pão a ser produzido (CARR; TADINI, 2003).

O consumo per capita do brasileiro é de 22,61 kg de pães por ano. A panificação está entre os seis maiores segmentos da indústria do Brasil, com participação de 36% na indústria de produtos alimentares (ABIMAPI, 2022). Infelizmente, com a pandemia da Covid-19, o ano de 2020 fez com que o faturamento de R\$ 95,08 bilhões, em 2019, caísse para R\$ 91,94 bilhões em 2020. Números que a ABIP acredita que serão recuperados, por meio de inovação, integração e de conexão com as novas tendências e tecnologias (ABIP, 2022).

A farinha de trigo é o principal ingrediente da formulação para elaboração de pães. Essa matéria-prima é responsável pelo fornecimento de proteínas que atuam na formação da rede de glúten que, juntamente com água, confere estrutura elástica, capaz de reter o gás produzido durante a fermentação e nos primeiros estágios do cozimento do pão (BUENO, 2012). As quantidades das outras matérias-primas são calculadas em relação à farinha de trigo, a qual corresponde a base de 100% (MATUDA, 2004), chamada também de “formulação do padeiro” ou *baker's formulation*.

A composição proteica do trigo atrai a atenção do setor de panificação. O trigo possui de 8 % a 13 % de proteínas, destas as albuminas e globulinas correspondem a 15 % e os 85 % restantes são constituídos de gluteninas e gliadinas, que, ao serem hidratadas e submetidas à ação mecânica, formam a rede de glúten, importante para a estrutura e a qualidade do pão. As

gluteninas conferem ao pão resistência à extensão e as gliadinas possuem características plastificantes, isto é, promovem fluxo viscoso e extensibilidade à massa, atuando no controle do volume do pão (ARAÚJO et al., 2015).

O glúten pode ser definido como uma rede tridimensional, viscoelástica, insolúvel em água, aderente e com capacidade de formar finas membranas que retém os gases liberados durante a fermentação. Na etapa de cocção do pão, as proteínas constituintes do glúten se desnaturam e limitam os orifícios preenchidos pelo gás em expansão, formando os alvéolos do miolo do pão. No entanto, o glúten não é formado exclusivamente por proteínas; lipídios e carboidratos interagem com as gluteninas e gliadinas estabilizando a rede de glúten (SWAMI et al., 2015).

Não somente o glúten necessita de água; a farinha de trigo apresenta enzimas que são ativadas quando hidratadas. A água é essencial para a formação da massa do pão, pois torna favorável a distribuição uniforme dos ingredientes na massa; a atividade enzimática e, conseqüentemente, a fermentação; a hidratação das proteínas permitindo a formação do glúten; o controle da consistência da massa; a ajuda no controle da temperatura da massa; a permissão da gelatinização do amido durante a cocção e o controle da maciez; e a palatabilidade do pão (ZANETTI et al., 2009; ALMEIDA et al., 2011).

Segundo Ribeiro (2006), a quantidade, a qualidade e a temperatura da água têm fundamental importância no transcorrer do processamento e influenciam diretamente o produto obtido. A quantidade de água a ser adicionada à formulação é delimitada pela capacidade de absorção da farinha, pelas particularidades do processo e pelas características dos pães. Essa quantidade deve ser precisa, uma vez que sua falta ou seu excesso podem influenciar negativamente na qualidade do produto final.

De forma majoritária, fermento biológico utilizado no processo de panificação refere-se a uma levedura selecionada, denominada *Saccharomyces cerevisiae*. O uso dessa levedura tem como objetivo a liberação de gases durante o processo de fermentação, produzindo uma massa crescida com alvéolos e texturas singulares. Além da produção de compostos orgânicos (álcoois, ácidos carboxílicos, aldeídos, ésteres, entre outros), durante a etapa de fermentação, contribui para a formação do aroma e do sabor do pão, o fermento também tem influência sobre as propriedades reológicas da massa, tornando-a mais elástica e porosa (ASLANKOOHI et al., 2016; NUNES et al., 2006).

Conforme Gutkoski et al., (2010), o cloreto de sódio, também conhecido como sal de cozinha, tem a capacidade de proporcionar maior estabilidade para o glúten, criando maior resistência e eficiência na retenção dos gases, regulando a atividade fermentativa e

melhorando a hidratação da massa, além de realçar o sabor do produto. Em panificação, normalmente utiliza-se de 1 % a 2 % de sal, com base no peso de farinha, isto porque elevados teores de sal desencadeiam estresse osmótico, e o acúmulo de íons Na^+ e Cl^- tem efeitos tóxicos para a levedura quando em altas concentrações. Assim, à medida que se aumenta o teor de sal, a produção de gás é afetada, bem como a viabilidade do fermento. Porém, o baixo teor de sal resulta em uma rede de glúten fraca, incapaz de aprisionar o gás gerado durante a fermentação (STRUYF et al., 2017).

As gorduras exercem grande influência nos processos de panificação, principalmente no volume do pão e na manutenção da qualidade após o cozimento. Elas atuam como principal lubrificante da massa, admitindo o deslizamento das camadas de glúten e evitando que a massa se torne quebradiça, o que resulta em um pão macio e palatável por um período de tempo prolongado, além de contribuir para a liberação de um perfil aromático característico (DANELLI et al., 2010).

O açúcar é utilizado como substrato para o processo de fermentação e para reações com os aminoácidos para que ocorram reações de Maillard (açúcares redutores) e de caramelização, que vão conferir coloração característica aos produtos. É responsável pelo aumento da maciez, proporciona coloração característica para a crosta, retenção de umidade no miolo e sabor (CAUVAIN, 2019). Quando utilizado em excesso, o resultado é um pão esfarelado. Pode ser utilizado em concentrações que variem de 2 % a 10 % (CANELLARAWES, 2012).

3.4 Tecnologia de massas congeladas

As primeiras tentativas de produção de pão a partir de massa congelada ocorreram na década de 1950, nos Estados Unidos. Nesta época, devido à inexistência de equipamentos apropriados, eram utilizados misturadores de cimento e congeladores de sorvete. Muito antes, em 1926, na Áustria, já haviam sido realizados experimentos utilizando baixas temperaturas para o retardamento da etapa de fermentação da massa, numa tentativa de reduzir o trabalho noturno nas padarias (WATANABE & BENASSI, 2000).

O uso de massa congelada veio ao encontro da exigência dos consumidores por pães sempre “frescos”, isto é, recém-assados, independentemente do horário da compra, permitindo, ao mesmo tempo, maior flexibilidade na produção. A massa congelada deve resistir às condições adversas, antes de ser forneada, devendo no descongelamento fermentar

em período de tempo aceitável e produzir pão com volume normal e com características sensoriais desejáveis (GUTKOSKI & SANTOS, 2004).

O congelamento é um dos mais importantes processos de conservação do ramo alimentício a nível mundial (PEREIRA, 2010). A técnica de congelamento tem a vantagem de poder preservar grande parte do valor nutritivo e sensorial dos alimentos. No entanto, o pão desenvolvido a partir de massas congeladas tem sido aprimorado em função dos avanços tecnológicos e das formulações empregadas, no entanto o processamento destes produtos apresenta alguns problemas como o baixo volume, longos tempos de fermentação, textura e características sensoriais não padronizadas (MATUDA, 2004).

Segundo Kechinski et al. (2010), as vantagens do pão de massa congelada em relação aos processos tradicionais devem-se aos seguintes fatores: padronização do produto, redução de espaço e agilidade e flexibilidade para a produção. Assim as padarias exercem papel fundamental no descongelamento, na fermentação e no assamento desses produtos, garantindo a qualidade do produto final.

A ideia de trabalhar com pães congelados não é nova, mas pode-se dizer que atingiu visibilidade recentemente. Os fabricantes de pães congelados ou mesmo industrializados têm aumentado o faturamento e a variedade oferecida ao setor varejista. O Relatório de Inteligência do SEBRAE, realizado em maio de 2015, sobre a categoria de pães congelados, apontou que o faturamento desses produtos, em 2013, foi de R\$ 11,3 bilhões. O mercado global de pão congelado foi avaliado em US\$ 3.773,7 milhões em 2019. Prevê-se que o mercado global de produtos de panificação congelados cresça com uma CAGR (Taxa de Crescimento Anual Composto) de 8,21 % durante o período de 2022 até o ano de 2027 (MORDOR INTELLIGENCE, 2022).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A junça apresenta alto valor de proteínas, lipídios e fibra alimentar, possuindo grande potencial para aplicação na indústria de alimentos, podendo ser utilizados como: emulsificantes, óleos, aditivos alimentares, produção de bebidas (horchata), farinhas, entre outros.

A ampla variedade de produtos de panificação ao redor do mundo pode estar relacionada à versatilidade encontrada no processo e no desenvolvimento das massas desses produtos. Tradicionalmente, o pão tem sido visto como alimento básico com alto consumo em todo o mundo, constituindo importante fonte de energia e fornecendo a maioria dos nutrientes e micronutrientes importantes, devido à facilidade de enriquecimento das formulações. Na rotina da sociedade moderna, ingere-se o pão nas suas diferentes formas e combinações, por ser um alimento de fácil compra e de prático consumo.

Este trabalho tem a finalidade de incentivar o interesse da indústria alimentícia para o uso de farinha de junça e de goma xantana em pães tipo forma a fim de agregar valor nutricional, de melhorar a qualidade tecnológica, de avaliar os efeitos dessa incorporação em suas massas congeladas e de prolongar a vida de prateleira desse produto.

REFERÊNCIAS

- ABIMAPI – Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados. **Estatísticas:** geral. Disponível em: <<https://www.abimapi.com.br/estatisticas.php>>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- ABIP – Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. **Indicadores da panificação e confeitaria em 2020.** Disponível em: <<https://www.abip.org.br/site/indicadores-da-panificacao-e-confeitaria-em-2020/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- ADEJUYITAN, J. A.; OTUNOLA, E. T.; AKANDE, E. A.; BOLARINWA, I. F.; OLADOKUN, F. M. Some physicochemical properties of flour obtained from fermentation of tigernut (*Cyperus esculentus*) sourced from a market in Ogbomoso, Nigeria. **Afr J Food Sci**, v. 3, p.51–55, 2009.
- ADEJUYITAN, J.A. Tigernut Processing: Its Food uses and Health Benefits. **Am. J. Food Technol.** v.6, p. 197–201, 2011.
- ADEL, A.A.M.; AWAD, A.M.; MOHAMED, H.H.; IRYNA, S. Chemical composition, physicochemical properties and fatty acid profile of Tiger Nut (*Cyperus esculentus* L) seed oil as affected by different preparation methods. **Int. Food Res. J.** v.22, p.1931–1938, 2015.
- ADE-OMOWAYE, B. I.; AKINWANDE B. A.; BOLARINWA I. F.; ADEBIYI A. O. Evaluation of tiger nut (*Cyperus esculentus*) - wheat composite flour and bread. **Afr. J. Food Sci.** v.2, p.087–091, 2008.
- AGUILAR, N. et al. Chickpea and tigernut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-freebread. **Food Science and Technology**, v. 62, p. 225-232, 2015.
- ALLOUH, M. Z.; DARADKA, H. M.; GHADA, J. H. A. Influence of *Cyperus esculentus* tubers (tigernut) on male rat copulatory behavior. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 15, p. 331, 2015.
- ALMEIDA, C. P. de; ROCHA, J. C.; CARITÁ, J. S.; SOUZA, T. M. de A.; SOUZA, P. V S. **Biociencia na produção de alimentos.** Universidade de São Paulo. 2011.
- ARAÚJO, H. M, C.; RAMOS, K. L.; MONTEBELLO, N. P.; BOTELHO, R. B. A.; ZANDONADI, R. P.; GINANI, V. C.; ARAÚJO, W. M. C. Transformação dos alimentos: Cereais e Leguminosas. In: ARAÚJO, H. M, C.; MONTEBELLO, N. di P.; BOTELHO, R. B. A.; BORGIO, L. A. **Alquimia dos Alimentos.** 3ed., Brasília: SENAC, p. 179 -209. 2015.
- ARIAS-PEREZ, F. H.; ESPINOSA-CAMILO, O. L.; DOMINGUEZ-MONGE, S. New host os *Cyrtomenus crassus* Walker in the Central Valley os Mexico. **Southwestern Entomologist**, v. 42, p. 601-604, 2017.
- ASLANKOOHI, E.; HERRERA-MALAVAR, B.; REZAEL, M. N.; STEENSELS, J.; COURTIN, C. M.; VERSTREPEN, K. J. Non-conventional yeasts strains increase the aroma complexity of bread. **PLOS ONE.** Outubro de 2016.

AYEH-KUMI, P.F.; TETTEH-QUARCOO, P.B.; DUEDE, K.O. A survey of pathogens associated with *Cyperus esculentus* L (tiger nuts) tubers sold in a Ghanaian city. **BMC Research Notes**, v 7, p. 343, 2014.

AZEVEDO, F. L. A. A. **Valor nutricional, capacidade antioxidante e utilização de folhas de espinafre (*Tetragonia tetragonoides*) em pó como ingrediente de pão de forma.** 2012. 130 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

BABIKER, E.E.; ÖZCAN, M.M.; GHAFOR, K.; JUHAIMI, F.A.; AHMED, I.A.M.; ALMUSALLAM, I.A. Bioactive compounds, nutritional and sensory properties of cookies prepared with wheat and tigernut flour. **Food Chemistry**, v. 349, p.129-155, 2021.

BAMISHAIYE, E. I.; BAMISHAIYE, O. M. Tiger nut: as a plant, its derivatives and benefits. **African Journal of Food, Nutrition and Development**, v. 11, n. 5, 2011.

BECKER, A. KATZEN, F., PÜHLER, A., IELP, L. Xanthan gum biosynthesis and application: a biochemical/genetic perspective. **Applied Microbiology Biotechnology**, v.50, p.145-152, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 263, de 23 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.** Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2005).

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 90, de 18 de outubro de 2000. **Aprova o Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>>. Acesso em: 13 mar. 2022.

BUENO, M. M. **Desenvolvimento e aceitabilidade de pão de forma enriquecido com polidextrose e flocos de quinoa.** Dissertação (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, 2012.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão: arte e ciência.** 5ª ed. São Paulo: Senac, 2012. 323p.

CARR, L. G.; TADINI, C. C. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and textural parameters of frozen part baked French bread. **Lebensmittel Wissenschaft und-Technologie.**, v. 36, n. 6, p. 609-614, 2003.

CAUVAIN, S. P. 9 - Reduced salt and sodium in bread and other baked products. In: BEEREN, C.; GROVES, K., et al (Ed.). **Reducing Salt in Foods (Second Edition):** Woodhead Publishing, 2019. p. 213-229.

CHINMA, C.E.; AVU, J.O.; ABUBAKAR, Y.A. Effect of tigernut (*Cyperus esculentus*) flour addition on the quality of wheat-based cake. **International Journal of Food Science and Technology.** v.45, p.1746–1752, 2010.

COSTA NETO, J. J. G.; AMARAL, P. F. F.; ROCHA LEÃO, M. H. M.; GOMES, T. L. M.; SANT'ANA, G. C. F. Optimization of the extraction and nutritional value of tiger nut milk by sequential design strategy. **Journal of Food Studies**. v. 6, n.1, p. 14-30, 2017.

COSTA NETO, J. J. G.; IBANEZ-ROJAS, M. O. A.; FILHO, V. E. M. **Elaboração e caracterização físico-química da farinha de mandioca enriquecida com junça** (*Cyperus esculentus*). 2008. 63f. monografia (Especialização em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2008.

DANELLI, D. et al. Avaliação biológica da funcionalidade de pão de fôrma com adição de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. EE01, p. 1015, 2010.

ENCINA-ZELADA, C.R.; CADAVEZ, V.; MONTEIRO, F. et al. Combined effect of xanthan gum and water content on physicochemical and textural properties of gluten-free batter and bread. **Food Research International**, v.111, 2018.

