



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

LUCIANA GAMA DE MENDONÇA

**UTILIZAÇÃO DE MALVARISCO (*Plectranthus amboinicus*) EM FORMULAÇÕES
DE PÃES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PARA APLICAÇÃO EM MASSAS
CONGELADAS**

FORTALEZA

2022

LUCIANA GAMA DE MENDONÇA

UTILIZAÇÃO DE MALVARISCO (*Plectranthus amboinicus*) EM FORMULAÇÕES DE
PÃES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PARA APLICAÇÃO EM MASSAS
CONGELADAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Doutorado.

Orientador: Prof.º Dr.º Rafael Audino Zambelli.
Coorientadora: Dr.ª. Maria do Socorro Rocha Bastos.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M495u Mendonça, Luciana Gama de.

Utilização de malvarisco (*Plectranthus amboinicus*) em formulações de pães e revestimentos comestíveis para aplicação em massas congeladas / Luciana Gama de Mendonça. – 2022.
109 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli.

Coorientação: Profa. Dra. Maria do Socorro Rocha Bastos.

1. Pão de forma. 2. Armazenamento. 3. Vida de prateleira. 4. Delineamento experimental. I. Título.
CDD 664

LUCIANA GAMA DE MENDONÇA

UTILIZAÇÃO DE MALVARISCO (*Plectranthus amboinicus*) EM FORMULAÇÕES DE
PÃES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PARA APLICAÇÃO EM MASSAS
CONGELADAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Doutorado.

Aprovada em: 24/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dr.º Rafael Audino Zambelli (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.ª Dr.ª Francisca Pereira de Moraes
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Prof.º Dr.º Luan Ícaro Freitas Pinto
Instituto Federal de Roraima – IFRR

Prof.ª Dr.ª Lucélia Kátia de Lima
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB

Dr.ª Paula Luciana Rodrigues de Sousa
Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará - (Nutec)

Dedico esse título a Diamantina Mendonça (*in memoria*) e Junislene Soares (*in memoria*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por sua infinita bondade e que em todos os momentos esteve comigo e em cada momento desafiador Ele foi minha força e meu amparo.

Aos meus pais que sempre me incentivaram a buscar crescimento pessoal, profissional e espiritual, além de serem a razão para minha melhoria constante. A minha irmã Natália que sempre trouxe uma palavra de conforto e até usando seu conhecimento de psicóloga para trazer alívio aos momentos de ansiedade e tensão. Aos meus sobrinhos Arthur, Pedro e Sofia, que trouxeram um carinho, um momento de descontração e me deram uma nova perspectiva para a vida. A minha irmã Denice agradeço pelas orações e pelo apoio.

A Universidade Federal do Ceará pela estrutura e pelos profissionais que ela dispõe para nos ensinar.

Ao professor Rafael Zambelli que durante todo esse caminho me orientou e contribuiu para meu desenvolvimento profissional. Agradeço a confiança depositada em mim durante esses anos de trabalho no Laboratório de Biomateriais Alimentícios, além da amizade que construímos ao longo do tempo. Aproveito e agradeço a sua esposa Bárbara Guerra que também foi uma pessoa que tive como apoio durante esse período. A vocês minha gratidão.

A Dr^a. Socorro Bastos que foi minha coorientadora e contribuiu tanto com o desenvolvimento desse trabalho, compartilhando sua experiência na área de desenvolvimento de revestimentos comestíveis. Agradeço por ter aberto as portas da EMBRAPA para colaborar com esse trabalho.

Aos membros da banca que são professores e doutores que tanto admiro, pois fizeram diferença na minha trajetória desde o tempo da graduação. Lucélia, Paula e Gleice agradeço pela amizade e por poder contar com vocês em todas as horas. Luan agradeço pela disponibilidade e amizade construída durante o período que trabalhamos juntos no Laboratório.

À Rejane por ter sido um apoio técnico e uma pessoa que me acolheu de uma forma tão maternal. Ao José Augusto que sempre esteve disponível a resolver todos os problemas que estavam a seu alcance. E ao secretário Paulo Mendes por toda ajuda e colaboração.

Aos alunos que durante toda essa longa jornada foram meu apoio e aqui cito alguns Lucas, Bárbara, Lurdes e Isadora. Agradeço pelas folhas de malvarisco plantadas, lavadas e trituradas, além da partilha de vida e de experiência. Um agradecimento à Adriana e a Nádyá que também colaboraram muito durante as análises realizadas.

Um agradecimento à Central Analítica da UFC, especialmente a Rosa, João e Marlos que nos auxiliaram tanto e podemos trazer as riquezas geradas pelas micrografias que ilustraram esse trabalho.

Aproveito para agradecer a todas as pessoas que passaram por mim durante toda a pós graduação, aqueles que trouxeram ajudas pontuais, aos que colaboraram positiva e negativamente, pois em todos os momentos tirei aprendizados. Além disso, foi nos momentos mais desafiadores que eu pude me superar.

“A terra produziu plantas, ervas que contêm semente segundo a sua espécie, e árvores que produzem frutos segundo a sua espécie, contendo o fruto a sua semente. E Deus viu que isso era bom.”

Gn 1, 12

RESUMO

O uso das técnicas de massas congeladas tem por finalidade melhorar a produção industrial de produtos de panificação, além de proporcionar a alguns empreendimentos redução de custo com maquinários e estrutura física. Mesmo diante de inúmeros benefícios que essa tecnologia traz, muitos estudos são realizados no intuito de minimizar os danos tecnológicos, como o aumento na velocidade de retrogradação do amido ou os danos a estrutura da rede de glúten, por exemplo, causados as massas durante o congelamento. O presente estudo teve por objetivo realizar uma análise comparativa entre dois tipos de massas congeladas (de -13° C a -18 °C) durante 60 dias, no primeiro foram elaboradas massas com adição do pó de malvarisco (*Plectranthus amboinicus*) e no segundo massas congeladas com revestimento elaborado com pó de malvarisco e amido modificado com ácido ascórbico. Inicialmente, foi realizado um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) para definir qual o melhor teor (5%; 7,5%; 10%; 12,5% e 15%.) de malvarisco na adição direta das massas a serem congeladas. Para elaboração do revestimento comestível foi realizado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com 4 ensaios fatoriais, 4 ensaios axiais e três repetições do ponto central, o que totalizaram 11 ensaios, assim o estudo foi realizado em 5 níveis que variam com os parâmetros do teor de adição de malvarisco e o teor de adição de ácido ascórbico para modificação do amido. Os parâmetros físicos de qualidade das massas congeladas foram estudados pelo período de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Após a avaliação dos resultados, foram escolhidos os ensaios 4 (com amido modificado com 2% de ácido ascórbico e 7,5% de adição de malvarisco) e 8 (com amido modificado com 2,2% de ácido ascórbico e adição de 6,25% de malvarisco), pois o primeiro variava na maior adição de malvarisco e o segundo na maior adição de ácido ascórbico no amido. O volume específico dos pães tratados com o ensaio 8 apresentaram melhores resultados quando comparados com os resultados do ensaio 4, assim todos os parâmetros que tinham influência do volume seguiram a mesma tendência. Desse modo, ao comparar os resultados das amostras com adição direta de malvarisco nas massas, com os resultados das amostras com revestimento comestível a base de malvarisco e amido modificado com ácido ascórbico, observou-se que os pães com revestimento se mostraram mais promissores na preservação das qualidades tecnológicas das massas congeladas por até 60 dias.

Palavras – chave: Pão de forma; armazenamento; vida de prateleira; delineamento experimental.

ABSTRACT

The use of frozen dough techniques aims to improve the industrial production of bakery products, in addition to providing some enterprises with a reduction in the cost of machinery and physical structure. Even in the face of the numerous benefits that this technology brings, many studies are carried out in order to minimize technological damage, such as an increase in the speed of starch retrogradation or damage to the structure of the gluten network, for example, caused by pasta during freezing. The present study aimed to carry out a comparative analysis between two types of frozen pasta (from -13°C to -18°C) during 60 days, in the first one pasta was prepared with the addition of malvarisco powder (*Plectranthus amboinicus*) and in the second frozen pasta coated with marshmallow powder and starch modified with ascorbic acid. Initially, a Completely Random Design (DIC) was carried out to define the best content (5%; 7.5%; 10%; 12.5% and 15%.) of malvarisco in the direct addition of the masses to be frozen. For the elaboration of the edible coating, the Central Rotational Composite Design (DCCR) was carried out with 4 factorial tests, 4 axial tests and three repetitions of the central point, which totaled 11 tests, so the study was carried out in 5 levels that vary with the parameters of the malvarisco addition content and ascorbic acid addition content for starch modification. The physical quality parameters of the frozen pasta were studied for a period of 0, 15, 30, 45 and 60 days. After evaluating the results, tests 4 (with starch modified with 2% ascorbic acid and 7.5% addition of malvarisco) and 8 (with starch modified with 2.2% ascorbic acid and addition of 6.25% of malvarisco), since the first varied in the highest addition of malvarisco and the second in the highest addition of ascorbic acid in the starch. The specific volume of breads treated with test 8 showed better results when compared to the results of test 4, so all parameters that had influence of volume followed the same trend. Thus, when comparing the results of the samples with the direct addition of malvarisco in the doughs, with the results of the samples with an edible coating based on malvarisco and starch modified with ascorbic acid, it was observed that the coated breads were more promising in terms of preservation. of the technological qualities of doughs frozen for up to 60 days.