FERRERO, C. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. **Food Hydrocolloids**, v.68, p. 15-22, 2017.

FITZPATRICK, P. et al. Control of the properties of xanthan/glucomannan mixed gels by varying xanthan fine structure. **Carbohydrate Polymers**, v. 92, n. 2, p. 10181025, 2013.

FOLLAK, S. et al. Biological flora of Central Europe: *Cyperus esculentus* L. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 23, p. 33-51, 2016.

GASPARRE, N.; ROSELL, C.M. Role of hydrocolloids in gluten free noodles made with tiger nut flour as non-conventional powder. **Food Hydrocolloids**, v. 97, p. 105-194, 2019.

GUSMAN-KANTUN, S.; ESPINOSA-CAMILO, O. L.; CAMPOS-FIGUEIROA, M. New report of *Phenacoccus solani* Ferrison *Cyperus esculentus* L. in the Valley of Mexico. **Southwestern Entomologist**, v. 42, p. 305-308, 2017.

GUTKOSKI, L. C. et al. Efeito do extrato de malte de aveia nas características físicas de pão de forma. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 13, n. EE01, p. 64–69, 2010.

GUTKOSKI, L.C.; SANTOS, E. dos. Estudo de formulação na produção de pão francês congelado não fermentado. *Revista Brasileira Agrociência*, v.10, n.3, jul/set. 2004.

HABIBI; KHOSRAVI-DARANI, Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 2017.

HEJRANI, T.; SHEIKHOESLAMI, Z.; MORTAZAVI, A.; DAVOODI, M.G. The properties of part baked frozen bread with guar and xanthan gums,

HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, F.; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J.; JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, C.; JIMÉNEZDÍAZ, J.; VERA, C. La “horchata” de Chufa de Valencia (*Cyperus esculentus*

L): bebida refrescante y nutritiva. **Revista Española de Nutrición Comunitaria**, v.23, p. 1-56, 2017.

JAFARI, M.; KOOCHEKI, A.; MILANI, E. Functional effects of xanthan gum on quality attributes and microstructure of extruded sorghum-wheat composite dough and bread. **LWT – Food Science and Technology**, v. 89, 2018.

JULIANTI, E.; RUSMARILIN, H.; RIDWANSYAH; YUSRINI, E. Functional and rheological properties of composite flour from sweet potato, maize, soybean and xanthan gum. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.16, n.2, 2017.

KECHINSKI, C.P. et al. Viabilidade de células de leveduras em massas congeladas de pão doce. **Ciência Rural**, v.40, n.5, maio/2010.

KISSMAN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, 1997.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**, Nova Odessa, SP, Instituto Plantarum, p. 512, 2002.

MARX, F., KERR, W. E., Junça (*Cyperus esculentus* L.), bulbilho consumido no maranhão e que possui bom valor nutricional. **Acta Amazônica**, v.15 p.1-2. 1985.

MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento: otimização do uso de aditivos**. Dissertação de mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil, 2004.

MORDOR INTELLIGENCE. **Mercado de produtos de panificação congelados - crescimento, tendências, impacto do covid-19 e previsões (2022 - 2027)**. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/frozen-bakery-products-market-industry>>. Acesso em: 13 abr. 2022.

NINA, G.C.; OGORI, A.F.; UKEYIMA, M.; HLEBA, L.; CISAROVA, M.; OKUSKHANOVA, E.; VLASOV, S.; BATISHCHEVA, N.; GONCHAROV, A.; SHARIATI, M.A. Proximate, mineral and functional properties of tiger nut flour extracted from different tiger nuts cultivars. **J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.** v. 9, p.653–656, 2019.

NOORLAILA, A.; HASANAH, H. N.; ASMEDA, R.; YUSOFF, A. The effects of xanthan gum and hydroxypropylmethylcellulose on physical properties of sponge cakes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n.2, 2020.

NUNES, A. G.; FARIA, A. P. S.; STEINMACHER, F. R.; VIEIRA, J. T. C. **Processos enzimáticos e biológicos na panificação**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2006.

OLUWAJUYITAN, T.D.; IJAROTIMI, O.S. Nutritional, antioxidant, glycaemic index and Antihyperglycaemic properties of improved traditional plantain-based (*Musa AAB*) dough meal enriched with tigernut (*Cyperus esculentus*) and defatted soybean (*Glycine max*) flour for diabetic patients. **Heliyon**, v.5, n.4, 2019.

OWOLU, O. O.; OMOBA, O. S.; OLAWOYE, O.; DAIRO, M. Optimization of production and quality evaluation of maize-based snack supplemented with soybean and tiger-nut (*Cyperus esculenta*) flour. **Food Science & Nutrition**, v. 5, n.1, p. 3-13, 2016.

PALANIRAJ, A.; JAYARAMAN, V. Production, recovery and applications of xanthan gum by *Xanthomonas campestris*. **Journal of Food Engineering**, v. 106, n. 1, p. 112, 2011.

PEREIRA, S. L. **Qualidade comparada da congelação de géneros alimentícios por processo criogénico, por meio de azoto líquido e por anídrico carbónico**. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Departamento de Engenharia Mecânica. Dissertação de Mestrado, 2010.

PETRI, D. F. S. Xanthan gum: A versatile biopolymer for biomedical and technological applications. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 132, n. 23, 2015.

PREICHARDT, L. D. et al. Efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolos sem glúten. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 3, n. 1, 2009.

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**. v. 5, n. 3, p. 253-260. 2006.

ROSELLÓ-SOTO, E.; POOJARY, M.M.; BARBA, F.J.; LORENZO, J.M.; MAÑES, J.; MOLTÓ, J.C. Tiger nut and its by-products valorization: From extraction of oil and valuable compounds to development of new healthy products. **Innov. Food Sci. Emerg. Technol.** v.45, p.306–312, 2018.

SALINAS, R.D. **Alimentos e nutrição: introdução à bromatologia**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 280p.

SANCHES-ZAPATA, E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PERÉZ-ALVAREZ, J. A. Tiger nut (*Cyperus esculentus*) Commercialization, Health Apects, Composition, Properties, and Food Applications. **Food Science and Food Safety**. v. 11, p.366-377, 2012.

SILVEIRA JUNIOR, J.F.S.; DE FRANCISCO, A. Unconventional Food Plants as an Alternative in Starch Production. **Cereal Foods World**, v.65, n.2, 2020.

STRUYF, N. MAELEN, E. V. der; HEMDANE, S. VERSPREET, J.; VERSTREPEN, K. J.; COURTIN, C. M. Bread dough and baker's yeast: Na uplifting synergy. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. v. 16, p. 850-867. 2017.

SWAMI, S. B.; THAKOR, N. J.; MURUDKAR, P.R. Effect of yeast concentration and baking temperature on quality of slice bread. **Journal of Food Research and Technology**. v. 3, n. 4, p. 131-141. 2015.

TEBBEN, L.; SHEN, Y.; LI, Y. Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. **Trends in Food Science & Technology**, v.81, p. 10-24, 2018.

VERDÚ, S.; BARAT, J. M.; ALAVA, C.; GRAU, R. Effect of tiger-nut (*Cyperus esculentus*) milk co-product on the surface and diffusional properties of a wheat-based matrix. **Food Chemistry**, v. 224, n. 1, p. 69-77, 2017.

WATANABE E.; V.T. BENASSI. O uso da massa congelada na produção de pão. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. Curitiba-PR. v.18, n.1, jan/jun. 2000.

WU, G.; LIU, X.; HU, Z. et al. Impact of xanthan gum on gluten microstructure and bread quality during the freeze-thaw storage. **LWT – Food Science and Technology**, v. 162, 2022.

ZANETTI, B.; SCHMITZ, F.; APLEVICZ, K.; SCHEUER, P. M. **Apostila de Panificação**. 2009.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

FARINHA DE JUNÇA NA ELABORAÇÃO DE PÃO DE FORMA

1 INTRODUÇÃO

O estilo de vida sedentário, estressante e a dieta inadequada são fatores de risco que vêm sendo associados ao desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, tornando-se motivo de preocupação mundial em função da sua relevância e custo social, gerando número significativo de mortes, perda da qualidade de vida, além de resultado econômico negativo para as famílias (MALTA et al., 2014).

A alimentação é vista como um dos aspectos mais importantes no controle e tratamento de algumas dessas doenças. Diante disso, vem se tornando crescente o interesse pelos alimentos funcionais, que têm como objetivo colaborar para promoção da saúde (CASEMIRO & RAMOS, 2015). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabeleceu em lista os nutrientes e os não nutrientes com alegação de propriedade funcional, entre eles estão as fibras alimentares (BRASIL, 2009). De acordo com a Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012, o alimento, para ser classificado com “fonte de fibras”, deve conter, no mínimo, 2,5 g de fibras por porção (BRASIL, 2012).

Com o aumento da conscientização do consumidor para preservar sua saúde, tem crescido o interesse em agregar ao pão ingredientes como as fibras alimentares (SIVAM et al., 2011). O pão tem sido muito utilizado para fins de enriquecimento nutricional, por ser acessível aos consumidores de diferentes classes sociais, além de apresentar aroma, textura e sabor agradável. Segundo a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, os pães são produtos obtidos de farinha de trigo e/ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação (ou não) e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que os produtos não sejam descaracterizados. Ele pode, ainda, apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2005).

Recentemente, o desenvolvimento dos produtos de panificação mais saudáveis tem sido feito por meio da substituição parcial ou total da farinha de trigo por farinhas de várias origens diferentes, que contribuem para melhorar a composição e o conteúdo de proteínas, de vitaminas, de minerais e/ou de fibras alimentares nos produtos finais.

A junça (*Cyperus esculentus* L.) é também conhecida como tirica-amarela, juncinha-mansa, chufa (Espanha), tiger nuts, da família das *Ciperáceas*, e com aproximadamente 3000 espécies. Importa saber ainda que a família das *Ciperáceas* apresenta 220 espécies mais conhecidas como ervas daninhas, das quais quase 42% destas ervas daninhas são do gênero *Cyperus* (EYHERABIDE et al., 2001).

Do ponto de vista nutricional, a junça apresenta ser excelente fonte de fibras, com alta capacidade de retenção de água, e óleos insaturados que podem auxiliar numa dieta alimentar no sentido de diminuir, o teor de triglicerídeos e colesterol no sangue, além de ser efetiva no tratamento e na prevenção de várias doenças, como: câncer de colón, doenças cardiovasculares, obesidade, diabetes, desordens gastrointestinais, entre outras (ADEJUYITAN et al., 2009; CHUKWUMA et al., 2010).

Em relação à composição nutricional, a junça apresenta 91 mg/100g de cálcio e 10,55 mg/100g de ferro, e quanto ao seu valor energético tem-se 491,57 kcal /100g, portanto, a farinha de junça tem grande potencialidade para enriquecimento energético de produtos alimentícios (RESOSEMITO, 2017).

As gomas foram utilizadas com sucesso no processo de produção de pães para retenção de água e de controle da mobilidade de umidade, retenção de gases da massa, atuando como melhoradores de textura e retardando o endurecimento (MANDALA, KAPETANAKOU, & KOSTAROPOULOS, 2008). A goma xantana é um biopolímero natural de alto peso molecular produzido por bactérias Gram negativas pertencentes ao gênero *Xanthomonas* via fermentação aeróbica em ambiente contendo fontes de carbono (DEMIRCI et al., 2019). Devido às suas propriedades reológicas únicas, a goma xantana tem inúmeras aplicações em diversas áreas industriais, como na área dos alimentos, fármacos e cosméticos. A goma xantana pode ser usada como espessante, emulsificante e estabilizante (HUBLIK, 2016).

Com base na necessidade de informações a respeito das possíveis modificações ocasionadas pela incorporação da farinha de junça e da goma xantana aos atributos de qualidade dos pães, torna-se necessária a realização de análises físicas, que definam a melhor formulação que atenda as exigências do consumidor com relação à qualidade desse produto. Sendo assim, objetivou-se produzir e avaliar a qualidade de pão de forma com incorporação de diferentes níveis de farinha de junça e de goma xantana.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção da farinha de junça

Foram adquiridos 5 kg de junça no mercado central na cidade de São Luís, no Estado do Maranhão, oriundos da safra de 2020/2021.

Na seleção inicial, foram observadas uniformidade e aparência dos tubérculos de junça. Em seguida, os tubérculos foram lavados em água corrente e imersos em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm), por quinze minutos. Depois foram lavados novamente com água potável para retirada dos resíduos da água clorada da etapa de sanitização. Na sequência, os tubérculos higienizados foram triturados em liquidificador industrial (Skymesen, LB-15MB, Brasil) e peneirados em peneira granulométrica 35 mesh/Tyler 32 abertura de 0,50 mm (Granutest, Brasil) para obter a farinha de junça (Figura 1) e então distribuídos em bandejas e mantidos em estufa (Quimis, Q314, Brasil) com circulação de ar a 60 °C por cerca de 24 horas, de acordo com metodologia descrita por Oladele & Aina, 2007.

Figura 1 – Tubérculos de junça e a farinha de junça



Fonte: Da autora (2022)

2.2 Análises físicas, químicas e microbiológicas da farinha de junça

Para caracterizar a farinha de junça, foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas.

A composição centesimal foi determinada por meio das análises de umidade (método 925-10, AOAC 1996), cinzas (método 923-03, AOAC 1996), proteína (método 960-52, AOAC 1996), lipídios (método 920-85, AOAC 1996) e fibra bruta (método 978-10, AOAC 1996). Já o teor de carboidratos foi calculado por diferença da composição centesimal [100 - (umidade + lipídios + proteína + cinzas + fibra bruta)].

O cálculo do valor calórico total foi realizado, multiplicando as porcentagens de lipídios, de proteínas e de carboidratos determinados em cada formulação de pão pelos seus valores calóricos respectivos: 9, 4 e 4 kcal – fatores de conversão de Atwater (WATT & MERRILL, 1963).

As análises microbiológicas realizadas foram: determinação de coliformes a 35°C e coliformes a 45 °C, feitas por determinação quantitativa pela técnica de tubos múltiplos (NMP) (ISO 4831:2006). Contagem de *Bacillus cereus*, feita por determinação quantitativa pela técnica de contagem em superfície (ISO 7932:2016). Contagem de *Salmonella* spp., por determinação pela técnica de presença e ausência (ISO 6579:2017).

2.2.1 Microscopia eletrônica de varredura – MEV da farinha de junça

Foram obtidas fotomicrografias da superfície da farinha de junça por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), utilizando o Microscópio Quanta 450 – FEG – FEI com 20 kV e ampliação de 2500x.

2.3 Delineamento Experimental

Para a elaboração das formulações de pães tipo forma adicionados com diferentes proporções de farinha de junça e goma xantana, foi utilizado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR). Foi aplicado planejamento fatorial 2² completo, totalizando 11 ensaios, sendo quatro fatoriais (combinação dos níveis -1 e +1), quatro axiais (- α e + α) e três repetições no ponto central (0) para estimativa do erro padrão (Tabela 1).

Tabela 1 – Matriz do delineamento experimental com valores codificados e reais

Ensaio	Farinha de junça	Goma xantana	Farinha de junça (%)	Goma xantana (%)
1	-1	-1	10	1,0
2	+1	-1	20	1,0

3	-1	+1	10	1,5
4	+1	+1	20	1,5
5	-1,41	0	7,93	1,25
6	+1,41	0	22,07	1,25
7	0	-1,41	15	0,89
8	0	+1,41	15	1,60
9	0	0	15	1,25
10	0	0	15	1,25
11	0	0	15	1,25

2.4 Produção dos pães de forma

A elaboração das formulações de pães de forma foi realizada a partir de uma formulação padrão, seguindo a metodologia adotada por Gragnani (2010), adaptada por de Brasil (2017), cuja composição é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Formulação padrão para a produção de pães de forma

Ingredientes (%) ¹	
Farinha de trigo	100 %
Água	60 %
Margarina ²	6 %
Açúcar refinado	5 %
Fermento biológico seco	3 %
Sal refinado	2 %

¹ Ingredientes em relação a 100% do total de farinha de trigo (Baker's, %).

² Margarina com 75% de lipídios.

O processamento dos pães tipo forma ocorreu no Laboratório de Biomateriais Alimentícios (LBMA) do Departamento de Engenharia de Alimentos (DEAL) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Os ingredientes foram pesados em balança semianalítica (BEL, S203H, Brasil) separadamente. O processo de mistura foi realizado pelo método direto em masseira semi-industrial (LIEME, BP-12, Brasil), durante 1 minuto, em baixa velocidade, para a homogeneização dos ingredientes secos, exceto o sal. Em seguida, foi adicionada aos poucos a água e misturada por seis minutos em velocidade média até o completo desenvolvimento da massa. Posteriormente, foram divididas manualmente em porções de aproximadamente 250 g,

moldadas na forma cilíndrica e colocadas em formas de folha galvanizada de ferro de chapa única para pão de forma sem tampa com dimensões de fundo de 13,5 cm x 6,0 cm e dimensão da parte superior de 15,0 cm x 7,5 cm x 4,5 cm, previamente untadas e identificadas. Então, foram submetidas à etapa de fermentação em câmara regulada a $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 90 minutos. Ao final da fermentação, as massas foram assadas em forno elétrico (Electrolux, FB54B, Brasil), durante 20 minutos, à temperatura de $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por fim, os pães foram resfriados em temperatura ambiente, desenformados e seguiram para as posteriores análises.

2.5 Análises de qualidade das massas e dos pães de forma

2.5.1 Volume específico das massas e dos pães de forma

A massa dos pães de forma (m) foi determinada em balança analítica e expressa em gramas. Segundo método nº 10-05 da AACC (2001), o volume (V) dos pães foi determinado pelo método de deslocamento de sementes de painço, e o volume específico (VE) foi obtido pela divisão do volume do pão (ml) pela sua massa (g) (Equação 1):

$$VE = \frac{V}{m} \quad (\text{Equação 1})$$

2.5.2 Densidade dos pães de forma

A densidade dos pães de forma (D) foi calculada pela divisão do peso do pão assado (g) pelo volume deslocado (mL), conforme (Equação 2):

$$D = \frac{Pa}{V} \quad (\text{Equação 2})$$

2.5.3 Índice de expansão dos pães de forma

Para o cálculo do índice de expansão (IE) dos pães de forma, foi adaptada a metodologia utilizada por Silva et al. (2003) para pão de queijo e aplicada para o cálculo do índice de expansão para pães tipo forma por Zambelli (2014). As massas de, aproximadamente, 10 gramas, foram moldadas na forma esférica para permitir as medições do diâmetro e da altura, com auxílio de régua milimetrada simples. A análise foi realizada em triplicata. O índice de expansão dos pães foi calculado por meio da (Equação 3):

$$IE = \frac{\frac{(D_p+H_p)}{2}}{\frac{(D_m+H_m)}{2}} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

D_p e H_p = Diâmetro e altura dos pães após o forneamento (cm); D_m e H_m = Diâmetro e altura das massas moldadas (cm).

2.5.4 Volume das massas produzido durante a fermentação

Porções de massa de aproximadamente 15 gramas foram colocadas em provetas de 100 mL previamente esterilizadas para medição dos volumes das massas durante o processo de fermentação, que foi conduzido em câmara de fermentação regulada em $28 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ com 70 % de umidade relativa por 90 minutos. Para o cálculo do volume produzido (ΔV), utilizou-se a subtração entre o volume final produzido, após duas horas de fermentação, e o volume inicial das massas nas provetas. As medidas foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em mL.

2.6 Análise estatística

A avaliação dos resultados dos atributos de volume específico, densidade, índice de expansão dos pães e volume produzido durante a fermentação das massas no desenvolvimento das formulações por meio do delineamento composto central rotacional foi realizada por superfície de resposta e suas respectivas curvas de contorno após a análise de variância (ANOVA) e regressão, assim como foi executado teste de médias a 5 % de significância. A análise foi realizada no programa STATISTICA 10.0 (STATSOFT, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da farinha de junça

Os resultados da composição química e das análises microbiológicas da farinha de junça encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios¹ dos componentes químicos (umidade, cinzas, lipídios, proteína e fibra bruta) em g·100g⁻¹ de matéria seca e da qualidade microbiológica da farinha de junça e comparação com dados da literatura

Análises	Valores médios (g·100g ⁻¹)	Dados de literatura (g·100g ⁻¹)		
		AGUILAR et al. (2015)	GASPARRE & ROSELL (2019)	OLUWAJUYITAN & IJAROTIMI (2019)
Umidade	5,25±0,09	6,70	8,62	9,01
Cinzas	1,74±0,05	3,00	1,84	2,31
Lipídios	31,23±0,07	28,60	26,27	20,81
Proteína	4,36±0,08	5,40	7,67	7,29
Fibra bruta		<0,1		
	6,09±0,09	(Solúvel) 11,9	7,31	9,17
		(Insolúvel)		
Carboidratos	51,33±0,41	44,30	48,29	51,41
Valor Calórico	503,83±0,59 Kcal			422,10 Kcal
Coliformes a 35°C	<3,0 (NMP/g)			
Coliformes a 45°C	<3,0 (NMP/g)			
<i>Bacillus cereus</i>	<10 ² (UFC/g)			
<i>Salmonella</i> sp	Ausência			

¹ Média de três observações.

NMP – Número Mais Provável; UFC – Unidade Formadora de Colônia.

Fonte: Da autora (2022).

O teor de umidade encontrado na farinha de junça (*Cyperus esculentus* L.) foi de 5,25 g·100g⁻¹, valor adequado ao estabelecido pela legislação de farinhas vegetais que determina umidade máxima de 15 g·100g⁻¹ (BRASIL, 2005). Farinhas com umidade acima do valor requerido favorecem o crescimento de micro-organismos. De acordo com a Tabela 3, outros estudos encontraram teores de umidade variando de 6,70 g·100g⁻¹ até 9,01 g·100g⁻¹. Essa diferença de umidade entre as farinhas pode ocorrer devido à variação nos processos de obtenção desta farinha, por exemplo, na trituração dos tubérculos, na temperatura e no tempo de secagem de cada processo.

A farinha apresentou um teor de cinzas de 1,74%, valor similar ao observado por Gaspare & Rosell (2019) e inferior aos encontrados por Aguilar et al. (2015) e por Oluwajuyitan & Ijarotimi (2019).

Para os lipídios, obtiveram-se valores bem acima quando comparado com os demais estudos apresentados na Tabela 3. A junça apresenta altas concentrações de ácidos graxos monoinsaturados, como ácido oleico e ácidos saturados (11,4 % de ácido palmítico) além de teores significativos de Vitamina E. Entretanto apresenta baixa concentração de ácidos poli-insaturados (ácido linolênico e linoleico) (ÖZCAN et al., 2010).

Em relação ao teor de proteína da farinha de junça, este foi inferior ao encontrado por Aguilar et al. (2015); Gasparre & Rosell (2019); Oluwajuyitan & Ijarotimi (2019). Essa variação em parte pode ser explicada pela região, pelas mudanças climáticas no cultivo de junça e pelo tempo de colheita.

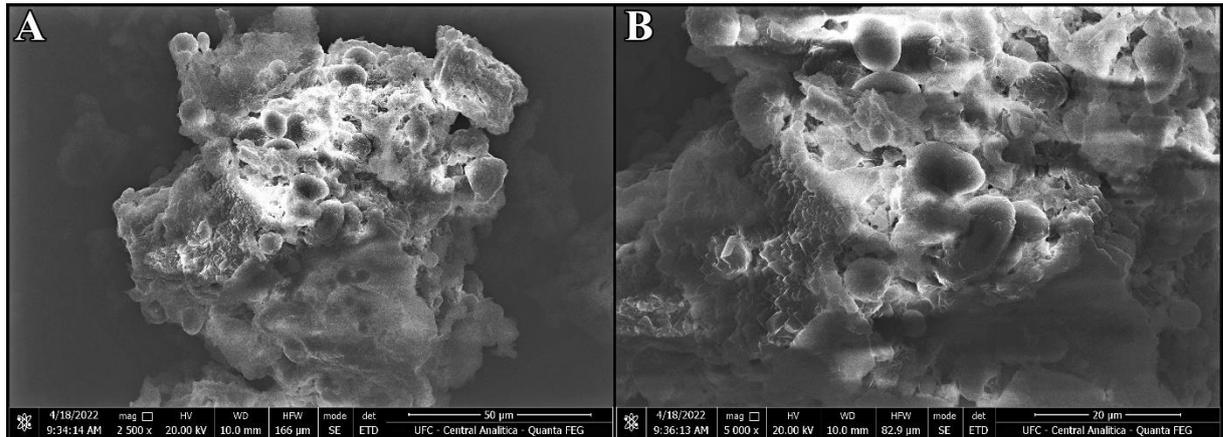
A quantidade de fibra bruta foi de 6,09%. Do ponto de vista nutricional, a junça é uma excelente fonte de fibras (CODINA-TORRELLA, GUAMIS, & TRUJILLO, 2014). Esse componente desempenha um papel fundamental na prevenção de algumas doenças, como doença coronariana, câncer de cólon, diabetes e obesidade (MARTÍN-ESPARZA, RAIGÓN, RAGA, & ALBORS, 2018).

O total de carboidratos e o valor calórico foram semelhantes aos encontrados por Oluwajuyitan & Ijarotimi (2019). A junça é um tubérculo bastante nutritivo, principalmente pela alta presença de carboidratos (COSTA NETO et al., 2019).

As análises microbiológicas apresentaram valores dentro dos estabelecidos pela legislação brasileira para farinhas, no que tange à Instrução Normativa – IN nº 60, de 23 de dezembro de 2019 (BRASIL, 2019).

As imagens da microscopia eletrônica de varredura da farinha de junça estão apresentadas na Figura 2 com ampliação de 2500x (A) e de 5000x (B).

Figura 2 – Fotomicrografias da farinha de junça com aumento de 2500x (A) e de 5000x (B)



Os grânulos de amido presentes na farinha de junça apresentam forma homogênea, predominantemente, oval ou esférica, sendo alguns côncavo-convexos, com superfície lisa e uniforme. Pôde-se estimar, a partir das fotomicrografias, que o diâmetro dos grânulos de amido da junça variou de 5 a 18 μm .

Valores próximos também foram encontrados por Manek et al. (2012) em seu estudo sobre as propriedades físico-químicas do amido de *Cyperus esculentus*, no qual o amido apresentou textura lisa e grãos com diâmetros variando de 2 a 17 μm .

A farinha de junça é uma boa fonte de amido e, quando adicionada nos pães de forma, aumenta a quantidade de amido na massa, com isso aumenta a quantidade potencial de açúcares disponíveis para a produção de gás na fermentação. Além disso, o amido auxilia na manutenção da estrutura do pão no cozimento, ajudando a retenção dos gases produzidos durante a fermentação (HUGITEN et al., 2001).

3.2 Avaliação da qualidade dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana

A Tabela 4 apresenta os resultados médios e da análise do Teste de Tukey dos atributos físicos para os ensaios realizados.

Tabela 4 – Valores médios¹ \pm desvios padrão dos atributos físicos de qualidade dos pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana

Ensaio *	Farinha de junça (%)	Goma xantana (%)	Volume específico (mL/g)	Densidade (g/mL)	Índice de expansão	Volume das massas produzido
----------	----------------------	------------------	--------------------------	------------------	--------------------	-----------------------------

							(mL)
E1	10	1,0	2,41 ^f ±0,06	0,41 ^a ±0,01	0,47 ^a ±0,08	9,00 ^{abc} ±1,00	
E2	20	1,0	1,72 ^a ±0,06	0,58 ^f ±0,02	0,49 ^{ab} ±0,06	7,00 ^{ab} ±1,00	
E3	10	1,5	1,93 ^{bcd} ±0,07	0,52 ^{cde} ±0,02	0,50 ^{bc} ±0,04	10,33 ^{abc} ±2,08	
E4	20	1,5	2,14 ^e ±0,03	0,47 ^b ±0,03	0,47 ^a ±0,05	7,00 ^{ab} ±0,91	
E5	7,93	1,25	2,46 ^f ±0,08	0,40 ^a ±0,03	0,52 ^c ±0,06	10,00 ^{abc} ±1,73	
E6	22,07	1,25	1,81 ^{ab} ±0,03	0,55 ^{ef} ±0,01	0,49 ^{ab} ±0,06	7,00 ^{ab} ±1,00	
E7	15	0,89	2,12 ^e ±0,05	0,47 ^b ±0,01	0,49 ^{ab} ±0,05	6,67 ^a ±0,57	
E8	15	1,60	2,02 ^{cde} ±0,09	0,49 ^{bcd} ±0,02	0,48 ^{ab} ±0,02	9,67 ^{abc} ±1,53	
E9	15	1,25	1,88 ^{abc} ±0,06	0,53 ^{de} ±0,02	0,47 ^a ±0,05	12,67 ^c ±1,53	
E10	15	1,25	2,04 ^{cde} ±0,07	0,49 ^{bcd} ±0,02	0,50 ^{bc} ±0,03	11,33 ^c ±2,52	
E11	15	1,25	2,07 ^{de} ±0,03	0,48 ^{bc} ±0,01	0,50 ^{bc} ±0,03	11,00 ^{bc} ±1,00	

¹ Média de três observações.

* Letras iguais, em uma mesma coluna, não apresentaram diferenças significativas a 5 % de probabilidade ($p > 0,05$).

Fonte: Da autora (2022).

Dentre os parâmetros físicos de qualidade avaliados no estudo apresentado (Tabela 4), o volume específico do pão é um dos fatores mais importantes para a sua produção. O maior volume específico é uma característica vantajosa, pois indica maior porosidade do miolo, que também está associada ao frescor do pão. Maior expansão e menor densidade também são atributos importantes.

O volume específico obteve maiores valores nos ensaios 1 e 5. A adição da farinha de junça que tem como característica ser rica em fibras o que leva à redução do volume e ao aumento da densidade dos pães, a qual aumentou conforme a maior quantidade de farinha de junça foi adicionada nos pães. Esse atributo apresentou menores valores nos ensaios 1 e 5. Nota-se que o valor observado é o inverso do volume específico, mostrando que pães mais densos são pães com menores volumes específicos.

De acordo com Fendri et al. (2016), a adição de ingredientes que contenham grandes quantidades de fibras impede maior retenção do gás carbônico produzido pelas leveduras, por influenciar negativamente na formação da rede de glúten. A diminuição do volume específico está associada ao maior teor de fibras, ou ainda à diluição do glúten ou a interação entre o glúten e as fibras, o que pode ser provado no estudo a partir dos ensaios 1 e 5, em que estes apresentam menor proporção de farinha de junça 7,93 % e 1,25 % de goma xantana (E5) e 10 % de farinha de junça e 1 % de goma xantana (E1) em suas formulações e assim exibem os menores valores de densidade e os maiores valores de volume específico.

O principal efeito produzido pela goma xantana é o atraso da retrogradação da amilose. O aumento da viscosidade de suspensões de amido é observado pela incorporação deste hidrocoloide, que modifica as propriedades reológicas da suspensão (WEBER et al., 2009). Por este motivo, a goma xantana tem sido utilizada para melhorar as características reológicas das massas de produtos de panificação, aumentando o volume específico, adiando o endurecimento, prolongando, portanto, a vida de prateleira e aumentando a qualidade tecnológica desses produtos.

O valor do índice de expansão maior é o desejável para pães, principalmente em se tratando de pães adicionados de farinha rica em fibras. O maior índice de expansão foi observado no Ensaio 5.

O volume produzido das massas durante a fermentação foi influenciado significativamente pelas diferentes quantidades de farinha de junça e de goma xantana incorporadas nos pães de forma.