Keywords: Loaf of bread; storage; shelf life; experimental design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização do sítio arqueológico (A) e sítio arqueológico (B).....	22
Figura 2	– Imagem da <i>Plectranthus amboinicus</i>	28
Figura 3	– Estrutura química do Timol e do seu isômero Carvacrol.....	29
Figura 4	– Estrutura química do diterpeno 7-acetoxi-6-hidroxiarilo.....	30
Figura 5	– Fluxograma da obtenção do pó do malvarisco.....	42
Figura 6	– Parâmetros de elipse truncada.....	44
Figura 7	– Pão adicionado de malvarisco com teor de 5%, 10% e 15%.....	48
Figura 8	– Microscopia Eletrônica de Varredura amostra PM3 e PM4.....	49
Figura 9	– Microscopia Eletrônica de Varredura amostra PM1.....	50
Figura 10	– Microscopia Confocal PM1; PM3; PM5.....	50
Figura 11	– Microscopia Confocal dos pães PM1 (A), PM2 (B), PM3 (C), PM4 (D).....	51
Figura 12	– Parâmetros de elipse truncada.....	56
Figura 13	– Fatia do pão com malvarisco sem congelamento e após 60 dias.....	63
Figura 14	– Miolo dos pães adicionados de malvarisco durante o período de análise.....	64
Figura 15	– Parâmetros de elipse truncada.....	73
Figura 16	– Micrografia confocal pão com revestimento Ensaio 4 e Ensaio 8.....	78
Figura 17	– Visualização dos alvéolos dos ensaios 1 (esquerda) e 2 (direita).....	80
Figura 18	– Superfície de Resposta e Curva de Contorno para a variável Fator de Expansão.....	81
Figura 19	– Micrografia mostrando o dano na rede do glúten em P8T30 e P4T45.....	82
Figura 20	– Superfície de Resposta e Curva de Contorno para a variável Volume Específico.....	83
Figura 21	– Superfície de Resposta e Curva de Contorno para a densidade dos pães..	84
Figura 22	– Comportamento do volume produzido em função do ácido ascórbico e do malvarisco.....	85
Figura 23	– Superfície de Resposta e Curva de Contorno para a variável número de alvéolos.....	86
Figura 24	– Imagens dos pães revestidos com os 11 tratamentos.....	87
Figura 25	– Superfície de Resposta e Curva de Contorno para a circularidade dos alvéolos.....	88

Figura 26	– Superfície de Resposta e Curva de Contorno para o índice de expansão dos pães.....	90
Figura 27	– Micrografia (A) P8 e (B) P4 congeladas por 15 dias.....	91
Figura 28	– Micrografia Confocal do pó de malvarisco.....	92
Figura 29	– Micrografia (A) P8T30 e (B)P4T45 com fissuras.....	93
Figura 30	– Micrografia confocal da amostra P4T60.....	93
Figura 31	– Miolo do pão P4 e P8 sem congelamento e após 60 dias congelado.....	94
Figura 32	– Micrografia das amostras P4 durante o congelamento (A) P4T15, (B) P4T30, (C) P4T45; (D) P4T60.....	95
Figura 33	– Micrografia das amostras P8 durante o congelamento (A) P8T15, (B) P8T30, (C) P8T45; (D) P8T60.....	96
Figura 34	– Comparação entre o pão adicionado de malvarisco com os revestidos.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Formulação de pão tipo forma.....	43
Tabela 2	– Parâmetros físicos da qualidade dos pães adicionados de malvarisco.....	48
Tabela 3	– Formulação do pão tipo forma adicionado de malvarisco.....	56
Tabela 4	– Propriedades físicas do pão adicionado de 5,0% de malvarisco produzido a partir de massa congelada por até 60 dias.....	62
Tabela 5	– Variáveis e níveis do planejamento experimental.....	71
Tabela 6	– Matriz do delineamento experimental com valores codificados e reais.....	71
Tabela 7	– Propriedades físicas dos pães produzidos pelos ensaios do DCCR.....	78
Tabela 8	– Propriedades físicas dos pães produzidos a partir de massas revestidas e armazenada sob congelamento por até 60 dias.....	91

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1	Pão	22
2.2	Farinha de Trigo	23
2.3	Água	24
2.4	Gordura	25
2.5	Açúcar	25
2.6	Fermento	26
2.7	Sal	26
2.8	<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.)	27
2.8.1	Aspectos botânicos, agronômicos e nomes populares	27
2.8.2	Compostos químicos	28
2.8.3	Ação Farmacológica	30
2.9	Produtos com alegação funcional	31
2.10	Tecnologia de Massas Congeladas	32
2.11	Revestimentos Comestíveis	33
3	PRODUÇÃO DE PÃES ADICIONADOS COM PÓ DE MALVARISCO (<i>Plectranthus amboinicus</i>)	41
3.1	Introdução	41
3.2	Material e método	41
3.2.1	Colheita do malvarisco	41
3.2.2	Elaboração do pó de malvarisco	41
3.2.3	Adição de <i>Plectranthus amboinicus</i> diretamente na formulação de pão	42
3.2.4	Análises de qualidade das massas e dos pães	43
3.2.4.1	<i>Avaliação do processo de fermentação</i>	43
3.2.4.2	<i>Volume específico</i>	44
3.2.4.3	<i>Densidade</i>	45
3.2.4.4	<i>Índice de expansão</i>	45
3.2.4.5	<i>Volume das massas produzido durante a fermentação</i>	46
3.2.4.6	<i>Análise da estrutura do miolo</i>	46
3.2.5	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Confocal	46

3.2.6	Análise estatística.....	48
3.3	Resultados e discussão.....	48
3.3.1	Ensaio Preliminares.....	48
3.4	Conclusão.....	52
4	AVALIAÇÃO DOS PÃES TIPO FORMA ADICIONADOS COM 5% DO PÓ DE MALVARISCO ARMAZENADOS DURANTE 60 DIAS SOB CONDIÇÕES DE CONGELAMENTO.....	54
4.1	Introdução.....	54
4.2	Materiais e métodos.....	55
4.2.1	Preparação das massas.....	55
4.2.2	Congelamento.....	55
4.2.3	Análise das propriedades físicas das massas.....	56
4.2.3.1	<i>Avaliação do processo de fermentação.....</i>	<i>56</i>
4.2.3.2	<i>Volume específico.....</i>	<i>57</i>
4.2.4.3	<i>Densidade.....</i>	<i>57</i>
4.2.4.4	<i>Índice de expansão.....</i>	<i>58</i>
4.2.4.5	<i>Volume das massas produzido durante a fermentação.....</i>	<i>58</i>
4.2.4.6	<i>Análise da estrutura do miolo.....</i>	<i>58</i>
4.2.4	Análises físico-químicas dos pães com adição de 5% do pó de malvarisco.....	59
4.2.4.1	<i>Umidade.....</i>	<i>59</i>
4.2.4.2	<i>Cinzas.....</i>	<i>59</i>
4.2.4.3	<i>Proteína.....</i>	<i>59</i>
4.2.4.4	<i>Lipídios.....</i>	<i>59</i>
4.2.4.5	<i>Carboidrato.....</i>	<i>60</i>
4.2.4.6	<i>Fibras Totais.....</i>	<i>60</i>
4.2.4.7	<i>Análise de pH.....</i>	<i>60</i>
4.2.4.8	<i>Acidez titulável.....</i>	<i>60</i>
4.2.5	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Confocal.....	60
4.2.6	Análise estatística.....	61
4.3	Resultados e discussão.....	61
4.3.1	Análises físico-químicas do pão com pó do malvarisco.....	61
4.3.2	Análises das propriedades físicas da massa dos pães com pó do	62

	malvarisco.....	
4.4	Conclusão.....	66
5	DESENVOLVIMENTO DOS REVESTIMENTOS ADICIONADOS DE MALVARISCO.....	70
5.1	Introdução.....	70
5.2	Materiais e método.....	70
5.2.1	Desenvolvimento do revestimento adicionado de malvarisco com amido modificado.....	70
5.2.2	Modificação do amido.....	71
5.2.3	Preparação do revestimento.....	71
5.2.4	Revestimento dos pães segundo DCCR.....	72
5.2.5	Revestimento dos pães otimizados pelo DCCR.....	72
5.2.6	Descongelamento das amostras.....	72
5.2.7	Análises de qualidade das massas e dos pães.....	73
5.2.7.1	<i>Avaliação do processo de fermentação.....</i>	<i>73</i>
5.2.7.2	<i>Volume específico.....</i>	<i>74</i>
5.2.7.3	<i>Densidade.....</i>	<i>74</i>
5.2.7.4	<i>Índice de expansão.....</i>	<i>74</i>
5.2.7.5	<i>Volume das massas produzido durante a fermentação.....</i>	<i>75</i>
5.2.7.6	<i>Análise da estrutura do miolo.....</i>	<i>75</i>
5.2.8	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Confocal.....	76
5.2.9	Análise estatística.....	76
5.3	Resultados e discussão.....	77
5.3.1	Análises dos ensaios do DCCR dos pães revestidos com pó do malvarisco.....	77
5.3.2	Fator de Expansão.....	80
5.3.3	Volume Específico.....	81
5.3.4	Densidade.....	83
5.3.5	Volume Produzido.....	84
5.3.6	Número de Alvéolos.....	85
5.3.7	Índice de Expansão.....	89
5.3.8	Congelamento do pão com os revestimentos do ensaio 4 e ensaio 8.....	90
5.4	Conclusão.....	97

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
	REFERÊNCIAS.....	101

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de massas congeladas tem sido cada vez mais utilizada pelos novos modelos de padarias, onde a necessidade de reduzir gastos com espaço, maquinário e mão-de-obra, ou pelo fato de desejar aumentar a produção diária direcionou ao uso das técnicas de congelamento para produtos panificáveis (ZAMBELLI, 2014). A evolução nos estudos relativos ao uso da tecnologia de massas congeladas busca uma solução para reduzir os danos às propriedades tecnológicas desses produtos, pois a rede do glúten pode ser muito danificada dependente de fatores, como a velocidade de congelamento e pela forma de descongelamento (ZAMBELLI, 2014). A soma desses fatores pode gerar pães com o miolo mais gomoso, pães menos macios, ocasionar problemas durante a fermentação e que fiquem retrogradados com maior velocidade quando comparados com pães que não passam pelo congelamento.