Na Tabela 5, estão dispostos os coeficientes de regressão e seus respectivos p-valores para o parâmetro volume específico.

Tabela 5 – Coeficientes de regressão para a variável resposta volume específico de pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana

	Coeficientes de regressão	Erro puro	t (5)	p-valor
Média	7,22019	2,294667	3,14651	0,025479
FJ (L) *	-0,31673	0,116471	-2,71940	0,041805
FJ (Q)	0,00224	0,002745	0,81656	0,451315
GX (L)	-3,95238	2,923550	-1,35191	0,234339
GX (Q)	0,37667	1,098099	0,34302	0,745537
FJ x GX *	0,18000	0,065237	2,75918	0,039873

FJ – Farinha de junça; GX – Goma xantana; (L) – fator linear; (Q) – fator quadrático.

* Fatores significativos

% variável explicada (R^2) = 86,99%

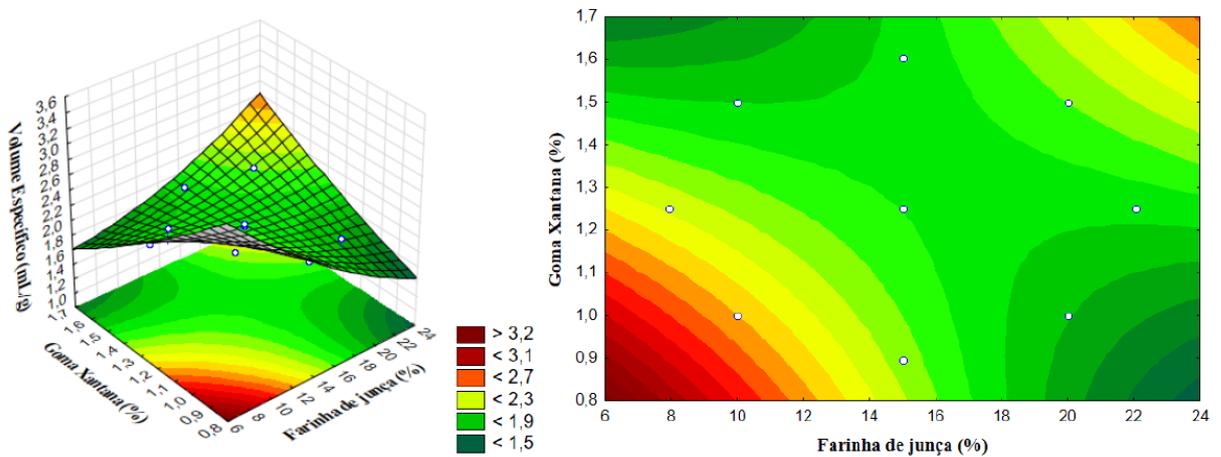
Fonte: Da autora (2022).

Observa-se que apenas a farinha de junça no fator linear (FJ (L)) e a interação farinha de junça e goma xantana (FJxGX) apresentaram influência sobre o volume específico dos pães (p -valor > 0,05). E a (FJ (L)) dessa variável independente influenciou de maneira negativa no parâmetro, mostrando que, quanto menor a incorporação de farinha de junça na formulação, maior será o volume específico do pão. A FJxGX influenciou positivamente. Este resultado era esperado, uma vez que a farinha de junça não é formadora de glúten e promove danos à estrutura glúten-amido, o que prejudica o processo de expansão dos pães.

A Tabela 5 mostra que o modelo apresentou um R^2 igual 86,99%, ajustando-se bem aos dados experimentais. A Equação 4 descreve o modelo matemático gerado para a variável volume específico. A superfície de resposta e as curvas de contorno para o modelo proposto estão na Figura 3.

$$\text{Volume Específico} = 7,22 - 0,317 (\text{FJ}) + 0,002 (\text{FJ})^2 - 3,952 (\text{GX}) + 0,376 (\text{GX})^2 + 0,18 (\text{FJ} \times \text{GX}) \quad \text{Equação (4)}$$

Figura 3 – Efeito da adição da farinha de junça e goma xantana sobre o volume específico dos pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana



A Figura 5 demonstra, através de forma gráfica, a influência dos níveis de farinha de junça e de goma xantana no volume específico dos pães. O aspecto não linear da imagem pode ser explicado decorrente do efeito da interação entre as variáveis independentes (FJxGX). Observa-se ainda que dois tratamentos se encontram próximos à região ótima da superfície (cor mais avermelhada), correspondendo os ensaios 1 (E1 – 10% farinha de junça e 1% goma xantana) e 5 (E5 – 7,93% farinha de junça e 1,25% goma xantana).

Os coeficientes de regressão e seus respectivos p-valores e a análise de variância para o parâmetro densidade estão presentes na Tabela 6.

Tabela 6 – Coeficientes de regressão para a variável resposta densidade de pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana

	Coeficientes de regressão	Erro puro	t (5)	p-valor
Média	-0,764311	0,575164	-1,32886	0,241307
FJ (L)	0,072053	0,029194	2,46811	0,056662
FJ (Q)	-0,000392	0,000688	-0,56920	0,593838

GX (L)	1,025809	0,732795	1,39986	0,220444
GX (Q)	-0,116667	0,275241	-0,42387	0,689277
FJ x GX *	-0,044000	0,016352	-2,69084	0,043255

FJ – Farinha de junça; GX – Goma xantana; (L) – fator linear; (Q) – fator quadrático.

* Fatores significativos

% variável explicada (R^2) = 87,66%

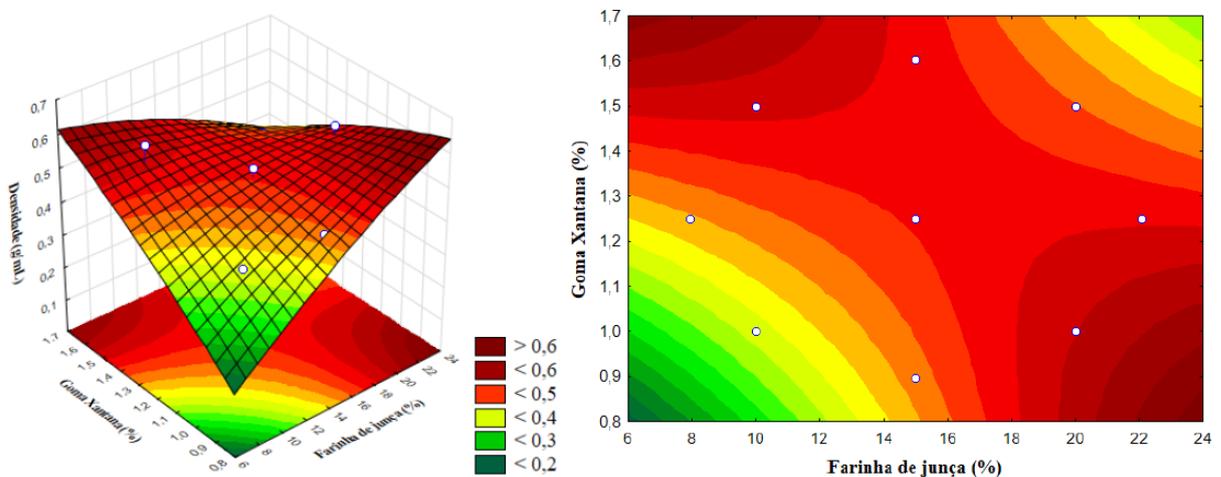
Fonte: Da autora (2022).

Percebe-se que apenas a interação farinha de junça e de goma xantana foi significativa a 5% e também apresentou interferência negativa sob a variável densidade. O modelo de regressão linear apresentou $R^2 = 87,66\%$, expressando que o modelo está conseguindo prever 87,66% da variação total dos dados estudados.

Na Equação 5 e na Figura 4 estão descritos o modelo matemático, a superfície de resposta e as curvas de contorno geradas para a variável densidade.

$$\text{Densidade} = -0,764 + 0,072 (\text{FJ}) - 0,001 (\text{FJ})^2 + 1,026 (\text{GX}) - 0,116 (\text{GX})^2 - 0,043 (\text{FJ} \times \text{GX}) \quad \text{Equação (5)}$$

Figura 4 – Efeito da adição da farinha de junça e goma xantana sobre a densidade dos pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana



Constata-se que os menores valores são de densidade, portanto os resultados mais desejáveis ficaram entre a adição de até 1,1 % de goma xantana, correlacionada com até 10 % de farinha de junça, compreendendo valores de densidade ente 0,2 e 0,4 g/mL.

O efeito negativo significativo da interação entre as variáveis independentes (FJxGX) na Tabela 6 indica que o gráfico da superfície de resposta para densidade é descrito por uma superfície convexa, como mostrado na Figura 4.

Na Tabela 7, são apresentados os coeficientes de regressão para o índice de expansão, em que é possível avaliar que nenhum dos fatores estudados obteve resposta significativa (p-valor > 0,05) para a variável índice de expansão. Além disso, o coeficiente de determinação apresentou valor de 49,49%, logo o valor é menor que 70%, não sendo considerada uma equação com bom ajuste, pois há uma porcentagem relevante da variação dos dados que não foi explicada pelo modelo.

Tabela 7 – Coeficientes de regressão para a variável resposta índice de expansão de pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana

	Coeficientes de regressão	Erro puro	t (5)	p-valor
Média	0,228499	0,223192	1,02378	0,352895
FJ (L)	0,006439	0,011329	0,56841	0,594331
FJ (Q)	0,000175	0,000267	0,65539	0,541170
GX (L)	0,362929	0,284361	1,27630	0,257918
GX (Q)	-0,090000	0,106807	-0,84264	0,437868
FJ x GX	-0,010000	0,006345	-1,57597	0,175854

FJ – Farinha de junça; GX – Goma xantana; (L) – fator linear; (Q) – fator quadrático.

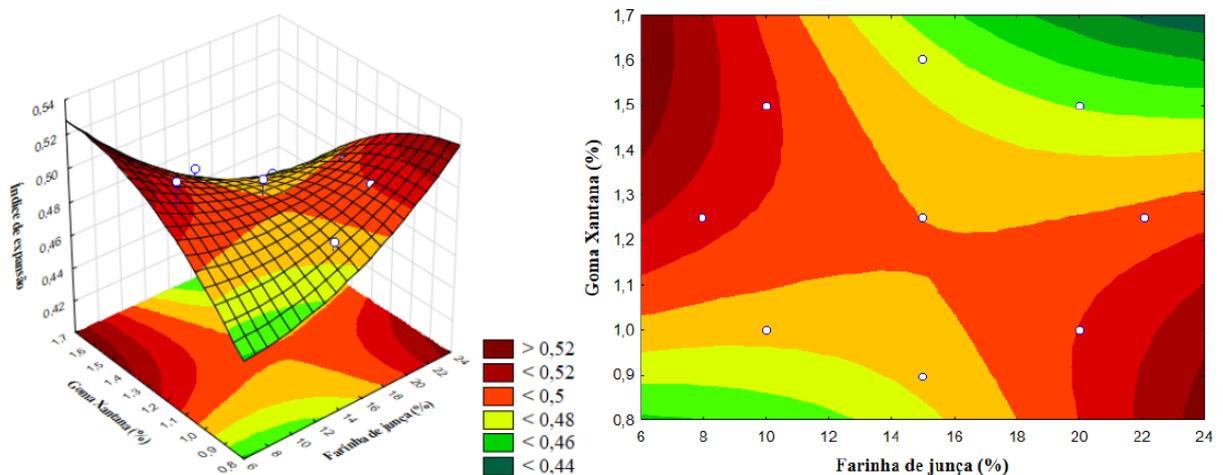
* Fatores significativos

% variável explicada (R^2) = 49,49%

Fonte: Da autora (2022).

$$\begin{aligned} \text{Índice de expansão} = & 0,23 + 0,006 (\text{FJ}) + 0,001 (\text{FJ})^2 + 3,629 (\text{GX}) - 0,089 (\text{GX})^2 \\ & - 0,01 (\text{FJ} \times \text{GX}) \end{aligned} \quad \text{Equação (6)}$$

Figura 5 – Efeito da adição da farinha de junça e goma xantana sobre o índice de expansão dos pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana



De acordo com os resultados, percebe-se que o ensaio mais próximo da faixa ótima é o que contém, em sua formulação, 7,93 % de farinha de junça e 1,25 % de goma xantana (E5).

Verifica-se que, apesar da incorporação da farinha de junça, a goma xantana corrobora a melhoria da estrutura do pão e garante um crescimento aceitável do ponto de vista tecnológico.

A partir dos resultados dos coeficientes de regressão para volume produzido das massas durante a fermentação (Tabela 8), nota-se que, assim como na variável índice de expansão (Tabela 7), nenhum dos fatores estudados obteve resposta significativa ao nível de confiança de 95% e também apresentou um R² de 59,92%, mostrando um ajuste muito baixo para o modelo descrito pela Equação 7.

Tabela 8 – Coeficientes de regressão para a variável resposta volume produzido das massas durante a fermentação de pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana

	Coeficientes de regressão	Erro puro	t (5)	p-valor
Média	-46,3523	25,87126	-1,79165	0,133181
FJ (L)	2,1439	1,31315	1,63266	0,163469
FJ (Q)	-0,0658	0,03095	-2,12699	0,086734
GX (L)	68,4547	32,96162	2,07680	0,092437
GX (Q)	-26,3333	12,38054	-2,12699	0,086734
FJ x GX	-0,2000	0,73551	-0,27192	0,796555

FJ – Farinha de junça; GX – Goma xantana; (L) – fator linear; (Q) – fator quadrático.

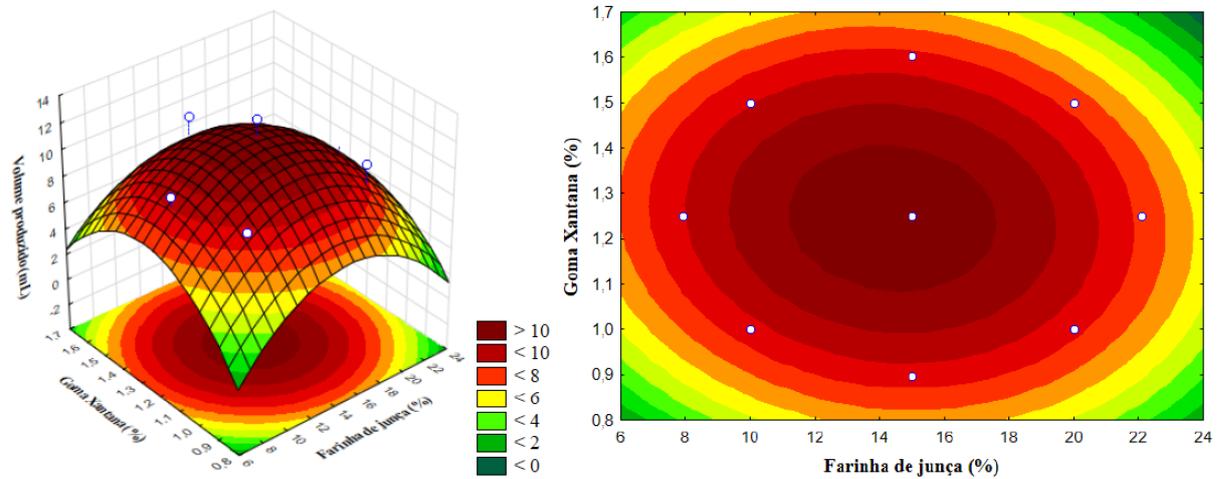
* Fatores significativos

% variável explicada (R²) = 59,92%

Fonte: Da autora (2022).

$$\text{Volume produzido} = -46,35 + 2,144 (\text{FJ}) - 0,066 (\text{FJ})^2 + 68,455 (\text{GX}) - 26,333 (\text{GX})^2 - 0,199 (\text{FJ} \times \text{GX}) \quad \text{Equação (7)}$$

Figura 6 – Efeito da adição da farinha de junça e goma xantana sobre o volume produzido das massas durante a fermentação dos pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana



Na superfície de resposta do efeito da adição da farinha de junça e goma xantana sobre o volume produzido das massas durante a fermentação (Figura 6), é possível observar que a região ótima da superfície corresponde aos pontos centrais do experimento (E9, E10 e E11 – 15 % farinha de junça e 1,25 % goma xantana).