O pão é um dos produtos mais versáteis e que tem servido de base para aplicação de insumos que venham a enriquecê-lo, como Dimov *et al.* (2018) que utilizou ervas para estudar a influência dos fitoterápicos no conteúdo bioativo dos pães. Em seus estudos, Ranawana *et al.*, (2016a) avaliaram a qualidade de pães adicionados de beterraba e brócolis, onde tais vegetais e seus compostos bioativos contribuíram para aumentar a vida útil dos pães que foram formulados com adição de óleo vegetal. Já para os pães produzido sem adição de óleo, apontou que a beterraba continua apresentando ótimos resultados (RANAWANA *et al.*, 2016b).

Os alimentos funcionais, segundo a Resolução de Diretoria Colegiada RDC 18/19 de 1999, são aqueles que influenciam no desempenho do metabolismo, e fisiologicamente resultam em impacto no crescimento e desenvolvimento do organismo (BRASIL, 1999). O uso de produtos com alegação funcional é crescente em diversos campos da indústria de alimentos. Assim, a busca por uma alimentação mais saudável faz os consumidores escolherem produtos com ingredientes mais naturais ou com propriedades que vão além da função básica de nutrir, mas que atuem na prevenção de doenças como as cardiovasculares, o diabetes, ou no retardo do envelhecimento (VIANA *et al.*, 2017).

O uso de plantas medicinais ganha cada vez mais espaço no cotidiano de uma grande parcela da população brasileira, especialmente, do Norte e Nordeste do país. A cultura do uso de espécies vegetais para tratamento de doenças é advinda dos povos indígenas que utilizavam chás e infusões para o tratamento de diversas doenças (BADKE *et al.*, 2012).

A associação de medicina alternativa com o uso de plantas medicinais e outros fitoterápicos é reconhecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) desde 1978. Os

programas de saúde implementados na rede do Sistema Único de Saúde (SUS), como a Proposta de Política Nacional de Plantas Medicinais e Medicamentos Fitoterápicos do Ministério da Saúde, também são considerados grandes estimuladores de pesquisas na área (BRASIL, 2015; BRASIL, 2006).

Diante da diversidade de plantas com potencial medicinal, a *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng apresenta características agronômicas de fácil plantio e manutenção, além dos diversos estudos que destacam seu potencial farmacológico, como sendo antiepilético, antitumoral, antioxidante, antimutagênico, antimicrobiano e radioprotetor (GURGEL *et al.*, 2009b, CHANDRAPPA *et al.*, 2010, BHATT & NEGI, 2012, SHUBHA & BHATT, 2015). A inserção desses substratos em produtos alimentícios tem ganhado mais espaço no mercado e no meio científico.

O uso de revestimentos comestíveis é um importante aliado das indústrias alimentícias, pois colabora com a proteção dos alimentos aos ataques microbiológicos sem a necessidade de usar maior quantidade de conservantes e apresentam barreira contra a água. Assim, colaboram com a vida de prateleira dos produtos tanto pelo aspecto microbiológico, quanto pelo viés tecnológico (SARAIVA *et al.*, 2016; GALUS & KADZIŃSKA, 2015; WEN-XIAN *et al.*, 2011; APPENDINI & HOTCHKISS, 2002).

Assim, o presente estudo teve por objetivo analisar de forma comparativa dois tipos de massas congeladas (de -13° C a -18° C) por 60 dias, a primeira foi elaborada com adição direta de malvarisco (*Plectranthus amboinicus* Lour.) e a segunda foi imersa em revestimento elaborado com pó de malvarisco e amido modificado com ácido ascórbico em diferentes concentrações.

REFERÊNCIAS

APPENDINI, P; HOTCHKISS, J.H. Review of antimicrobial food packaging. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s.l.], v. 3, ed. 2, p 113-126.

BADKE, M. R.; BUDÓ, M. L. D.; ALVIM, N. A. T.; ZANETTI, G. D.; HEISLER, E. V. Saberes e práticas populares de cuidado em saúde com o uso de plantas medicinais **Texto & Contexto Enfermagem**, vol. 21, n. 2, 2012, pp. 363-370. Universidade Federal de Santa Catarina Santa Catarina, Brasil.

BHATT, P., NEGI, P. S. Antioxidant and antibacterial activities of Indian borage *Plectranthus amboinicus* leaf extracts. **Food Nutr. Sci.**, [s.l.], v. 3, pp. 146-152, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução n. 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas

para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos. Brasília, 1999c.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. *Resolução n. 19*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimento com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde em sua Rotulagem. Brasília, 1999d.

BRASIL. Ministérios da Economia, da Agricultura e do Mar e da Saúde. **Portaria n° 52**. Diário da República, 1.ª série — N.º 40 — 26 de fevereiro de 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. **A fitoterapia no SUS e o Programa de Pesquisa de Plantas Medicinais da Central de Medicamentos/** Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 148 p.

CHANDRAPPA, M.S., HARSHA, R., DINESHA, R., GOWDA, T.S.S. Atividade antibacteriana de folhas de *Coleus aromático*. **Int. J. Pharm. Pharm. Sci.**, [s.l.], 2, 2010, p. 63 – 66.

DIMOV, Ivan *et al.* Improvement of antioxidant potential of wheat flours and breads by addition of medicinal plants. **Ukrainian Food Journal**, [s.l.], v. 7, n. 4, p. 671-681, dez. 2018. National University of Food Technologies.

GALUS, S.; KADZIŃSKA, J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 45, n. 2, p.273-283, out. 2015.

GURGEL, A.P.A.D. *et al.* Antibacterial effects of *Plectranthus amboinicus* [Lour.] Spreng *Lamiaceae* in methicillin resistant *Staphylococcus aureus* MRSA. **Lat. Am. J. Pharm.**, [s.l.], v. 28, p. 460-464, 2009b.

RANAWANA, V. *et al.* Breads Fortified with Freeze-Dried Vegetables: Quality and Nutritional Attributes. Part 1. **Foods**, [s.l.], v. 5, n. 4, p.19-32, 14 mar. 2016 a.

RANAWANA, V. *et al.* Breads Fortified with Freeze-Dried Vegetables: Quality and Nutritional Attributes. Part II. **Foods**, [s.l.], v. 5, n. 4, p.62-76, 8 set. 2016 b.

SARAIVA, L. E. F. *et al.* Development and application of edible film of active potato starch to extend mini panettone shelf life. **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 73, p.311-319, nov. 2016.

SHUBHA, J. R.; BHATT, P. *Plectranthus amboinicus* leaves stimulate growth of probiotic *L. plantarum*: Evidence for ethnobotanical use in diarrhea. **Jornal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 166, p. 220-227, mai. 2015.

VIANA, M. R., *et al.* A racionalidade nutricional e sua influência na medicalização da comida no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 22, n. 2, p.447-456, fev. 2017.

Wen-Xian, D.; Avena-Bustillos, R.J.; Sui Sheng, T.H.; Tara, M. **Antimicrobial volatile essential oils in edible films for food safety** A. Mendez-Vilas (Ed.), Science against microbial pathogens: Communicating current research and technological advances, Formatex Research Center, Badajoz (2011), pp. 1124-1134.

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

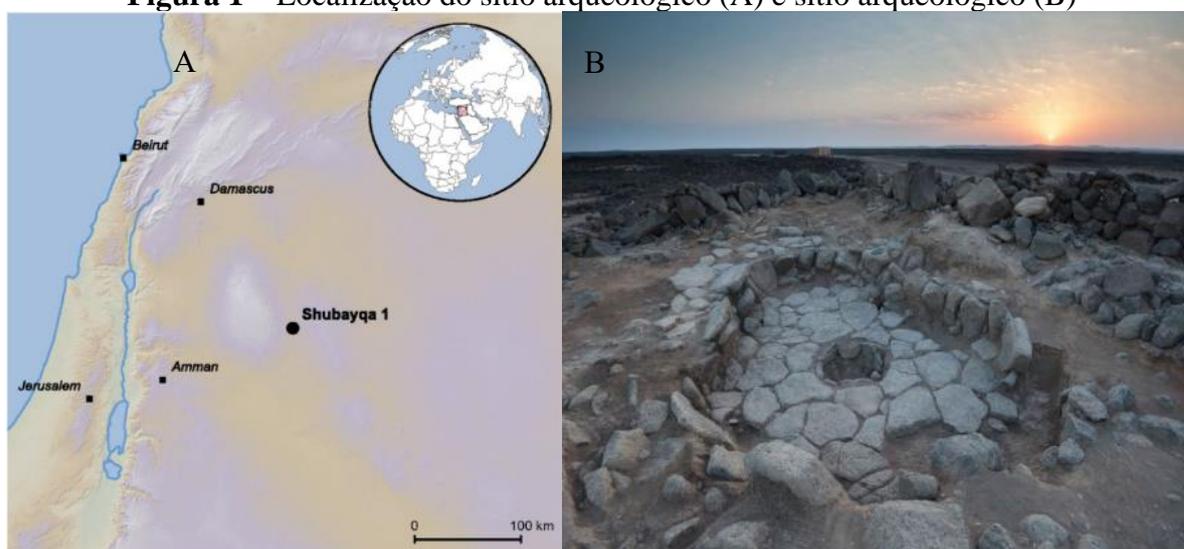
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pão

O pão é um produto que está presente na humanidade desde tempos muito remotos, desse modo, sua inserção na alimentação habitual da maior parte da população é marcante. Há indícios que a prática da panificação é oriunda do Oriente Médio e que no Egito tenha sido utilizado processo fermentativo ao deixar a mistura de água e farinha em descanso até a formação de bolhas, então após essa etapa a massa era assada em pedras quentes (DEWETTINCK *et al.*, 2008).

Pesquisadores descobriram no Deserto Negro (figura 1), localizado na parte nordeste da Jordânia, vestígios de pães que remontam a mais de 14.000 anos, em região próxima das lavouras de cultivo de trigo, chamado trigo domesticado, mas também, próximo a regiões de áreas de trigo e cevada selvagens, que se proliferavam naturalmente (ARRANZ-OTAEGUI *et al.*, 2018).

Figura 1 – Localização do sítio arqueológico (A) e sítio arqueológico (B)



Fonte: Arranz-Otaegui *et al.* (2018).

A legislação brasileira na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 263, de 22 de setembro de 2005, define como pão o produto obtido do uso de farinha de trigo (podendo ser adicionado de outras farinhas), uso de líquidos, podendo ou não ser produto de processos fermentativos e forneamento, além disso, existe a possibilidade do acréscimo de outros insumos. Apresentam-se em inúmeras formas, algumas versões com recheios e outras com coberturas e texturas variadas (BRASIL, 2005).

Semelhante a esta definição, a Portaria nº 52, de 26 de fevereiro de 2015, classifica o pão como produto da ação mecânica de amassamento, processo fermentativo e forneamento, de farinhas distintas de trigo, centeio, triticale, milho, entre outras ou de misturas, como disposto na legislação, água e fermento, podendo-se utilizar ou não sal, além de outros ingredientes que são permitidos pelas leis vigentes no país. A mesma legislação abordada conceitua diversos tipos de pães (BRASIL, 2015).

2.2 Farinha de Trigo

A farinha de trigo é um dos ingredientes mais importantes das massas de pães tradicionais. Existem diferentes tipos (Tipo I, Tipo II e Integral) o que depende da fração que foi extraída, além do seu conteúdo protéico. De acordo com as características desejadas, pode ser escolhido o tipo de farinha (ZAMBELLI, 2014; COSTA *et al.*, 2008).

A qualidade tecnológica das farinhas de trigo sofre influência do genótipo, da qualidade do solo, e de problemas fitossanitários, por exemplo. Segundo Felício *et al.* (2010), a qualidade da farinha está relacionada a resistência a doenças que atacam as plantas e das 18 amostras analisadas, apenas sete apresentaram parâmetros alveográficos e farinográficos que as identificaram como farinhas de excelente qualidade.

A fração da farinha mais utilizada é a branca que possui alto teor de amido, sendo composto por uma faixa em percentual de 70-75%, que está presente no endosperma do grão e o equivalente a 10% de proteína. A associação desses dois percentuais colabora para a qualidade da rede do glúten, (MIN *et al.*, 2017).

O constituinte em maior percentagem é o amido. Os grânulos de amido são formados por amilose e amilopectina. No trigo, o alto teor de amilose influencia nas propriedades mecânicas das massas, especialmente a capacidade de endurecimento destas, apontando uma relação entre o sinergismo da amilose e das proteínas da rede do glúten. Assim a microestrutura das massas é afetada, além de sua capacidade de absorção de água (MCCANN *et al.*, 2018).

As proteínas presentes nas farinhas de trigo possuem um papel de destaque na qualidade da rede do glúten, mas o teor de amilose influencia muito na qualidade da farinha de trigo (BOSMANS *et al.*, 2013a). Assim, pode interferir na textura, estabilidade e viscosidade dos produtos finais, e um dos fatores relacionados é a capacidade de absorção de água em farinhas que possuem alto teor de amilose (MORITA *et al.*, 2002). O tempo de exposição das massas ao calor influencia na retrogradação da amilopectina, que é a expulsão das moléculas

de água do interior do amido, e um conjunto dos outros fatores possibilitam maior ou menor firmeza do miolo (BOSMANS *et al.*, 2013b).

As frações proteicas da farinha de trigo estão divididas em solúvel (albuminas e globulinas) e insolúvel (gliadinas e gluteninas). A fração insolúvel é responsável pela rede de glúten, além disso, as gliadinas são pegajosas e dão a capacidade de extensibilidade às massas, já as gluteninas colaboram com a elasticidade (MORITA *et al.*, 2002).

Além dos estudos realizados nas frações descritas anteriormente foi observada a influência do farelo de trigo na qualidade tecnológica dos pães. Segundo Kaprelyants, Fedosov, Zhygunov (2013), que analisaram a qualidade tecnológica dos pães adicionados de farelo de trigo, o resultado das formulações adicionadas do farelo de trigo grosso foi mais satisfatório, quando comparado com as massas do farelo mais fino. As propriedades de cozimento das massas foram afetadas de forma proporcional ao aumento de farelo, no entanto, essa adição não deve passar de 11% (p/p).

2.3 Água

A função da água nas massas é de extrema importância, pois é a mistura de água com a farinha de trigo e a ação mecânica da amassadura que possibilita a formação da rede do glúten. Outros pontos importantes são a gelatinização do amido, controle de temperatura das massas e sua consistência. Além disso, ela é responsável pela solubilização dos outros componentes sólidos das formulações e atua como importante meio para facilitar a atividade das leveduras durante o processo de fermentação (CAUVAIN & YOUNG, 2009).

Segundo a Portaria nº 52, de 26 de fevereiro de 2015, dos Ministérios da Economia, da Agricultura e do Mar e da Saúde, os pães dos mais diversos tipos devem ser elaborados com água potável (BRASIL, 2015). E a definição para água potável segundo a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, é aquela que não oferece riscos à saúde, pois estão dentro dos padrões microbiológicos, químicos e físico-químicos aceitáveis pelas legislações vigentes (BRASIL, 2021).

O excesso e a escassez de água podem interferir de forma negativa nas qualidades tecnológicas das massas de pães, pois o excesso resulta em massas pegajosas e a escassez pode impactar na qualidade da fermentação (ZAMBELLI, 2014).

A importância da água nas massas também influencia na relação entre miolo e crosta, pois quanto mais crosta o pão tem, maior é a taxa de migração de água do miolo para

ela e para a atmosfera. Desse modo, além da retrogradação essa taxa de migração colabora para o endurecimento dos pães (MONTEAU *et al.*, 2017).

2.4 Gordura

A gordura está presente em pequenas frações do trigo de forma endógena e na formulação de pães é um ingrediente importante para alguns parâmetros como a textura, o sabor e internamente colabora com a fermentação. Das gorduras adicionadas, as sólidas ajudam a incorporar ar durante a mistura da massa do pão (PAREYT *et al.*, 2011).

Segundo CAUVAIN e YOUNG (2009), a ação lubrificante das gorduras na rede do glúten, a qual é encurtada, colabora para reduzir a coesão e interfere na expansão. Desse modo, a fermentação é impactada de forma positiva com a adição de gordura nas formulações de pães. Além de favorecer a retenção de gás carbônico, a maciez, umidade e aumentar a vida de prateleira do produto final.

Na literatura inúmeros trabalhos descrevem a interação dos lipídeos endógenos do trigo e da sua interação com as proteínas, com o grau de endurecimento dos grânulos de amido e da formação de uma película ao redor desse grânulo, fatos que contribuem de forma positiva ou não para a qualidade tecnológica dos pães elaborados com essas farinhas de trigo (SALT *et al.*, 2018; GERITS, PAREYT, DELCOUR, 2015; GERITS; PAREYT; DELCOUR, 2013; PAREYT *et al.*, 2011).

Para Moretto e Fett (1998), as gorduras saturadas são as mais ideais para usar na produção de massas sob o aspecto tecnológico, principalmente se tiverem cadeias de comprimento que variem entre 16-18, onde o ponto de fusão ocorre entre 55°C-60° C.

2.5 Açúcar

O açúcar é um ingrediente que pode ser usado em pouca ou nenhuma quantidade, dependendo do país, na elaboração de pães básicos. Alguns tipos de pães especiais e outros produtos fermentados podem utilizar até 15% do ingrediente em sua formulação. Age como substrato para o processo de fermentação e é essencial para que ocorram as reações de Maillard e caramelização. Assim, algumas características como a coloração e o aroma são resultadas dessas reações (CAUVAIN & YOUNG, 2009).

Por ser substrato na fermentação, o açúcar eleva a rapidez dessa etapa, assim também como, melhora alguns parâmetros como a maciez, coloração da crosta, retenção de

umidade no miolo e o sabor. Porém é necessário que esteja em concentrações que variem de 2 a 10%, pois valores superiores resultam em pães que esfalelam (CANELLA-RAWS, 2012).

2.6 Fermento Biológico

O processo fermentativo de pães utiliza leveduras que são obtidas das culturas do microrganismo *Saccharomyces cerevisiae*, popularmente conhecido como, fermento biológico, podendo ser encontrado na forma de barra ou seco, por exemplo (SHIMA; TAKAGI, 2009).

Para Fadda *et al.* (2010) a adição de massas já fermentadas no processo de elaboração de pães causa efeitos nas propriedades mecânicas das massas, ocorrendo a redução da rigidez da matriz e aumento da coesão.

Angioloni *et al.* (2008), em seus ensaios, alertam que o processo fermentativo em massas congeladas pode ser afetado, e esse tipo de massa são tendência no mercado para reduzir jornadas de trabalho, entre outros custos. Os atributos viscoelásticos positivos da massa podem sofrer danos mais intensos dependendo do tempo de armazenamento em temperaturas inferiores a zero.

Estudos comparando massas pré-fermentadas congeladas e massas fermentadas congeladas de Brasil *et al.* (2013), chegaram à conclusão que a pré-fermentação seguida do congelamento diminuiu a capacidade expansiva da massa. E que por estarem em maior atividade nas massas pré-congeladas, as leveduras se tornaram alvo de maiores danos na etapa de congelamento, desse modo, prejudicou a capacidade de formação de gás carbônico no interior da massa. A consequência desses danos às leveduras foi refletida nos parâmetros físicos de volume específico, densidade e fator de expansão.