Desta forma, pode-se avaliar que a incorporação da goma xantana como fortalecedor da rede de glúten pode proporcionar uma incorporação maior de junça, aumentando o benefício nutricional do produto.

CONCLUSÃO

A farinha de junça possui quantidades satisfatórias de fibras, proteínas e lipídios.

As formulações contendo 10% farinha de junça e 1% goma xantana (E1) e 7,93% farinha de junça e 1,25% goma xantana (E5) contribuem positivamente para maior volume específico e menor densidade dos pães de forma fabricados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC, American Association of Cereal Chemists. **Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement**. Saint Paul, 2001.
- ADEJUYITAN, J. A.; OTUNOLA, E. T.; AKANDE, E. A.; BOLARINWA, I. F.; OLADOKUN, F. M. Some physicochemical properties of flour obtained from fermentation of tigernut (*Cyperus esculentus*) sourced from a market in Ogbomosho, Nigeria. **Afr J Food Sci**, v.3, p.51–55, 2009.
- AGUILAR, N.; ALBANELL, E.; MIÑARRO, B.; CAPELLAS, M. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. **LWT – Food Science and Technology**, v.62, p.225–232, 2015.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analyses**. 16.ed. Arlington: VA., 1996.
- BRASIL, D. L. **Pão de forma adicionado de polpa de manga Ubá e sem adição de sacarose**: análises físicas, químicas e reológicas. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. **Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos**. Brasília: Diário Oficial da União, 2019. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>>. Acesso em: 13 fev 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Alegações de propriedade funcional aprovadas**. Brasília: 2009. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2009).
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 263, de 23 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2005).
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012. **Regulamento Técnico sobre informação nutricional complementar**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2012).
- CASEMIRO, I. P., RAMOS, P. Produção científica sobre alimentos funcionais: uma análise das publicações brasileiras entre 2007 e 2013. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v.9, n.4, p.925-941, 2015.
- CHUKWUMA, E. R.; OBIOMA, N.; CRISTOPHER, O. I. The phytochemical composition and some biochemical effects of Nigerian tigernut (*Cyperus esculentus* L.) tuber. **Pak J Nutr**, v. 9, p.709–715, 2010.
- CODINA-TORRELLA, I.; GUAMIS, B.; TRUJILLO, A.J. Characterization and comparison of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) from different geographical origin Physico-chemical

characteristics and protein fractionation. **Industrial Crops and Products**, v.65, p.406-414, 2014.

COSTA NETO, J. J. G.; GOMES, T. L. M.; AMARAL, P. F. F.; FONTES-SANT'ANA, G. C.; LEÃO, M. H. M. R. Junça (*Cyperus esculentus*): uma revisão sobre suas aplicações alimentícias. **Revista Acta Tecnológica**, v. 13, p. 45-63, 2019.

DEMIRCI, A. S. et al. Xanthan gum biosynthesis using *Xanthomonas* isolates from waste bread: Process optimization and fermentation kinetics. **LWT – Food Science and Technology**, v. 101, p. 40-47, mar. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643818309691>>. Acesso em: 8 jan. 2022.

EYHERABIDE, J. J.; LEADEN, M. I.; ALONSO, S. Yellow and purple nutsedges survey in the southeastern Buenos Aires Province, Argentina. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 36, 2001.

FENDRI, L. B. et al. Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. **LWT – Food Science and Technology**, v.73, p. 584-591, 2016.

GABRIC, D.; BEN-AISSA, F.; LE-BAIL, A.; MONTEAU, J. Y.; CURIC, D. Impact of process conditions on the structure of pre-fermented frozen dough. **Journal of Food Engineering**. n.105, p. 361–366, 2011.

GASPARRE, N., & ROSELL, C. M. Role of hydrocolloids in gluten free noodles made with tiger nut flour as non-conventional powder. **Food Hydrocolloids**, v. 97, p.105-194, 2019.

GRAGNANI, M. A. L. **Produção e avaliação de pão de forma com triticale e enzima transglutaminase microbiana**. 180 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

HUBLIK, G. Xanthan. In K. Matyjaszewski, & M. Möller (Eds.), **Reference Module in Materials Science and Materials Engineering**. p. 1-9. New York: Elsevier BV, 2016.

HUG-ITEN, S.; ESCHER, F.; CONDE-PETIT, B. Structural Properties of Starch in Bread and Bread Model Systems: Influence of an Antistaling α -Amylase. **Cereal Chemistry**. 78(4):421–428, 2001.

International organization for standardization. **ISO 4831**. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection and enumeration of coliforms - Most probable number technique. Geneva, 2006.11 p.

International organization for standardization. **ISO 6579-1**. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* – Part.1: Detection of *Salmonella* spp., 2017.

International organization for standardization. **ISO 7932**. Microbiology of Food and feeding stuffs – Horizontal methods for the enumeration of presumptive *Bacillus cereus* – Colony-count technique at 30°C, 2016.

MALTA, D. C., GOSCH, C. S., BUSS, P., ROCHA, D. G., REZENDE, R., FREITAS, P. C., AKERMAN, M. Chronic Non Communicable Diseases and the support of intersectorial action to tackle them. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.19, n.11, p. 4341-4350, 2014.

MANDALA, I.; KAPETANAKOU, A.; KOSTAROPOULOS, A. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature. II. Effect of freezing. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p.1443-1451, 2008.

MANEK, R. V.; BUIDERS, P. F.; KOLLING, W. M.; EMEJE, M.; KUNLE, O. O. Physicochemical and binder properties of starch obtained from *Cyperus esculentus*. **Pharm. Sci. Tech.** v. 13, p. 379-388, 2012.

MARTIN-ESPARZA, M.E.; RAIGON, M.D.; RAGA, A.; ALBORS, A. Functional, thermal and rheological properties of high fibre fresh pasta: effect of tiger nut flour and xanthan gum addition. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n.12, p.2131-2141, 2018.

OLADELE, A. K.; AINA, J. O. Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 21, p. 2473-2476, 2007.

OLUWAJUYITAN, T.D.; IJAROTIMI, O.S. Nutritional, antioxidant, glycaemic index and Antihyperglycaemic properties of improved traditional plantain-based (*Musa AAB*) dough meal enriched with tigernut (*Cyperus esculentus*) and defatted soybean (*Glycine max*) flour for diabetic patients. **Heliyon**, v.5, n.4, 2019.

ÖZCAN, M. M.; GUMMUSCU, A.; ER, F.; ARSLAN, D.; OZKALP, B. Chemical and fatty acid composition of *Cyperus esculentus*. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 46, p. 276-277, 2010.

RESOSEMITO, F. S. **Produção de tempeh utilizando uma combinação de grãos de soja e tubérculos de junça (*Cyperus esculentus*): características físicas, nutricionais e sensoriais.** Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, 2017.

SILVA, M. R.; GARCIA, G. K. S.; FERREIRA, H. F. Caracterização química, física e avaliação da aceitação de pão de queijo com baixo teor energético. **Alimentos e Nutrição**, v. 14, n. 1, p. 69-75, 2003.

SIVAM, A. S., SUN-WATERHOUSE, D., WATERHOUSE, G. I. N., QUEK, S. Y., PERERA, C. O. Physicochemical properties of bread dough and finished bread with added pectin fiber and phenolic antioxidants. **Journal of Food Science**, v.76, n.3, 2011.

STATSOFT, INC. **Statistica** (data analysis software system), version 10. 2010.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared.** Washington DC: Consumer and Food Economics Research. Division/Agricultural Service (Agriculture Handbook, 8), 1963.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, P. F.; CHANG, Y. K. Caracterização Físico-química, Reológica, Morfológica e Térmica dos Amídeos de Milho Normal, Ceroso e com Alto Teor de Amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. v. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.

ZAMBELLI, R. A. **Desenvolvimento de massas congeladas para a produção de pães contendo ingredientes funcionais**. 203 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

ARTIGO 2

FARINHA DE JUNÇA: EFEITO NA QUALIDADE DE PÃES DE FORMA ORIUNDOS DE MASSAS CONGELADAS

1 INTRODUÇÃO

O pão caracteriza-se por ser um dos alimentos básicos em muitos países, sendo amplamente apreciado em todo o mundo. Apesar de a fabricação do pão possuir uma das tecnologias mais antigas da história humana, esta ainda se encontra em pleno desenvolvimento e evolução, propiciando a cada dia o surgimento de mais e mais variedades deste alimento. A fim de atender ao crescimento das variações do produto e às tendências de consumo, a tecnologia de massas congeladas atraiu a atenção do público e tornou-se o principal negócio na produção em larga escala da panificação (OMEDI et al., 2019).

Loveday et al. (2012) explicam que a formação de cristais de gelo é responsável pelo enfraquecimento da rede de glúten na massa congelada e afeta ainda mais a retenção de gás durante o processo de fermentação da massa.

A principal diferença entre o congelamento rápido e o lento é o tamanho e a forma dos cristais de gelo formados. Quando o produto é congelado lentamente, ocorre a formação de grandes cristais de gelo e de formato pontiagudo, o que ocasiona danos ao tecido celular, prejudicando a textura do produto. O congelamento rápido promove a formação de pequenos cristais de gelo e com bordas arredondadas, ocasionando pequenos danos celulares (PARDI et al., 1995).

Uma variedade de aditivos alimentares tem sido utilizada para solucionar os problemas causados pelo processo de congelamento e armazenamento congelado. Para tentar controlar a cristalização e recristalização do gelo, os hidrocoloides podem ser utilizados com o intuito de aumentar a capacidade de retenção de água da massa, de alterar a umidade e de minimizar os danos à rede do glúten ao interagir com o glúten e a água ligada (LINLAUD et al., 2011).

Uma característica positiva importante é que o uso de hidrocoloides, mesmo em pequenas quantidades (menos de 1% em peso de farinha), tem um impacto significativo no aumento da capacidade da massa de absorver água, de aumentar o volume de produtos, de

propiciar retrogradação mais lenta do amido e, portanto, de prolongar a vida de prateleira dos produtos de panificação (ŠKARA et al., 2013).

A goma xantana é um polissacarídeo industrial de origem microbiana, e suas soluções são caracterizadas por alta viscosidade, mesmo em baixas concentrações. É um melhorador da estabilidade de congelamento e de degelo, estabilizador de emulsões, espessante, estabilizante térmico, por isso esse hidrocoloide tem sido amplamente utilizado em diferentes produtos alimentícios (GYAWALI; IBRAHIM, 2016).

E ainda, nesse contexto de novas tendências na panificação, essa indústria tem buscado atender à crescente demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis, especialmente com relação aos alimentos funcionais, devido aos efeitos benéficos que promovem a saúde. Uma das estratégias adotadas é a substituição parcial ou total da farinha do trigo por farinhas integrais extraídas de diversas espécies vegetais.

Com base nessa necessidade, a junça (*Cyperus esculentus* L.) é uma planta perene, e seus tubérculos, subutilizados por falta de conhecimento da população, possuem sabor doce semelhante a noz, amplamente cultivada em regiões tropicais e mediterrâneas (ADEJUYITAN, 2011). A farinha desse tubérculo pode ser incorporada a vários alimentos, em função do seu teor nutritivo. É um tubérculo rico em proteínas, fibras alimentares, carboidratos e minerais (P, K, Fe e Mn) (MENG, THREINEN, HANSEN, & DRIEDGER, 2010).

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo estudar o efeito da incorporação da farinha de junça e da goma xantana sobre a qualidade tecnológica de pães de forma, produzidos a partir de massas congeladas, por até 60 dias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana desenvolvidos para o estudo com massas congeladas

A partir dos dados obtidos através das superfícies de resposta e de modelos matemáticos gerados no Artigo 1 desta tese, foram escolhidas as proporções de farinha de junça e de goma xantana que promovem a maximização dos atributos físicos das massas e dos pães de forma.

Na Tabela 1, estão dispostos os ingredientes utilizados e suas proporções para a elaboração de formulações de pães de forma, adicionados de farinha de junça e goma xantana.

Tabela 1 – Formulações de pães de forma adicionadas adicionados de farinha de junça e de goma xantana

Ingredientes ¹	FC	F1	F2
Farinha de trigo	100 %	100 %	100 %
Farinha de junça	-	7,93 %	10 %
Goma xantana	-	1,25 %	1 %
Água	60 %	60 %	60 %
Margarina ²	6 %	6 %	6 %
Açúcar refinado	5 %	5 %	5 %
Fermento biológico seco	3 %	3 %	3 %
Sal refinado	2 %	2 %	2 %

¹ Ingredientes em relação a 100% do total de farinha de trigo (Baker's, %).

² Margarina com 75% de lipídios.

2.2 Procedimento para a elaboração das massas congeladas dos pães de forma

O processamento dos pães de forma ocorreu no Laboratório de Biomateriais Alimentícios (LBMA) do Departamento de Engenharia de Alimentos (DEAL) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Para a elaboração dos pães de forma com farinha de junça e goma xantana, todos os ingredientes, exceto a água, foram colocados na masseira semi-industrial (LIEME, BP-12, Brasil) para mistura à baixa velocidade. A água gelada numa temperatura abaixo de 10°C, com o objetivo de reduzir a temperatura da massa, foi adicionada em seguida até uma mistura

homogênea. Em seguida, o batimento em velocidade alta até se obter o ponto de véu na massa, sendo o sal adicionado no início deste batimento. Posteriormente, as massas foram porcionadas, moldadas manualmente na forma cilíndrica e inseridas em sacos de polietileno de forma individual e acomodadas em freezer horizontal Esmaltec® para serem congeladas e permanecerem estocadas até a sua utilização. A temperatura de armazenamento variou de -13°C a -18°C , sendo analisadas nos períodos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias de congelamento.

Quanto ao descongelamento, as massas foram retiradas do freezer, desembaladas e colocadas sobre bandejas de alumínio, de modo que o descongelamento ocorreu em estufa de circulação forçada de ar a $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante duas horas. A etapa de fermentação ocorreu a uma temperatura de $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 90 minutos. Ao final da fermentação, as massas foram assadas em forno elétrico, durante 20 minutos, à temperatura de 200°C . Por fim, os pães foram resfriados em temperatura ambiente, desenformados e seguiram para as posteriores análises.

2.3 Análises físicas e químicas dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana

Os pães de forma foram triturados em liquidificador (Arno, faciliq, Brasil) e após foi feita a determinação da composição centesimal por meio das análises de umidade (método 925-10, AOAC 1996), cinzas (método 923-03, AOAC 1996), proteína (método 960-52, AOAC 1996) e lipídios (método 920-85, AOAC 1996) e fibra bruta (método 978-10, AOAC 1996). Já o teor de carboidratos foi calculado por diferença da composição centesimal $[100 - (\text{umidade} + \text{lipídios} + \text{proteína} + \text{cinzas} + \text{fibra bruta})]$.

O cálculo do valor calórico total foi realizado, multiplicando os valores de lipídios, de proteínas e de carboidratos determinados em cada formulação de pão pelos seus valores calóricos respectivos: 9, 4 e 4 kcal – fatores de conversão de Atwater (WATT & MERRILL, 1963).

2.4 Avaliação das características de qualidade das massas congeladas e dos pães de forma oriundos das massas congeladas

2.4.1 Volume específico dos pães de forma oriundos das massas congeladas

O volume específico foi calculado pelo método de deslocamento de sementes de painço, segundo método nº 10-05 da AACC (2001).

2.4.2 Densidade dos pães de forma oriundos das massas congeladas

A densidade foi calculada pela divisão do peso do pão assado pelo volume deslocado.