2.7 Sal

O cloreto de sódio (NaCl) é um composto iônico que fornece o sabor salino aos alimentos. E a função desse ingrediente nas massas fermentadas é de atuar na regulação da fermentação, pois sem adição de sal, essa etapa aconteceria de forma muito acelerada. Assim, ele regula a velocidade da fermentação evitando que todo o substrato seja consumido rapidamente, o que causaria perdas na qualidade do pão (NARCISO, 2015; MATTOS, 2010). Além disso, por influenciar nos gradientes de concentração intra e extracelular dos microrganismos, permite a produção de ácidos e outros componentes que colaboram com o sabor, aroma e cor da crosta (ALMEIDA, CHANG, 2012; CAUVAIN & YOUNG, 2009).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda constantemente a redução da quantidade de sódio nos alimentos, tendo em vista que é crescente o número de pessoas que desenvolvem problemas de hipertensão.

Dessa forma, estudos vêm sendo realizados no intuito de reduzir e em alguns casos até substituir o NaCl em pães. Bassett *et al.* (2014), analisou a substituição parcial de NaCl por cloreto de cálcio e verificou a redução na extensibilidade das massas adicionadas de cloreto de cálcio, além do aumento da dureza na crosta superior e diminuição na crosta inferior. Esses autores identificaram que as massas com essa adição interferiram na cor da crosta, as quais ficaram mais claras, assim como o miolo. Tecnicamente, a substituição em até 80% é aceitável, mas para manter a aceitabilidade do produto pelos consumidores o ideal é a substituição máxima de 50%, na qual os danos são menores (BASSETT *et al.*, 2014).

Smith *et al.* (2017) em seus estudos envolvendo massas de pães para celíacos, concluíram que o NaCl pode danificar a estrutura da proteína zeína quando em concentrações médias, mas não apresenta danos a essa estrutura protéica quando em baixas concentrações. Antúnez *et al.* (2018) observaram que a substituição parcial de NaCl por KCl em até 30% não afetou muito a aceitação sensorial, mas em substituições de 40%, o sal substituído alterou as características organolépticas e deixou o produto com sabor amargo, metálico e diferente do habitual.

2.8 *Plectranthus amboinicus* (Lour.)

2.8.1 Aspectos botânicos, agronômicos e nomes populares

A *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng é uma planta da família Lamiaceae, do gênero *Plectranthus*, onde estão classificadas mais de 300 espécies entre anuais e perenes. É uma planta suculenta importante por suas propriedades medicinais de aroma atrativo e agradável para o consumo (ARUMUGAM, SWAMY, SINNIAN, 2016).

Esta erva (Figura 2) tem origem nas ilhas Amboin, Nova Guiné, apresenta folhas com lobos arredondados e forma deltóides, espessas e pilosas (MATOS, 2007). Encontrada na África, Ásia e Austrália, as espécies deste gênero são consumidas tanto na alimentação, quanto no tratamento de doenças respiratórias e de pele (LUKHOBAN *et al.*, 2006). Na cultura popular essa espécie botânica é conhecida por diversos nomes como malva, malvaíscio, malvariço, malvarisco, hortelã-grande e hortelã-da-folha-grossa (MATOS, 2007).

Figura 2 – Imagem da *Plectranthus amboinicus*



Fonte: internet

Para Matos (2002), a planta se apresenta em pequenos arbustos, folhas grandes, muito aromática, e não tem produção de flores em regiões quentes, mas quando disseminadas em lugares de clima serrano, as flores se desenvolvem. É uma planta muito cultivada na região Nordeste do Brasil. O mesmo autor relata que a *Plectranthus amboinicus* é de fácil plantio, assim, com galhos recém colhidos é possível replicar a planta sem dificuldades, estando o solo sempre bem adubado e com irrigação adequada.

Segundo a OMS, o uso de medicamentos à base de plantas medicinais abrange uma grande parcela da população mundial. A justificativa para 80% da população fazer uso de tais plantas é por apresentarem viabilidade econômica, facilidade no acesso às plantas ou aos fitoterápicos e pelos efeitos colaterais que são menores quando comparados com os proporcionados por outros tipos de drogas medicamentosas (ARUMUGAM, SWAMY, SINNIHAH, 2016; SWAMY, SINNIHAH, 2015).

2.8.2 Compostos químicos

Análises fitoquímicas vêm sendo realizadas pelo mundo e alguns componentes químicos importantes estão presentes na sua estrutura independente do lugar onde a planta é colhida, mas as concentrações destes variam. Alguns componentes encontrados, além do óleo essencial, são os flavonóides (apigenina, crisoeriol, cirsimarítina, eriodictiol, luteolina, quercetina, entre outros) e a mucilagem (MATOS, 2007).

O óleo essencial da *Plectranthus amboinicus* é muito estudado a nível mundial, por ser uma planta de grande importância dentre as plantas medicinais (SANTOS *et al.*, 2015). E

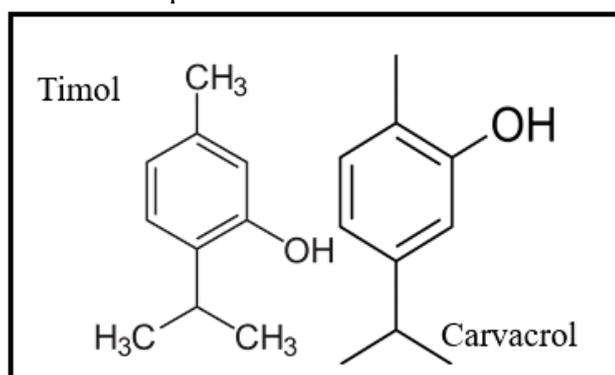
como afirma Bakkali *et al.* (2008), o óleo essencial apresenta na sua composição monoterpenos, sesquiterpenos e seus derivados oxigenados, como os álcoois, aldeídos e fenóis.

Os monoterpenos são isolados de plantas e de microrganismos marinhos. Apresentam as características de volatilidade e odor pungente em grande intensidade, desse modo, são os componentes responsáveis pelo aroma em plantas. Os sesquiterpenos são a maior classe de terpenos presentes na natureza, algumas estruturas possuem grupos receptores reativos para nucleófilos, o que explica sua atividade antimicrobiana e antitumoral, mas é necessário cuidado com esses terpenos por apresentarem elevada toxicidade para mamíferos (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997).

Para Matos (2007), pode existir a presença de mucilagem do tipo arabinogalactana. Esse polissacarídeo pode exercer função na modulação do sistema imunológico, agindo de forma positiva contra os processos inflamatórios, especialmente, das mucosas da via respiratória e digestiva (SEYFRIED *et al.*, 2016).

Existem relatos na literatura que este óleo é utilizado em fármacos e para conservação de alimentos (COSSOLOSO, 2013; OSKUEE, BERRAVAN & RAMEZANI, 2011; BAKKALI *et al.*, 2008). A ação antimicrobiana do óleo essencial dessa planta ocorre pela ação dos compostos timol e carvacrol (figura 3), que atacam a parede celular dos microrganismos, expondo o conteúdo de ácidos nucleicos intracelulares (Lambert *et al.*, 2001).

Figura 3 – Estrutura química do Timol e do seu isômero Carvacrol



Fonte: internet.

Dos monoterpenos que são encontrados no malvarisco destacam-se o carvacrol [2-metil-5-(1-metiletil) - fenol] e seu isômero o timol [5-metil-2-(1-metiletil) - fenol]. Estes monoterpenos são biossintetizados partindo do γ -terpineno e do ρ -cimeno (NOSTRO & PAPALIA, 2012). A diferença estrutural de ambos (figura 3) está na posição do grupo hidroxila no anel fenólico (Lambert *et al.*, 2001).

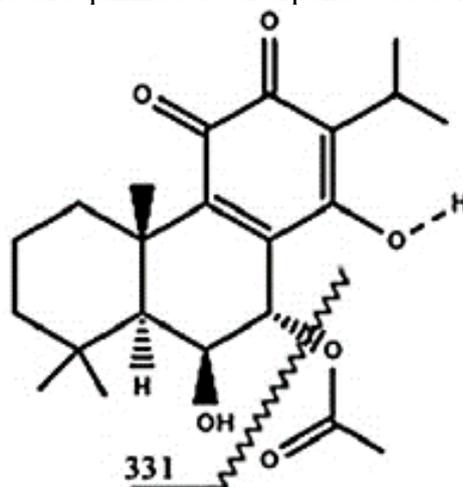
O timol se apresenta em forma de cristais grandes e incolores ou em forma de pó cristalino, podendo passar por uma sublimação micro. Por ser hidrossolúvel não é muito utilizado, mesmo apresentando atividade antifúngica e antibacteriana (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997).

2.8.3 Ação Farmacológica

O malvarisco é tema de estudos por todo mundo e segundo Chiu *et al.* (2012) foi comprovada a ação analgésica e antiinflamatória em estudos utilizando o extrato aquoso da planta, o que foi associado a presença de carvacrol, pois os testes *in vivo* demonstraram a redução da inflamação e do edema induzidos pela carragenina. Anteriormente, testes realizados *in vivo* por Palini *et al.* (2010) apresentaram atividade nefroprotetora e antioxidante em ratos.

Para Yulianto *et al.* (2016) a ação citotóxica da *P. amboinicus* contra células de adenocarcinoma de mama (MCF-7) foi eficiente e, principalmente, a fração concentrada do diterpeno 7-acetoxi-6-hidroxiarilo (figura 4) contribuiu efetivamente para esta ação citotóxica. Também foram identificados nessa fração isolada a presença de outros componentes que colaboraram de forma sinérgica para essa bioatividade (GURGEL *et al.*, 2009a).

Figura 4 – Estrutura química do diterpeno 7-acetoxi-6-hidroxiarilo



Fonte: Yulianto *et al.* (2016).