2.4.3 Índice de expansão dos pães de forma oriundos das massas congeladas

Para o cálculo do índice de expansão, foi adaptada a metodologia utilizada por Silva et al., (2003) para pão de queijo e aplicada para o cálculo do índice de expansão para pães tipo forma por Zambelli (2014).

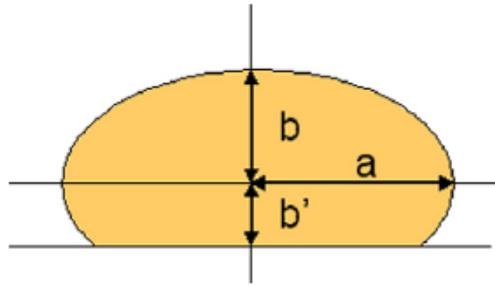
2.4.4 Volume das massas congeladas produzido durante a fermentação

Para o cálculo do volume produzido (ΔV), utilizou-se a subtração entre o volume final produzido, após duas horas de fermentação, e o volume inicial das massas nas provetas, as medidas foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em mL.

2.4.5 Avaliação do processo de fermentação das massas congeladas

A expansão das massas durante o processo de fermentação foi avaliada por meio do procedimento experimental de Perfil Livre de Expansão adotado por Gabric et al. (2011), com modificações, em que as massas foram consideradas como elipses truncadas, conforme ilustra a Figura 1. Foram medidas, a cada 10 minutos, as dimensões de altura e de comprimento das massas com o auxílio de régua milimetrada simples. Para a avaliação do Perfil Livre de Expansão, as massas foram colocadas em formas de alumínio com dimensões de 30 cm x 30 cm para permitir a sua livre expansão sem restrições dimensionais.

Figura 1 – Parâmetros de elipse truncada



Fonte: Gabric et al., (2011)

O volume das massas para cada tempo de medição foi calculado com base na fórmula da elipse e sua rotação em torno do eixo y, conforme demonstra a Equação 1.

$$V \text{ (cm}^3\text{)} = \pi a^2 \left(\frac{2b}{3} + b' - \frac{b'^3}{3b^2} \right) \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

a = largura da elipse (cm); b = altura da elipse – do centro a elipse superior (cm); b' = altura da elipse – do centro para a parte inferior (cm).

O fator de expansão do volume (cm³) – VEF, foi calculado através da Equação 2.

$$\text{VEF} = \frac{V - V_0}{V_0} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

V = Volume da massa ao longo do tempo de fermentação (cm³); V₀ = Volume inicial da massa (cm³).

2.4.6 Análise da estrutura do miolo dos pães de forma oriundos das massas congeladas

As estruturas dos miolos dos pães foram avaliadas por intermédio de imagens digitais segundo metodologia descrita por Rosales-Juárez et al. (2008), Gonzales-Barrón e Butler (2006) com modificações. As imagens foram obtidas por digitalização em resolução de 550 dpi em scanner HP ScanJet 2400, na área central do miolo com resolução de 900x900 pixels. As imagens obtidas foram analisadas com o software ImageJ® 1.47v (National Institute of Health, USA). As imagens foram salvas como arquivos com extensão .jpeg e foram cortadas para um campo de vista de 900 x 900 mm. As imagens coloridas capturadas foram convertidas para 8-bit em tons de cinza.

2.4.7 Microscopia eletrônica de varredura – MEV das massas congeladas

Foram obtidas fotomicrografias da superfície das massas congeladas dos pães de forma adicionados de farinha de junça e goma xantana, nos tempos 15 dias, 30 dias, 45 dias e 60 dias por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), utilizando o Microscópio Quanta 450 – FEG – FEI com 20 kV e ampliação de 2500x.

2.5 Análise estatística

O tratamento estatístico foi realizado por meio do software STATISTICA 10.0 (STATSOFT, 2010). Os resultados das análises foram tratados utilizando análise de variância (ANOVA), teste de médias Tukey e análise de regressão para verificar o efeito da incorporação da farinha de junça ao longo do tempo de armazenamento congelado sobre os parâmetros da qualidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da composição centesimal e do valor calórico dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana

A Tabela 2 fornece os dados sobre a composição centesimal e do valor calórico dos pães tipo forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana.

Tabela 2 – Valores médios¹ ± desvios padrão da composição centesimal em g·100g⁻¹ de matéria seca e valor calórico dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana

Análises (g·100g ⁻¹)	Formulações *		
	FC	F1	F2
Umidade	32,41 ^a ±0,08	35,20 ^b ±0,09	34,48 ^{ab} ±0,07
Cinzas	1,60 ^a ±0,07	1,63 ^a ±0,04	1,82 ^a ±0,03
Lipídios	3,02 ^a ±0,11	3,47 ^b ±0,14	4,14 ^c ±0,16
Proteínas	4,78 ^a ±0,33	6,59 ^b ±0,28	6,80 ^b ±0,45
Fibra bruta	0,93 ^a ±0,28	2,62 ^b ±0,19	3,88 ^c ±0,21
Carboidratos	57,53 ^b ±0,70	50,49 ^a ±0,61	48,88 ^a ±0,63
Valor Calórico (kcal)	276,42 ^b ±1,80	259,55 ^a ±1,47	259,98 ^a ±1,85

¹ Letras iguais, em uma mesma linha, não apresentaram diferenças significativas a 5 % de probabilidade ($p > 0,05$).

* (FC): controle; (F1): 7,93% de farinha de junça e 1,25% de goma xantana; (F2): 10% de farinha de junça e 1% de goma xantana.

Fonte: Da autora (2022).

Os valores dos teores de umidade das amostras de pães de forma adicionados de farinha de junça apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as amostras FC e F1. O tratamento F2 não apresentou diferença entre os demais. Todos os valores observados estavam dentro do permitido pela legislação para pães preparados com farinha de trigo comum e ou farinha de trigo especial (sêmola/semolina de trigo), e a umidade deve ser de no máximo 38% (BRASIL, 2000). A umidade é necessária para a manutenção da qualidade do pão, e a alta umidade tem efeito negativo na estabilidade de armazenamento do pão. Os resultados deste estudo são próximos aos encontrados por Mudau et al. (2021) quando avaliaram as características físico-químicas de pão parcialmente substituído por farinha de milho com uma variação de 31,20% a 36,08% de umidade.

O teor de cinzas não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

Os lipídios apresentaram um aumento significativo ao nível de 5%, sendo observado que o aumento dos teores de lipídios é proporcional ao aumento da proporção de farinha de junça adicionada na formulação. Segundo Hu et al. (2018), a junça apresenta em sua composição: 72,6 % ácido oleico (18:1 n-9), 8,9 % ácido linoleico (18:2 n-6), 3,2 % ácido esteárico (18:0), 0,3 % ácido palmitoleico (16:1 n-7), entre outros. Ademais, de acordo com Yeboah et al. (2012), o óleo de junça contém 120,1 µg/g de vitamina E.

No teor de proteína, houve aumento nos valores exibidos, e as formulações com adição de 7,93 % de farinha de junça e 1,25 % de goma xantana (F1) e com adição de 10 % de farinha de junça e 1 % de goma xantana (F2) apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) em comparação com a formulação sem essa adição (FC). Conforme Rosello-Soto et al. (2018), os tubérculos de junça apresentam teor de proteína comparável ao do arroz e do sorgo, e ainda seu teor proteico é mais alto do que a maioria das raízes amiláceas e tubérculos, como a mandioca, a batata-doce e o inhame.

Quanto à fibra bruta, seus valores diferiram significativamente do nível de 5 %, assim como lipídios e proteínas. Também foi possível observar aumento do seu teor de fibra bruta com o incremento da quantidade de farinha de junça adicionada nas formulações.

Segundo o Ministério da Saúde, a recomendação diária de fibras é de 25g/dia, logo o consumo diário de 100 g de pão, contendo 7,93 % e 10 % de farinha de junça corresponde a, aproximadamente, 10,48 % e 15,52 % da recomendação diária, respectivamente (BRASIL, 2008).

A diminuição no teor de carboidratos e do valor calórico foi observada entre as formulações que tiveram adição de farinha de junça e goma xantana em relação à FC ($p > 0,05$). Essa baixa no valor de carboidratos pode ser explicada pelo fato de ele ter sido calculado por diferença, então essa quantificação é dependente dos outros valores da composição centesimal, visto que cinzas, lipídios, proteínas e fibras aumentaram nas formulações F1 e F2. E seguindo a mesma justificativa, o valor calórico é calculado em relação aos valores de lipídios, proteínas e carboidratos.

A RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003, estabelece o valor energético médio de 150 kcal por porção (50 g) para produtos de panificação (BRASIL, 2003). Observou-se que ambas as formulações adicionadas de farinha de junça atenderam à legislação brasileira, em relação ao valor calórico.

Uma porção de 100 g de pão de forma (cerca de 4 fatias) com 7,93 % e 10 % de adição de farinha de junça fornece para adultos 38,84 % (F1) e 37,60 % (F2) da ingestão dietética recomendada (IDR) de carboidratos, 6,89 % (F1) e 10,21 % (F2) de fibras (para

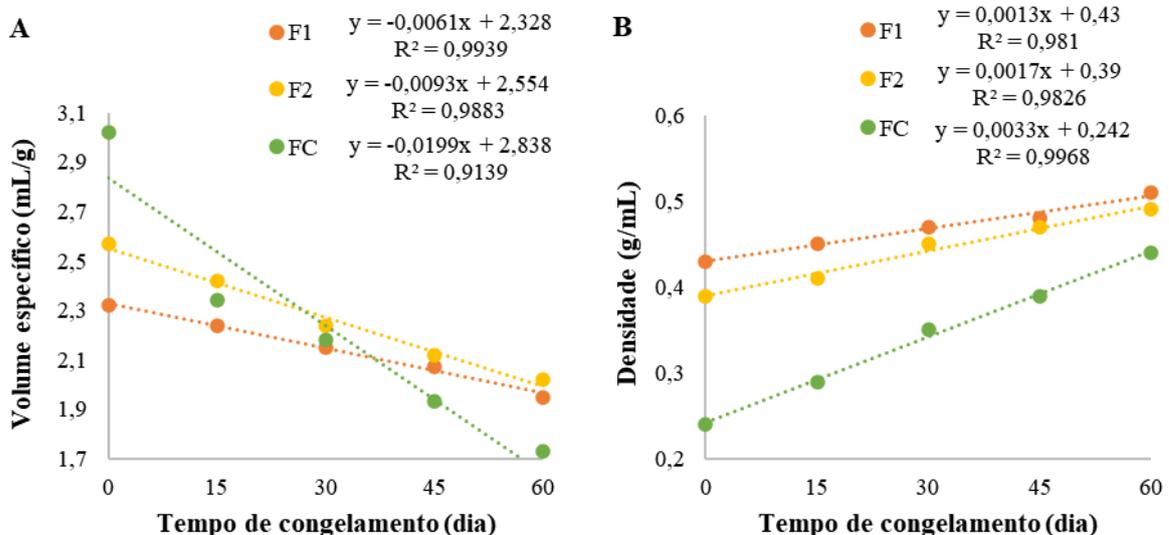
homem adulto) e 10,48 % (F1) e 15,52 % (F2) de fibras (para mulher adulta) para uma dieta de 2000 kcal (IOM, 2005).

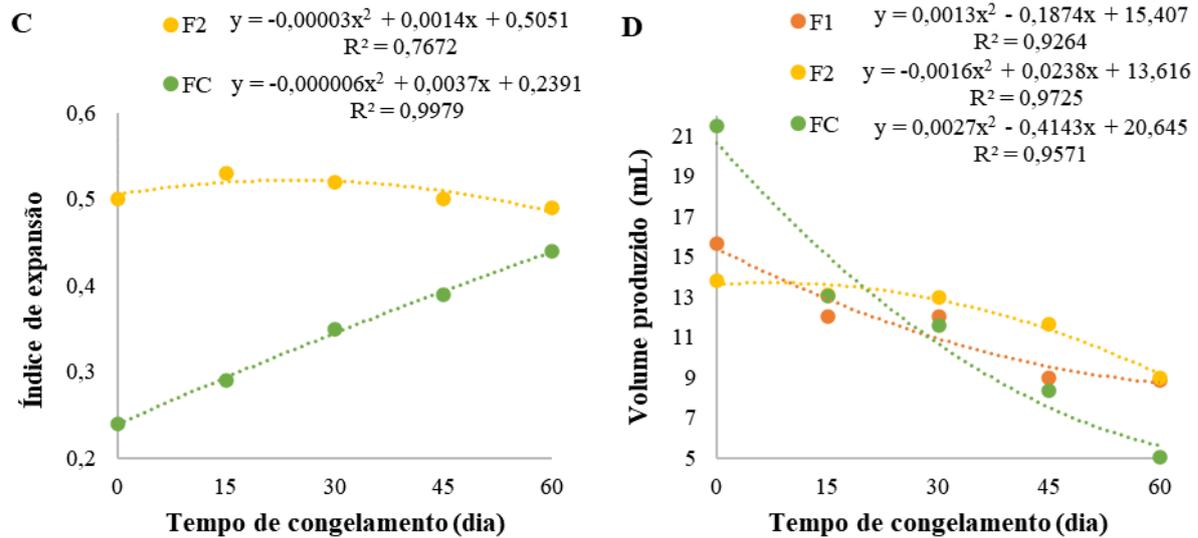
Os resultados demonstram que ambas as formulações adicionadas de farinha de junça apresentaram aumento no quantitativo proteico, teor de lipídios e fibra bruta e diminuição no valor calórico quando comparados com o pão controle. Esses resultados possuem significado positivo do ponto de vista nutricional, uma vez que a farinha de junça apresenta em sua composição alto teor proteico maiores até que a grande parte das raízes amiláceas e tubérculos que são consumidas diariamente. Além disso, importa dizer que possui altas concentrações de ácidos graxos monoinsaturados, teores significativos de vitamina E e contém fonte de fibras. Vale destacar que este componente desempenha papel fundamental na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) .

3.2 Efeito do congelamento nas características de qualidade das massas congeladas e dos pães obtidos por massas congeladas

A Figura 2 apresenta as equações obtidas por meio da análise de regressão para as variáveis: volume específico, densidade, índice de expansão e de volume produzido dos pães em função do tempo de armazenamento congelado de massas adicionadas de farinha de junça e de goma xantana.

Figura 2 – Estimativas das equações obtidas por meio da análise de regressão. A) Volume específico (mL/g); B) Densidade (g/mL); C) Índice de expansão; D) Volume produzido das massas (mL)





* (FC): Controle; (F1): Pães de forma oriundos de massas congeladas contendo 7,93 % de farinha de junça e 1,25 % de goma xantana; (F2): Pães de forma oriundos de massas congeladas contendo 10 % de farinha de junça e 1 % de goma xantana.

Entre os vários indicadores na qualidade dos pães, o volume específico é uma importante propriedade física dos pães, uma vez que exerce forte influência na preferência do consumidor. O volume específico das formulações dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana foi reduzido com o decorrer do tempo de armazenamento congelado (Figura 2 A), o que pode ser comprovado pelas equações de regressão obtidas de 0 a 60 dias, significativas a 5 % de probabilidade de erro.

Observa-se que as formulações com farinha de junça obtiveram valores de volume específico maiores que a formulação controle (FC) a partir do 45° dia de armazenamento congelado, o que pode estar associado à adição dos ingredientes secos, farinha de junça e a goma xantana no caso, aumentando a quantidade de sólidos presente na massa. Desta forma, deixa menos água livre para posteriormente ser transformada em cristais de gelo, os quais danificam a estrutura da rede do glúten, diminuindo o volume dos pães.

As formulações no tempo 0 de congelamento apresentaram volume específico de 2,33 mL/g (F1) e 2,55 mL/g (F2), reduzindo para 1,96 mL/g (F1) e 2,00 mL/g (F2). Apresentaram redução significativa de 18,88 % para F1 e de 27,50 % para F2. Os coeficientes de determinação (R^2) das equações demonstram bom ajuste dos modelos de regressão. Nos estudos de Wirkijowska et al. (2020), uma diminuição no volume específico dos pães também foi observada no caso do pão de trigo com a adição de outros ingredientes ricos em fibras.