Outras ações relatadas por inúmeros autores estão associadas ao tratamento de doenças das vias respiratórias como asma, bronquite, inflamações na garganta, no combate a tosse e rouquidão (ARUMUGAM, SWAMY, SINIAH, 2016; MATOS, 2007). Também existem relatos sobre as atividades antitumorais, diurética, antiepilética, entre outras ações que continuam sendo estudadas dos mais diversos tipos de extratos dessa erva, pois existem cerca

de 76 compostos voláteis que estão associados a ação farmacológica (SWAMY *et al.*, 2017; SULAIMAN; DEEPAK; BALACHANDRAN, 2018).

Nos ensaios de Vijayakumar *et al.* (2015), os nanocompostos de óxido de zinco em extrato da folha apresentaram atividade na inibição do crescimento de *Staphylococcus aureus* e ação larvicida.

2.9 Produtos com alegação funcional

A legislação brasileira preconiza que os alimentos podem ter dois tipos de alegação. A primeira é a alegação de propriedade funcional, a qual está relacionada ou com a ação metabólica ou fisiológica que o composto (seja nutriente ou não nutriente) tem com relação ao crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano. A segunda alegação é a de propriedade de saúde, que sugere a relação entre o alimento/ingrediente com doença ou condições de saúde (BRASIL, 1999d).

Os instrumentos legais que regulamentaram os alimentos funcionais são as resoluções do Ministério da Saúde, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), ANVISA/MS 16/99; ANVISA/MS 17/99; ANVISA/MS 18/99; ANVISA/MS 19/99 (BRASIL, 1999a; BRASIL, 1999b; BRASIL, 1999c).

Produtos panificáveis são muito utilizados para estudos de adição de ingredientes com alegação funcional e muitos estudos são desenvolvidos visando encontrar o ponto de equilíbrio entre o percentual de adição de ingredientes funcionais e as qualidades tecnológicas do pão. Diante deste cenário, diversas pesquisas científicas vêm sendo realizadas para avaliar produtos formulados com insumos com esse potencial funcional, especialmente, para analisar a quantidade e biodisponibilidade de compostos bioativos após o processo de cocção (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2017; VILLELA-CASTREJÓN; ACOSTA-ESTRADA; GUTIÉRREZ-URIBE, 2017; DUEÑAS *et al.*, 2016).

A farinha de feno-grego foi adicionada em pães, onde constatou-se uma resposta positiva no tratamento de diabetes tipo 2. Essa semente não era muito utilizada pelo forte e amargo sabor, mas uma formulação patenteada foi desenvolvida de forma que resultou no produto final com boa palatabilidade (LOSSO *et al.*, 2009).

Nos ensaios de Singh *et al.* (2012), a incorporação de *Asparagus racemosus* (Willd.) em massas de pães acarretou na presença de produtos fitoquímicos como alcaloides, esteroides, terpenóides e saponinas.

Os estudos de Gökşen & Ekiz (2016), foram realizados com a adição da planta medicinal *Prunus mahaleb* e os autores constataram que essa incorporação resultou em massas com menor viscosidade quanto maior fosse o percentual de adição, mas que a velocidade de retrogradação reduzia quanto maior era a presença da planta. Schmiele *et al.* (2017) adicionaram hidrolisados protéicos e frutooligossacádídeos para estudar a reologia das massas obtidas dessa adição. Os autores concluíram que os pães elaborados apresentaram tanto volume específico quanto firmeza semelhantes ao pão controle.

2.10 Tecnologia de Massas Congeladas

O crescente número de padarias que utilizam a tecnologia de massas congeladas se deve a redução de custos com estrutura, maquinário, mão-de-obra e com a possibilidade do aumento de produtividade. Mas é necessário que o uso dessa tecnologia seja analisado, pois a manutenção da cadeia do frio também gera custos elevados e o aprimoramento dessa técnica deve ser realizado para redução dos custos de produção e armazenamento (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

As massas congeladas devem ser elaboradas em menor temperatura que as convencionais, pois é necessário um retardo no metabolismo das leveduras, de modo que a produção de gás carbônico seja diminuída ao máximo (HALAGARDA, 2017). A água gelada, geralmente, é utilizada no processo de obtenção da massa, pois as leveduras entram em estado de torpor e se tornam mais resistentes à etapa de congelamento e a possibilidade de ter mais células de leveduras viáveis após o descongelamento dessas massas é maior (CAUVAIN e YOUNG, 2009).

Estudos são desenvolvidos com a finalidade de reduzir os danos provocados pelo congelamento nas massas de pães. O desenvolvimento de revestimentos comestíveis tem sido um importante aliado para a redução dos danos como a redução de volume, qualidade do miolo, da crosta e dos outros parâmetros físicos de qualidade dessas massas. Para Galvão *et al.* (2018b), o desenvolvimento de revestimento adicionado de tomate em pó e amido modificado com ácido ascórbico, contribuiu para as qualidades tecnológicas dos pães revestidos. A presença do ácido colaborou para a expansão do pão, o que foi confirmado com o aumento do volume específico dos produtos finais.

Aplicação de outras técnicas estão sendo estudadas com a finalidade de preservar as massas congeladas dos danos gerados pela formação dos cristais de gelo, como observado por Zhou *et al.* (2022) no seu estudo sobre aplicação de campo magnético estático, onde as massas

foram congeladas em freezer de campo magnético. Os resultados obtidos foram promissores, pois essa tecnologia colaborou durante a passagem da massa pela zona máxima de formação dos cristais de gelo havendo uma inibição do seu crescimento (ZHOU *et al.*, 2022). E Wang *et al.* (2016) analisaram a influência da arabinose extraída com água em massas congeladas. Os resultados indicaram que o ingrediente colaborou com a manutenção da qualidade do pão durante o período de 60 dias de armazenamento.

No trabalho realizado por Luo *et al.* (2018) foi observado que o uso de alguns aditivos colaborou na manutenção tanto das qualidades reológicas quanto nas termofísicas, além disso, as leveduras se mantinham mais estáveis e sua tolerância ao congelamento foi essencial para o bom desenvolvimento das massas. Outro ponto importante foi que, com o aprimoramento das técnicas de congelamento, a formação dos cristais de gelo não afetou com intensidade a qualidade das massas. Tao *et al.* (2018) observaram o sinergismo que ocorre na massa com adição de alguns aditivos, colabora na manutenção das propriedades tecnológicas e organolépticas em massas refrigeradas.

Sasano *et al.* (2012) desenvolveram estudos relativos ao aumento de compostos como a prolina nas cepas de leveduras e o resultado foi que as cepas geraram leveduras mais resistentes ao processo de congelamento, assim as características físicas e demais parâmetros de qualidade do pão foram preservados após o congelamento.

2.11 Revestimentos Comestíveis

Os revestimentos comestíveis são uma alternativa para melhorar o tempo de vida útil de diversos tipos de frutas e vegetais. São formulados a partir de insumos comestíveis, geralmente, biopolímeros como as gomas e amidos, apresentam a função de oferecer barreiras contra a umidade e o oxigênio (CHAKRAVARTULA *et al.*, 2019).

A aplicação dos revestimentos se dá em finas camadas nos produtos desejados com a função de oferecer barreira contra a umidade e o oxigênio, por exemplo. Na literatura são encontradas aplicações mais voltadas para frutas e vegetais frescos, com a finalidade de prolongar o *shelf life*, assim, com a vida de prateleira maior tem até uma redução de desperdício, além dos outros benefícios financeiros para toda a cadeia produtiva. Desse modo, o revestimento deve ter propriedades mecânicas e hidrofóbicas adequadas que ofereçam uma permeabilidade baixa ao vapor de água (CHIUMARELLI, HUBINGER, 2014; MARELLI *et al.*, 2016).

Eom *et al.* (2018) desenvolveram um revestimento para bolos de arroz e os resultados demonstraram que a retrogradação do amido foi desacelerada, reduzida a perda de umidade, além de colaborar com a capacidade de retenção de água. Ao comparar os bolos revestidos com os não revestidos, a qualidade tecnológica e as propriedades físicas sofreram menos perdas.

O uso de revestimentos comestíveis está ganhando cada vez mais espaço na utilização em produtos panificáveis, especialmente para os produtos que utilizam a tecnologia de massas congeladas. Além do aumento de vida de prateleira, a adição de compostos com alegação funcional transfere ao pão efeito antimicrobiano e antioxidante (CHAKRAVARTULA *et al.*, 2019).

No estudo de Chen *et al.*, (2021) foi realizada a aplicação de revestimento comestível com a finalidade de modificar as propriedades da crosta do pão para reduzir a perda de umidade durante o armazenamento. E foi observado que o revestimento formulado com cera, por ser mais hidrofóbico e com menor permeabilidade ao vapor de água, apresentou-se mais eficiência na propriedade de barreira a perda de umidade do pão e, conseqüentemente, reduziu o endurecimento do miolo.

Os compostos utilizados na formulação de revestimentos são diversos, como amido modificado com ácido ascórbico (GALVÃO *et al.*, 2018a), subprodutos de manga (TORRES-LEÓN *et al.*, 2018), farinha de berinjela (NOURADDINI; ESMAILI; MOHTARAMI, 2018), mesocarpo de babaçu (MANIGLIA *et al.*, 2017), uso do corante de cúrcuma (MANIGLIA *et al.*, 2015; MANIGLIA *et al.*, 2014) e mucilagem de quiabo (ARAÚJO *et al.*, 2018). Desse modo, a aplicação de revestimento comestível é uma solução promissora para resolver problemas tecnológicos, como das massas congeladas que podem ser preservadas no processo de criogenia, durante o armazenamento dos panificáveis, reduzindo a velocidade da retrogradação do amido, ou contribuindo para aumentar sua vida de prateleira.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K. Influence of different enzymes during the frozen storage of pre-baked French bread elaborated with whole-wheat flour. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s.l.], v. 67, n. 2, p. 38-45, 2012.

ANGIOLONI, A. *et al.* Small and large deformation tests for the evaluation of frozen dough viscoelastic behaviour. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 87, n. 4, p.527-531, ago. 2008.

ANTÚNEZ, L. *et al.* Partial replacement of NaCl with KCl in bread: Effect on sensory characteristics and consumer perception. **Journal of Sensory Studies**, [s.l.], v. 33, n. 5, p.12441-12453, 19 jul. 2018.

ARAÚJO, Antonio *et al.* Okra mucilage and corn starch bio-based film to be applied in food. **Polymer Testing**, [s.l.], v. 71, p.352-361, out. 2018.

ARRANZ-OTAEGUI, A., *et al.* Archaeobotanical evidence reveals the origins of bread 14,400 years ago in northeastern Jordan. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s.l.], v. 115, n. 31, p.7925-7930, 31 July 2018

ARUMUGAM, G.; SWAMY, M. K.; SINNIHAH, U. R. *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng: Botanical, Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance. **Molecules**, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 369, 30 mar. 2016.

BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, [s.l.], v. 46, n. 2, p. 446-475, fev. 2008.

BASSETT, M. N. *et al.* Development of Bread with NaCl Reduction and Calcium Fortification: Study of Its Quality Characteristics. **Journal of Food Quality**, [s.l.], v. 37, n. 2, p.107-116, 4 mar. 2014.

BRASIL, D. L. *et al.* Análises Discriminativas de características sensoriais entre diferentes formulações de pães. **Higiene Alimentar**, v. 27, p. 444-447, 2013.

BRASIL. Ministérios da Economia, da Agricultura e do Mar e da Saúde. **Portaria n° 52**. Diário da República, 1.ª série. N.º 40. 26 de fevereiro de 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução n. 16**, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes. Brasília, 1999a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. *Resolução n. 17*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco e Segurança dos Alimentos. Brasília, 1999b.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. *Resolução n. 18*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos. Brasília, 1999c.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. *Resolução n. 19*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimento com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde em sua Rotulagem. Brasília, 1999d.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM n° 888 de 4 de maio de 2021**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL. Resolução **RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o "Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos", constante do Anexo desta Resolução. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005.

BOSMANS, G. M. *et al.* Biopolymer Interactions, Water Dynamics, and Bread Crumb Firming. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 61, n. 19, p.4646-4654, 30 abr. 2013a.

BOSMANS, G. M. *et al.* The impact of baking time and bread storage temperature on bread crumb properties. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 141, n. 4, p.3301-3308, dez. 2013b.

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

CAUVAIN & YOUNG, 2009, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da Panificação**. Barueri, São Paulo: Ed. Manole, 2009. 418 p.

CHAKRAVARTULA, S. S. N. *et al.* Evaluation of drying of edible coating on bread using NIR spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 240, p.29-37, jan. 2019.

CHEN, Y.; Gavaliatsis, T.; Kuster, S.; Städeli, C.; Peter, F.; Windhab, E. J. "Crust Treatments to Reduce Bread Staling." **Current Research in Food Science**, [s.l.], v. 4, p. 182-90, mar 2021.

CHIU, YUNG-JIA *et al.* Analgesic and Antiinflammatory Activities of the Aqueous Extract from *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. Both In Vitro and In Vivo. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, [s.l.], v. 2012, p.1-11, 2012.

CHOULITOU DI, E. *et al.* Antimicrobial and antioxidant activity of *Satureja thymbra* in gilthead seabream fillets edible coating. **Food and Bioproducts Processing**, [s.l.], v. 100, p.570-577, out. 2016.

COSTA, M. G.; SOUZA, E. L.; STAMFORD, T.L.M.; ANDRADE, S.A.C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n. 1, p. 220-225, mar. 2008.

COSSOLOSSO. D. **Atividades leishmanicida e antioxidante dos óleos essenciais de plantas encontradas no nordeste brasileiro**. Fortaleza, 2000. 93f. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza-Ce, 2013.

DEWETTINCK, K., *et al.* Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v 48, p 243-257, 2008.

DUEÑAS, M., *et al.* Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 66, p.72-78, mar. 2016.

EOM, H. *et al.* Development of a starch/gum-based edible coating for rice cakes to retard retrogradation during storage. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 97, p.516-522, nov. 2018.

FADDA, C. *et al.* Impact of sourdough, yeast and gluten on small and large deformation rheological profiles of durum wheat bread doughs. **European Food Research And Technology**, [s.l.], v. 231, n. 3, p.431-440, 5 jun. 2010.

FELÍCIO, J. C.; CAMARGO, C. E. O.; CHAVES, M. S.; FILHO, A. W. P. Potencial produtivo, resistência à ferrugem da folha e qualidade industrial da farinha em genótipos de trigo. **Bragantia** [online]. 2010, v. 69, n. 4, pp. 787-795.

GALVÃO, A. M. M. T. *et al.* Edible coating based on modified corn starch/tomato powder: Effect on the quality of dough bread. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 89, p.518-524, mar. 2018a.

GALVÃO, A. M. M. T. *et al.* Coating development with modified starch and tomato powder for application in frozen dough. **Food Packaging And Shelf Life**, [s.l.], v. 16, p.194-203, jun. 2018b.

GERITS, L. R.; PAREYT, B.; DELCOUR, J. A. Wheat starch swelling, gelatinization and pasting: Effects of enzymatic modification of wheat endogenous lipids. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 63, n. 1, p.361-366, set. 2015b.

GERITS, L. R.; PAREYT, B.; DELCOUR, J. A. Single run HPLC separation coupled to evaporative light scattering detection unravels wheat flour endogenous lipid redistribution during bread dough making. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 53, n. 2, p.426-433, out. 2013.

GÖKŞEN, G.; EKİZ, H. İ. Effect of *Prunus mahaleb* Seed Powder on Dough Rheology and Bread Quality. **Journal of Food Quality**, [s.l.], v. 39, n. 5, p. 436-444, 26 ago. 2016.

GURGEL, A. P. A. D. *et al.* In vivo study of the anti-inflammatory and antitumor activities of leaves from *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng (*Lamiaceae*). **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 125, n. 2, p.361-363, set. 2009a.

HALAGARDA, Michał. Effects of trehalose and dough additives incorporating enzymes on physical characteristics and sensory properties of frozen savory Danish dough. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 86, p.603-610, dez. 2017.

YULIANTO, W. *et al.* HPLC-based metabolomics to identify cytotoxic compounds from *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng against human breast cancer MCF-7 Cells. **Journal Of Chromatography B**, [s.l.], v. 1039, p.28-34, dez. 2016.

KAPRELYANTS, L.; FEDOSOV, S.; ZHYGUNOV, D. Baking properties and biochemical composition of wheat flour with bran and shorts. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 93, n. 14, p.3611-3616, 14 ago. 2013.

LAMBERT, R.J.W.; SKANDAMIS, P.N.; COOTE, P.; NYCHAS, G.J.E. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal Applied Microbiology**, [s.l.], 91, 453-462, 2001.

LÓPEZ-MARTÍNEZ, L. X., *et al.* Effect of cooking and germination on bioactive compounds

in pulses and their health benefits. **Journal of Functional Foods**, [s.l.], v. 38, p.624-634, nov. 2017. Elsevier BV.

LOSSO, J. N. *et al.* Fenugreek Bread: A Treatment for Diabetes Mellitus. **Journal of Medicinal Food**, [s.l.], v. 12, n. 5, p.1046-1049, out. 2009.

LUKHOBBA, C.W.; SIMMONDS, M. S. J.; PATON, A. J. Plectranthus: a review of ethnobotanical uses. **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 103, p. 1-24, 2006.

LUO, W. *et al.* Improving freeze tolerance of yeast and dough properties for enhancing frozen dough quality - A review of effective methods. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 72, p.25-33, fev. 2018.

MANIGLIA, B.C. *et al.* Development of bioactive edible film from turmeric dye solvent extraction residue. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 56, n. 2, p.269-277, maio 2014.

MANIGLIA, B.C. *et al.* Turmeric dye extraction residue for use in bioactive film production: Optimization of turmeric film plasticized with glycerol. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 64, n. 2, p.1187-1195, dez. 2015.

MCCANN, T.H. *et al.* High amylose wheat starch increases the resistance to deformation of wheat flour dough. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 79, p.440-448, jan. 2018.

MATOS, F. J. de A. **Farmácias Vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetado para pequenas comunidades**. 4ª ed. Fortaleza - Editora UFC, 2002.

MATOS, F. J. de A. **Plantas medicinais: guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil**. 3ª ed. Fortaleza - Editora UFC, 2007.

MATTOS, C. **Desenvolvimento de pão fonte de fibras a partir do bagaço de malte**. 2010. 41 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MIN, B. *et al.* Effects of Cultivar and Nitrogen Nutrition on the Lipid Composition of Wheat Flour. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 65, n. 26, p.5427-5434, 26 jun. 2017.

MONTEAU, Jean-Yves *et al.* Water transfer in bread during staling: Physical phenomena and modelling. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 211, p.95-103, out. 2017.

MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. 1ª ed. São Paulo: Editora Varela, 1998.

MORITA, N. *et al.* Dough and Baking Properties of High-Amylose and Waxy Wheat Flours. **Cereal Chemistry Journal**, [s.l.], v. 79, n. 4, p.491-495, jul. 2002.

NARCISO, D. R. **Valorização de subprodutos da indústria arroseira para desenvolvimento de uma Mix isenta de glúten para bases de pizza**. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) - Universidade de Lisboa, Portugal, 2015.

NOSTRO, A.; PAPALIA, T. Antimicrobial Activity of Carvacrol: Current Progress and Future Prospectives. **Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 28-35, 1 maio 2012b.

NOURADDINI, M.; ESMAILI, M.; MOHTARAMI, F. Development and characterization of edible films based on eggplant flour and corn starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 120, p.1639-1645, dez. 2018.

OSKUEE, R.K., BERRAVAN, J. & RAMEZANI, M. Chemical composition, antimicrobial activity and antiviral activity of essential oil of *Carum copticum* from Iran. **Avicenna Journal of Phytomedicine**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 83-90, 8 ago. 2011.