Já a densidade dos pães apresentou para ambas as formulações uma equação linear com coeficiente de determinação de 0,981 (F1) e 0,9826 (F2), evidenciando um bom ajuste.

Observa-se na Figura 2 B que a densidade aumentou conforme o tempo de 60 dias, de 0,43 g/mL para 0,51 g/mL (F1) e de 0,39 g/mL para 0,49 g/mL (F2). Apresentaram aumento significativo de 15,69 % para F1 e de 20,41 % para F2. Tal observação pode ser explicada pela relação entre volume específico e densidade, ou seja, com a redução do volume específico dos pães (mL/g), houve um aumento da densidade (g/mL).

A adição dos ingredientes sólidos deixa os pães mais densos, o que é comprovado na Figura 2B, na qual os pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana apresentaram maior densidade quando comparados com o pão controle.

Os menores volumes específicos e as maiores densidades podem ser justificados por vários fatores como: a diluição da rede de glúten pela fibra, as interações entre fibra e glúten e a redução na extensibilidade da massa que podem causar a redução da capacidade de retenção de gás que, conseqüentemente, pode levar a um menor volume específico (JUNEJO et al., 2021; GUARDADO-FÉLIX et al., 2020; SARDABI et al., 2021; CAPPELLI et al., 2020). Além disso, certa quantidade de água na massa liga-se fortemente às fibras, podendo interferir na quantidade de água disponível para a formação da rede de glúten (SIVAM, 2010). Ainda em conformidade com o estudo de Zanini et al. (2014), os autores propõem que a goma xantana pode limitar a extensão da massa devido a fortes interações com o glúten.

Embora a goma xantana possa estabilizar a estrutura da massa congelada por meio de sua forte interação com a proteína da farinha de trigo, aumenta a absorção de água no sistema de massa, a retenção de ar da massa e o volume final do pão. Esses resultados não foram atingidos no presente trabalho. Também não corroboraram os encontrados por Ribotta et al. (2004) que observaram a goma guar e o DATEM produziram melhoria no volume e na textura do pão. Estes autores concluíram que os hidrocoloides interagem principalmente com a distribuição de água na massa e com a reologia da massa, oferecendo em princípio melhor tolerância ao armazenamento congelado.

Além das fibras, também ocorre que, geralmente, o tratamento de congelamento e de armazenamento congelado é o principal motivo da quebra da rede de glúten, da redução do volume do pão e do aumento da dureza do pão, o que é atribuído à produção de cristal de gelo (OMEDI et al., 2019), que enfraquecem a rede de glúten formada. E quanto mais lento o congelamento, como ocorreu no presente trabalho, mais esse fenômeno ocorre, pois, no freezer comum, o congelamento se dá em até 24 horas, com formação de cristais de gelo grandes. Para minimizar isso, o congelamento das massas é feito em ultracongeladores, capazes de congelar a massa em uma hora e com produção de microcristais, que não danificam tanto a rede de glúten.

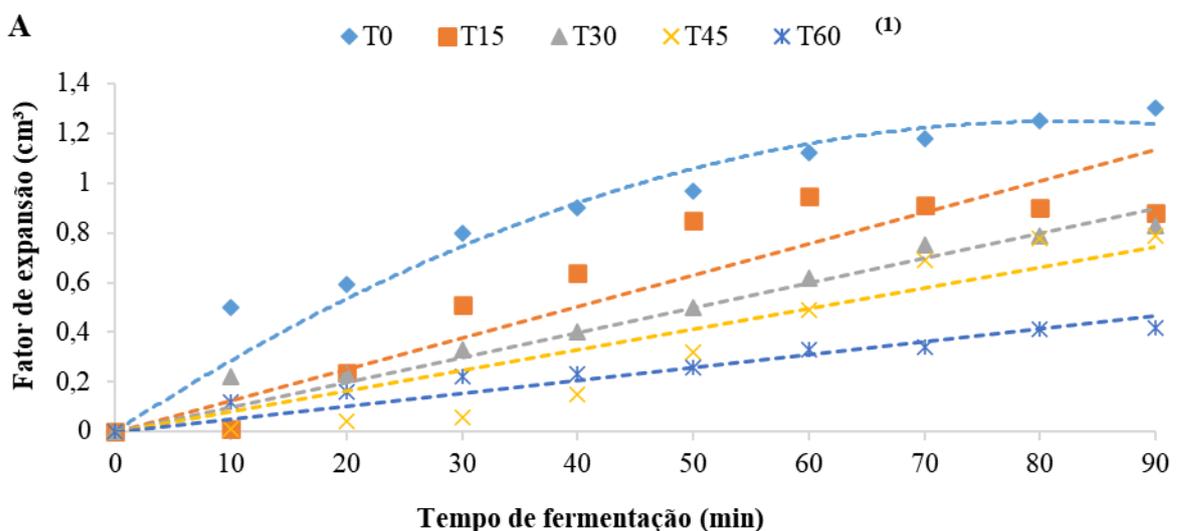
Para o índice de expansão, verificou-se que não houve influência significativa ($p > 0,05$) do tempo de armazenamento congelado das massas para (F1), apresentando valores de 0,50 (T0), 0,48 (T15), 0,51 (T30), 0,50 (T45) e 0,48 (T60). Para a (F2) foi significativo ao nível de 5 % e apresentou efeito quadrático cuja equação foi $y = - 0,00003x^2 + 0,0014x + 0,5051$ ($R^2 = 0,76$) (Figura 2 C).

O tempo de armazenamento congelado das massas sobre o volume produzido durante a fermentação apresentou efeito quadrático para ambas as formulações dos pães adicionados de farinha de junça e goma xantana. Para a formulação 1, o maior valor foi obtido para o tempo 0 (15,41 mL/g) e o menor para o tempo 60 (9,00 mL/g). Para a formulação 2, o tempo 0 obteve valor de 13,61 mL/g e no tempo 60 valor de 9,28 mL/g. Os valores observados nos volumes das massas produzidos durante a fermentação corroboram os de volume específico dos pães durante o tempo de até 60 dias de armazenamento congelado.

O volume produzido pelas massas ao longo do tempo de fermentação foi decrescente à medida que o tempo de armazenamento congelado das massas foi elevado. Assim, verifica-se que a redução da viabilidade celular das leveduras é a principal causa da redução deste atributo.

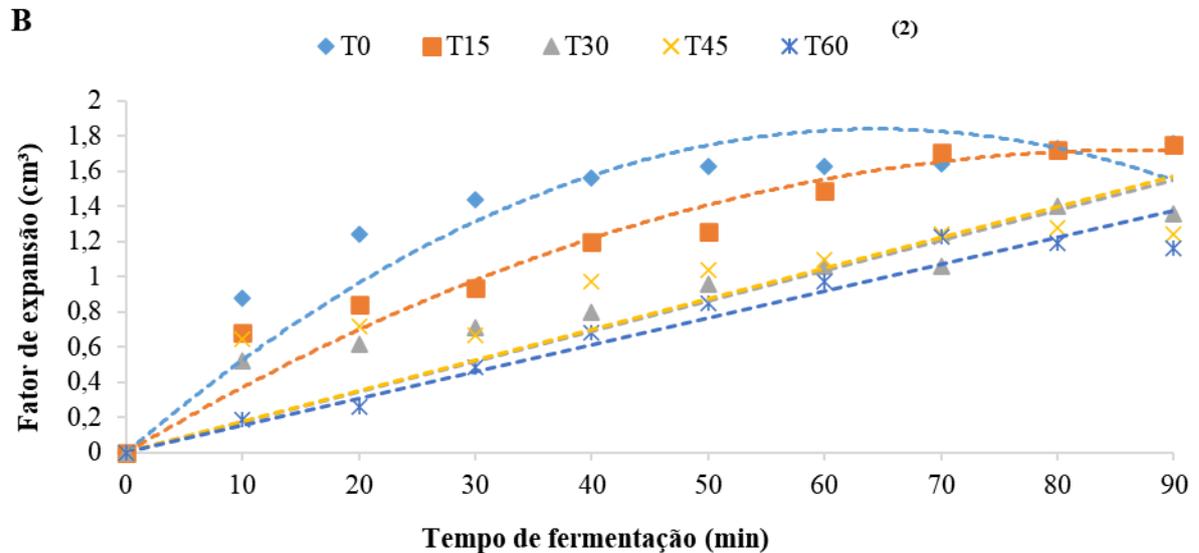
A Figura 3 apresenta o comportamento do fator de expansão das massas (F1) e (F2) durante o tempo de armazenamento congelado.

Figura 3 – Estimativas das equações obtidas por meio da análise de regressão para o fator de expansão ao longo do tempo de fermentação das massas. A) F1; B) F2



¹ T0: $y = -0,0001x^2 + 0,0245x + 0,1434$ ($R^2 = 0,9744$); T15: $y = 0,0113x + 0,0837$ ($R^2 = 0,8456$); T30: $y = 0,0089x + 0,0692$ ($R^2 = 0,9821$); T45: $y = 0,0103x - 0,1242$ ($R^2 = 0,9143$); T60: $y = 0,0041x + 0,0690$ ($R^2 = 0,9743$).

* (F1): Pães de forma obtidos de massas congeladas contendo 7,93 % de farinha de junça e 1,25 % de goma xantana.



² T0: $y = -0,0003x^2 + 0,0450x + 0,293$ ($R^2 = 0,9209$); T15: $y = -0,0001x^2 + 0,0318x + 0,1863$ ($R^2 = 0,9669$); T30: $y = 0,0130x + 0,2677$ ($R^2 = 0,9233$); T45: $y = 0,0117x + 0,3685$ ($R^2 = 0,8395$); T60: $y = 0,0143x + 0,0613$ ($R^2 = 0,9534$).

* (F2): Pães de forma obtidos de massas congeladas contendo 10 % de farinha de junça e 1 % de goma xantana.

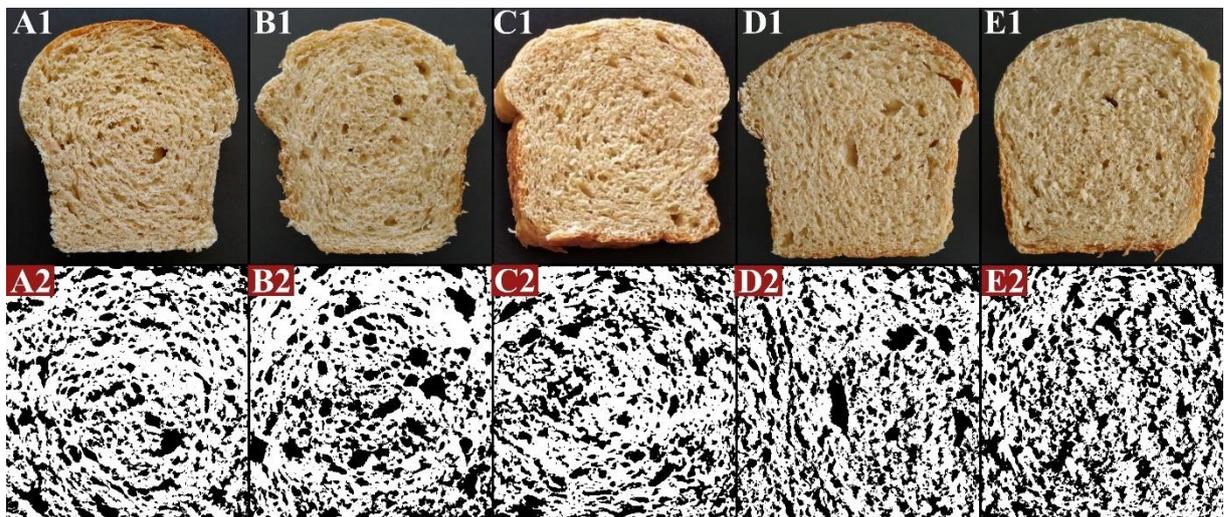
Analisando a Figura 3, observou-se que, com a incorporação de 7,93 % de farinha de junça e 1,25 % de goma xantana (F1) e de 10 % de farinha de junça e 1 % de goma xantana (F2), as massas dos pães tiveram um comportamento parecido. A F1 no T0 e a F2 no T0 e T15 apresentaram efeito quadrático. As formulações 1 e 2 atingiram seu fator máximo de expansão no T0 e aos 90 minutos de 1,54 cm³ e de 1,91 cm³, respectivamente. Ademais, as curvas de fermentação foram menores para o T60 em ambas as formulações, obtendo aos 90 minutos valores de 0,44 cm³ para F1 e 1,35 cm³ para F2, sugerindo que a rede de glúten suportou menor pressão dos gases produzidos durante o processo fermentativo. Isso pode ser consequência da formação dos cristais de gelo durante o tempo de armazenamento congelado.

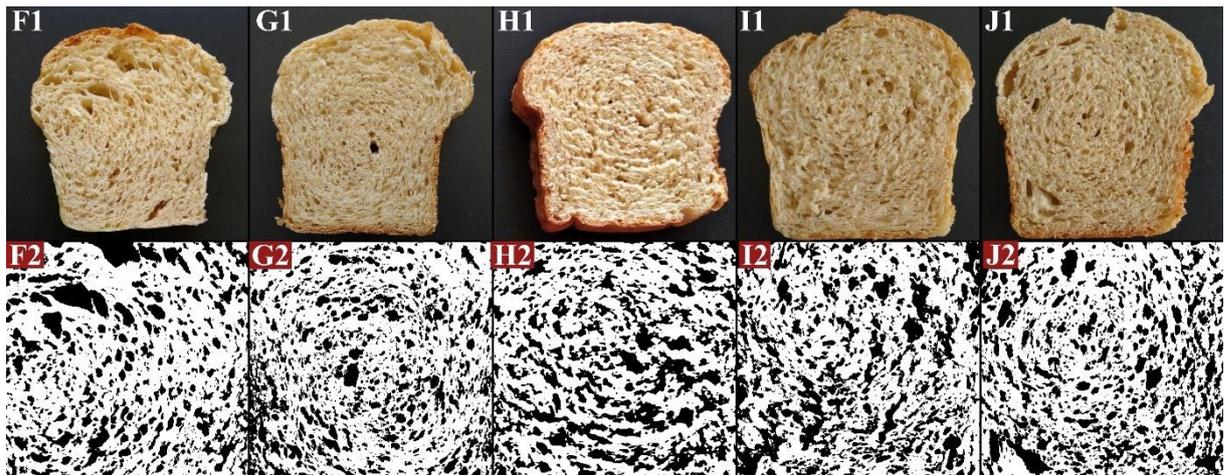
3.3 Caracterização do miolo dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana

As formulações dos pães de forma adicionados de farinha de junça e de goma xantana oriundos de massas congeladas foram observadas por meio da textura interna (fatias dos pães) e da proporção de poros visíveis dos pães de forma que foram convertidas em imagem binária em escala de cinza de 8 bits para mostrar a distribuição dos poros dos miolos, como visto na Figura 4.

A partir das imagens binárias (A2, B2, C2, D2, E2, F2, G2, H2, I2 e J2) pode-se julgar de forma mais clara e intuitiva as mudanças na estrutura da textura dos pães. A parte preta da imagem mostra os poros no miolo. Com o progresso do armazenamento congelado até 60 dias, a proporção de poros visíveis internos das duas formulações diminuiu. Assim é possível observar que os miolos no tempo 60 (na formulação 1 – E1 e E2, na formulação 2 – J1 e J2) são mais compactos. Neste caso o enfraquecimento excessivo da rede de glúten pela formação dos cristais de gelo e pelas fibras presentes na farinha de junça pode levar à baixa estabilidade das células de gás, causando a ruptura das bolhas e reduzindo a retenção de gás. Como consequência tem-se uma massa mais densa, o que já foi confirmado anteriormente pela análise de densidade (Figura 2 B). Gisoo & Jafar (2013) descobriram que os hidrocoloides podem resultar em pães mais macios e também mascarar o leve sabor de fermentado produzido pela levedura. Portanto, a goma xantana adicionada nos pães pode não apenas aumentar a proporção de poros visíveis do pão, como também ainda melhorar as propriedades sensoriais do pão.

Figura 4 – Imagens dos pães de forma adicionados de farinha de junça e goma xantana. A-E (F1 – 7,93% farinha de junça 1,25% goma xantana nos tempos de armazenamento 0, 15, 30, 45, 60 dias); F-J (F2 – 10% farinha de junça 1% goma xantana nos tempos de armazenamento 0, 15, 30, 45, 60 dias); (1) Imagem em corte transversal; (2) imagens binárias.

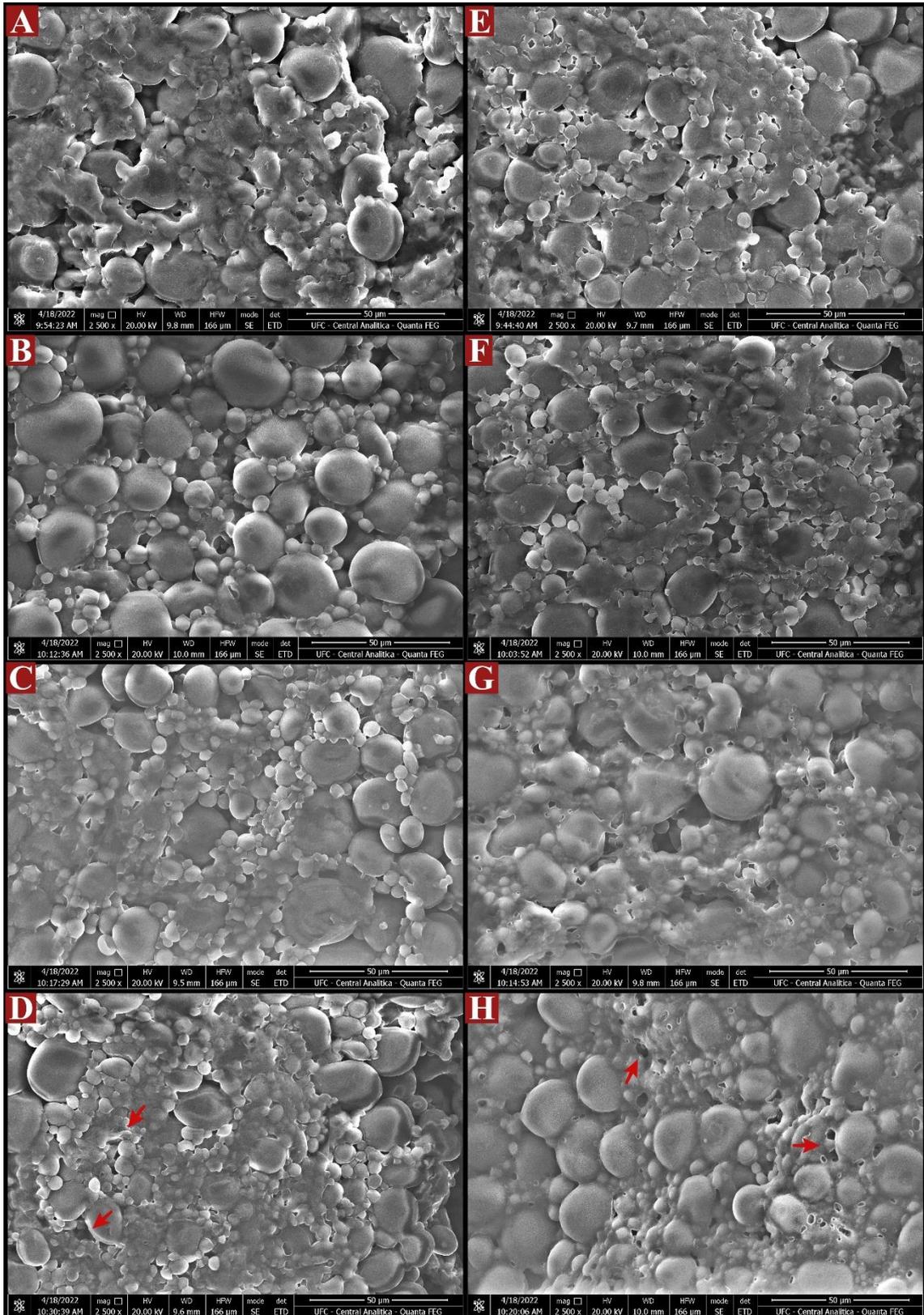




Fonte: Dados da autora, (2022).

As imagens da microscopia eletrônica de varredura das massas congeladas dos pães de forma adicionados de farinha de junça e goma xantana durante o tempo de até 60 dias de armazenamento congelado das massas estão apresentadas na Figura 5 com ampliação de 2500x.

Figura 5 – Fotomicrografias com aumento 2500x das massas congeladas até 60 dias. (F1): 7,93% de farinha de junça e 1,25% de goma xantana; (F2): 10% de farinha de junça e 1% de goma xantana. (A) F1 – 15 dias, (B) F1 – 30 dias, (C) F1 – 45 dias, (D) F1 – 60 dias, (E) F2 – 15 dias, (F) F2 – 30 dias, (G) F2 – 45 dias e (H) F2 – 60 dias.



Fonte: Dados da autora, (2022).

No período inicial de armazenamento congelado, até 45 dias (A, B, C, E, F e G), é possível observar a presença de uma rede de glúten relativamente contínua e compacta na qual os grânulos de amido de diferentes tamanhos estavam firmemente incorporados.

Conforme a Figura 5 (D) e (H), quando o armazenamento de congelado atingiu 60 dias, a estrutura da rede de glúten parece ter sido ligeiramente alterada, atribuindo-se a perda dessa estrutura da rede ao surgimento de buracos irregulares na massa, causados pelos cristais de gelo. Também é possível constatar que as superfícies dos grânulos ficaram irregulares e mais ásperas. Feng et al. (2020) explica que durante o armazenamento congelado da massa, a formação de cristais de gelo pressiona os grânulos de amido, tornando a superfície dos grânulos áspera, imperfeita e levando à liberação de soluções lixiviantes de amilose, proteínas, lipídios, entre outros.

De acordo com Maity & Saxena (2016), os cristais de gelo presos na rede de glúten são liberados de modo que algumas ligações dissulfeto mais fracas são quebradas e, conseqüentemente, a estrutura da rede da proteína do glúten é destruída. Esses danos na estrutura da rede também foram observados por Fu et al. (2021) em seu estudo dos efeitos dos polissacarídeos de *Laminaria japonica* na estrutura de massas congeladas.

Sharadanant & Khan (2006) mostraram pelas fotomicrografias que massas congeladas armazenadas por 8 e 16 semanas, contendo gomas (alfarroba e arábica), apresentavam rede de glúten menos alterada que a massa sem adição de gomas, em que essa apresentava os grânulos de amido menos incorporados à rede. Os supracitados autores atribuíram o resultado à estabilidade causada à massa para períodos mais longos devido à adição de gomas, que neste caso minimizaram a quantidade de água livre e, conseqüentemente, de cristais de gelo, que segundo eles rompem a estrutura do glúten.

CONCLUSÃO

O armazenamento congelado dos pães de forma obtidos com farinha de junça e goma xantana ocasiona enfraquecimento da rede de glúten formada, diminuição da capacidade de retenção de CO₂, redução do volume e aumento da dureza do pão.

A incorporação de até 10 % de farinha de junça e de até 1,5 % de goma xantana é bastante promissora e contribui para a melhoria do valor nutricional dos pães de forma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC, American Association of Cereal Chemists. **Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement**. Saint Paul, 2001.
- ADEJUYITAN, J.A. Tigernut processing: its food uses and health benefit. **American J. Food Technol.**, v.6, n. 3, p. 197-201, 2011.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analyses**. 16.ed. Arlington: VA., 1996.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília: Ministério da Saúde; 2008.
- BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003. **Aprova regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 26 dez 2003. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0359_23_12_2003.html>. Acesso em: 07 jul. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. **Regulamento Técnico sobre informação nutricional complementar**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2012).
- BRASIL. Ministério da Saúde. RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. **Aprova o Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>>. Acesso em: 11 abr. 2022.
- CAPPELLI, A.; OLIVA, N.; BONACCORSI, G.; LORINI, C.; CINI, E. Assessment of the rheological properties and bread characteristics obtained by innovative protein sources (*Cicer arietinum*, *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*): Novel food or potential improvers for wheat flour?. **LWT – Food Science and Technology**, v. 118, p. 108867, 2020.
- FABUNMI, T. O.; ADIGBO, S. O.; ODEDINA, J. N.; AKINSANYA, Y. I. Effects of tuber size, soaking hours and sprouting media on sprouting of tiger nut (*Cyperus esculentus* L. var. *sativa*) tubers. **Acta Agriculturae Slovenica**, v. 107, n. 2, p. 345-354, 2016.
- FENG, W.; MA, S.; WANG, X. Recent advances in quality deterioration and improvement of starch in frozen dough. **Grain & Oil Science and Technology**, v. 3, n. 4, p. 154-163, 2020.
- FU, Y.; LIU, X.; XIE, Q.; CHEN, L. et al. Effects of *Laminaria japonica* polysaccharides on the texture, retrogradation, and structure performances in frozen dough bread. **LWT – Food Science and Technology**, v. 151, p. 112-239, 2021.
- GABRIC, D.; BEN-AISSA, F.; LE-BAIL, A.; MONTEAU, J. Y.; CURIC, D. Impact of process conditions on the structure of pre-fermented frozen dough. **Journal of Food Engineering**. n.105, p. 361–366, 2011.

GISOO, M.; JAFAR, M. Effect of guar gum, xanthan gum, CMC and HPMC on dough rheology and physical properties of barbari bread. **Food Science and Technology Research**, v. 19, n. 3, p. 353-358, 2013.

GONZALES-BARRÓN, U.; BUTLER, F. A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs features by digital image analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 74, n. 2, p. 268-278, 2006.

GUARDADO-FÉLIX, D.; LAZO-VÉLEZ, M.A.; PÉREZ-CARRILLO, E.; PANATA-SAQUICILI, D.E.; SERNA-SALDÍVAR, S.O. Effect of partial replacement of wheat flour with sprouted chickpea flours with or without selenium on physicochemical, sensory, antioxidant and protein quality of yeast-leavened breads. **LWT – Food Science and Technology**, v. 129, p. 109-117, 2020.

GYAWALI, R.; IBRAHIM, S. A. Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt. **Trends in Food Science Technology**, v. 56, p. 61-76, 2016.

HU, B.; ZHOU, K.; LIU, Y.; LIU, A.; ZHANG, Q.; HAN, G.; LIU, S.; YANG, Y.; ZHU, Y.; ZHU, D., Optimization of microwave-assisted extraction of oil from tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) and its quality evaluation. **Industrial Crops and Products**, v. 115, p. 290-297, 2018.

INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids**. Washington: National Academy Press, 2005.

JUNEJO, S.A.; RASHID, A.; YANG, L.; XU, Y.; KRAITHONG, S.; ZHOU, Y. Effects of spinach powder on the physicochemical and antioxidant properties of durum wheat bread. **LWT – Food Science and Technology**, v. 150, p. 1120-1158, 2021.

LINLAUD, N.; FERRER, E.; PUPPO, M. C.; FERRERO, C. Hydrocolloid interaction with water, protein, and starch in wheat dough. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 59, n. 2, p.713–719, 2011.

LOVEDAY, S. M.; HUANG, V. T.; REID, D. S.; WINGER, R. J. Water dynamics in fresh and frozen yeasted dough. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 52, n. 5, p. 390–409, 2012.

MAITY, T.; SAXENA, A. Use of hydrocolloids as cryoprotectant for frozen foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n. 3, p. 420-435, 2016.

MENG, X; THREINEN, D; HANSEN, M; DRIEDGER, D. Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack. **Food Research International**, v. 43, p. 650-658, 2010.

MUDAU, M.; RAMASHIA, S.E.; MPHOTO, M.E.; SILUNGWE, H. Physicochemical characteristics of bread partially substituted with finger millet (*Eleusine corocana*) flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021.

OMEDI, J. O.; HUANG, W.; ZHANG, B.; LI, Z.; ZHENG, J. Advances in present-day frozen dough technology and its improver and novel biotech ingredients development trends-A review. **Cereal Chemistry**, v. 96, n. 1, p.34–56, 2019.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: Editora da UFG, 1995, v. 1.

RIBOTTA, P. D.; PÉREZ, G. T.; LEÓN, A. E.; AÑÓN, M. C. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 305-313, 2004.

ROSALES-JUÁREZ, M.; GONZÁLEZ-MENDONZA, B.; LÓPEZ-GUEL, E.; LOZANOBAUTISTA, F.; CHANONA-PÉREZ, J.; GUTIÉRREZ-LOPES, G.; FARRERA-REBOLLO, R.; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G. Changes on dough rheological characteristics and bread quality as a result of the addition of germinated and non-germinated soybean flour. **Food and Bioprocess Technology**, v. 1, n. 2, p. 2008.

ROSELL´O-SOTO, E., GARCIA, C., FESSARD, A., BARBA, F., MUNEKATA, P., LORENZO, J., & REMIZE, F. Nutritional and microbiological quality of tiger nut tubers (*Cyperus esculentus*), derived plant-based and lactic fermented beverages. **Fermentation**, v. 5, n.1, 2016.

SARDABI, F.; AZIZI, M.H.; GAVLIGHI, H.A.; RASHIDINEJAD, A. The effect of Moringa peregrina seed husk on the in vitro starch digestibility, microstructure, and quality of white wheat bread. **LWT – Food Science and Technology**, v. 136, p. 110332, 2021.

SHARADANANT, R.; KHAN, K. Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: electron microscopy, protein solubility and electrophoresis studies. **Cereal Chemistry**, v. 83, n.4, p. 411-417, 2006.

SILVA, M. R.; GARCIA, G. K. S.; FERREIRA, H. F. Caracterização química, física e avaliação da aceitação de pão de queijo com baixo teor energético. **Alimentos e Nutrição**, v. 14, n. 1, p. 69-75, 2003.

SIVAM, A. S.; SUN-WATERHOUSE, D.; QUEK, S. Y.; PERERA, C. O. Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 8, p.163-174, 2010.

ŠKARA, N.; NOVOTNI, D.; ČUKELJ, N.; SMERDEL, B.; ČURIĆ, D. Combined effects of inulin, pectin and guar gum on the quality and stability of partially baked frozen bread. **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 1, p. 428-436, 2013.

STATSOFT, INC. **Statistica** (data analysis software system), version 10. 2010.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington DC: Consumer and Food Economics Research. Divison/Agricultural Service (Agriculture Handbook, 8), 1963.

WIRKIJOWSKA, A.; ZARZYCKI, P.; SOBOTA, A.; NAWROCKA, A.; Blicharz-KANIA, A.; ANDREJKO, D. The possibility of using by-products from the flaxseed industry

for functional bread production. **LWT – Food Science and Technology**, v. 118, p. 108860, 2020.

YEBOAH, S. O.; MITEI, Y. C.; NGILA, J. C.; WESSJOHANN, L.; SCHMIDT, J. Compositional and structural studies of the oils from two edible seeds: Tiger nut, *Cyperus esculentum*, and asiato, *Pachira insignis*, from Ghana. **Food Research International**, v. 42, n.2, p. 259-266, 2012.

ZAMBELLI, R. A. **Desenvolvimento de massas congeladas para a produção de pães contendo ingredientes funcionais**. 203 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

ZANNINI, E.; WATERS, D.M.; ARENDT, E.K. The application of dextran compared to other hydrocolloids as a novel food ingredient to compensate for low protein in biscuit and wholemeal wheat flour. **European Food Research and Technology**, v. 238, n. 5, p. 763-771, 2014.