PALANI, S., RAJA, S., NARESH, R., KUMAR, B. S. Evaluation of nephroprotective, diuretic, and antioxidant activities of *Plectranthus amboinicus* on acetaminophen-induced nephrotoxic rats. **Toxicology Mechanisms and Methods**, [s.l.], v. 20, n. 4, p. 213-221, 2010.

PAREYT, B. *et al.* Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 54, n. 3, p.266-279, nov. 2011.

ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Farmacognosia e Farmacobiotechnologia**. São Paulo: Editorial Premier, 1997. 372 p.

SALT, L. J. *et al.* Intrinsic wheat lipid composition effects the interfacial and foaming properties of dough liquor. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 75, p.211-222, fev. 2018.

SANTOS, N. *et al.* Assessing the Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oils from Brazilian Plants—*Eremanthus erythropappus* (Asteraceae), *Plectrantuns barbatus*, and *P. amboinicus* (Lamiaceae). **Molecules**, [s.l.], v. 20, n. 5, p. 8440-8452, mai. 2015.

SASANO, Yu *et al.* Simultaneous accumulation of proline and trehalose in industrial baker's yeast enhances fermentation ability in frozen dough. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, [s.l.], v. 113, n. 5, p.592-595, maio 2012.

SCHMIELE, M. *et al.* Mixolab™ for rheological evaluation of wheat flour partially replaced by soy protein hydrolysate and fructooligosaccharides for bread production. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 76, p.259-269, mar. 2017.

SEYFRIED, M. *et al.* Pectinas de plantas medicinais: características estruturais e atividades imunomoduladoras. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.201-214, mar. 2016.

SHIMA, J.; TAKAGI, H. Stress-tolerance of baker's-yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cells: stress-protective molecules and genes involved in stress tolerance. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, [s.l.], v. 53, n. 3, p.155-164, 29 maio 2009.

SINGH, N. *et al.* Enhancement of the functionality of bread by incorporation of Shatavari (*Asparagus racemosus*). **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v. 51, n. 9, p.2038-2045, 22 maio 2012.

SMITH, B. M. *et al.* Effect of Salt and Ethanol Addition on Zein-Starch Dough and Bread Quality. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 82, n. 3, p.613-621, 2 fev. 2017.

SULAIMAN, C.T.; DEEPAK, M.; BALACHANDRAN, I. Spectrophotometric and tandem mass spectroscopic analysis of Indian borage (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.) for its polyphenolics characterization. **Beni-suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, [s.l.], p.1-13, 25 abr. 2018.

SWAMY, M. K.; ARUMUGAM, G.; KAUR, R.; GHASEMZADEH, A.; YUSOFF, M. M.; SINNIAH, U. R. GC-MS Based Metabolite Profiling, Antioxidant and Antimicrobial Properties of Different Solvent Extracts of Malaysian *Plectranthus amboinicus* Leaves. **Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine**, [s.l.], v. 2017, p. 1-10, 2017. Hindawi Limited.

SWAMY, M., & SINNIAH, U. A Comprehensive Review on the Phytochemical Constituents and Pharmacological Activities of *Pogostemon cablin* Benth.: An Aromatic Medicinal Plant of Industrial Importance. **Molecules**, [s.l.], v. 20, n. 5, p. 8521-8547, 2015.

TAO, H. *et al.* Optimization of additives and their combination to improve the quality of refrigerated dough. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 89, p.482-488, mar. 2018.

TORRES-LEÓN, C. *et al.* Edible films and coatings based on mango (var. Ataulfo) by-products to improve gas transfer rate of peach. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 97, p.624-631, nov. 2018.

VILLELA-CASTREJÓN, J.; ACOSTA-ESTRADA, B. A.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A. Microencapsulation of Corn Wastewater (Nejayote) Phytochemicals by Spray Drying and Their Release Under Simulated Gastrointestinal Digestion. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 82, n. 7, p.1726-1734, 9 jun. 2017.

VIJAYAKUMAR, S. *et al.* *Plectranthus amboinicus* leaf extract mediated synthesis of zinc oxide nanoparticles and its control of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* biofilm and blood sucking mosquito larvae. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, [s.l.], v. 137, p.886-891, fev. 2015.

WANG, P. *et al.* Impact of water extractable arabinoxylan from rye bran on the frozen steamed bread dough quality. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 200, p.117-124, jun. 2016.

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

ZHOU, H.; JIN, Y.; HONG, T.; YANG, N.; CUI, B.; XU, X.; JIN, Z. Effect of static magnetic field on the quality of frozen bread dough. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 154, p. 112670, jan. 2022. Elsevier BV.

3. Produção de pães adicionados com pó de malvarisco (*Plectranthus amboinicus*)

3.1 INTRODUÇÃO

O pão vem sendo muito estudado ao longo do tempo, assim, estão sendo desenvolvidas muitas pesquisas com a finalidade de adicionar ingredientes que tornem esse produto ainda mais rico sob a perspectiva da saudabilidade. No estudo de Baczek *et al.* (2020), observaram a redução do índice glicêmico em pães de aveia e trigo sarraceno, o que torna esse produto necessário para o público que têm diabetes e outras doenças endocrinológicas relacionadas.

A adição de plantas medicinais é outra solução que oferece produtos ricos em compostos bioativos, como observado por Dimov *et al.* (2018) ao adicionar um mix de ervas verificou o aumento de fenólicos totais e antioxidante nos pães. O mesmo estudo aponta os benefícios de usar fontes naturais de antioxidantes para enriquecer a nutrição humana, pois possuem teores significativos de minerais, vitaminas, aromatizantes e antioxidantes. O malvarisco é uma planta medicinal que foi estudada por Swamy *et al.* (2017), e comprovou a eficácia dos seus compostos bioativos no tratamento de diversas doenças, desse modo, apresenta grande potencial para aplicação.

O objetivo foi otimizar o estudo e definir qual concentração de malvarisco poderia ser adicionada, de modo que trouxesse benefícios tecnológico para as massas que foram utilizadas para o estudo presente.

3.2 Material e método

3.2.1 Colheita do malvarisco

As folhas foram colhidas manualmente no período matutino no Horto de Plantas Medicinais da UFC, campus do Pici, Fortaleza - Ce. As folhas foram submetidas a triagem e passaram por processo de lavagem e higienização. Para continuidade do estudo, mudas produzidas pelo horto, e gentilmente cedidas, foram plantadas sob condições semelhantes, com a finalidade de multiplicar a plantação e ter oferta de folhas suficiente para todo o estudo.

3.2.2 Elaboração do pó de malvarisco

O pó de malvarisco foi elaborado seguindo o fluxograma apresentado na figura 5, onde após a coleta das folhas, foi realizada no Horto da UFC a etapa de higienização em água

corrente, no Laboratório de Biomateriais Alimentício. Em seguida, as folhas frescas passaram por congelamento rápido -80°C no ultracongelador (modelo MDF-U33V, marca Sanyo), e após 24 horas foram liofilizadas (liofilizador piloto, marca Liobras) do Laboratório de Processamento Agroindustrial (LAP) da EMBRAPA. Foram triturados em processador doméstico, peneirados na peneira de 42 *mesch* para padronizar a granulometria e armazenados em potes de vidro hermeticamente fechados e mantidos a temperatura ambiente.

Figura 5 – Fluxograma da obtenção do pó do malvarisco



Para realização do presente trabalho foi utilizada a infraestrutura de vários laboratórios. São eles: Laboratório de Biomateriais Alimentício e Laboratório de Secagem no Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, Laboratório de Processamento Agroindustrial (LAP) e com Laboratório de Embalagens, ambos da Embrapa Agroindústria Tropical, Central Analítica no Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ce, Brasil.

3.2.3 Adição de *Plectranthus amboinicus* diretamente na formulação de pão

Os pães foram elaborados seguindo formulação básica conforme a metodologia de Gragnani (2010) e adaptada por Zambelli (2014), descrita na Tabela 1. A aquisição dos ingredientes foi realizada no comércio local da cidade de Fortaleza- CE.

Tabela 1 – Formulação de pão tipo forma

Ingredientes	Formulação Controle	Adição de pó do Malvarisco				
	Proporção (%)	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5
Farinha de trigo	100	100	100	100	100	100
Água	58	58	59	59	60	60
Açúcar	5	5	5	5	5	5
Fermento biológico	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Gordura Vegetal	3	3	3	3	3	3
Sal	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Pó de Malvarisco	-	5	7,5	10	12,5	15

Fonte: Autor.

Todos os ingredientes utilizados foram pesados em balança semi-analítica OHAUS AR2140. O método utilizado para a formulação das massas foi o direto. Os ingredientes foram submetidos a homogeneização na misturadora LIEME-BP 06 durante 1 minuto em baixa velocidade, em seguida foi adicionada a água e misturada por 3 minutos em velocidade média, por último foi adicionado o sal e a massa foi misturada em alta velocidade por 6 minutos até o seu completo desenvolvimento.

Os ensaios preliminares foram realizados com a adição do pó de malvarisco nas formulações dos pães nas seguintes concentrações: pão com 5% de malvarisco (PM1), 7,5% (PM2), 10% (PM3), 12,5% (PM4) e 15% (PM5).

As massas foram formuladas com cerca de 300 g e colocadas em formas de folha galvanizada de ferro de chapa única para pão 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, aproximadamente.

As formulações foram submetidas a análises físicas e químicas de acordo com a *Association of Cereal Chemists* (AACC) e *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC).

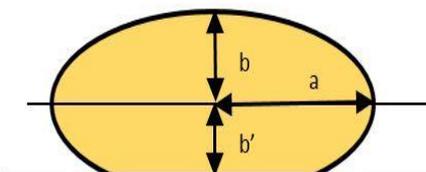
3.2.4 Análises de qualidade das massas e dos pães

3.2.4.1 Avaliação do processo de fermentação

A avaliação da expansão das massas durante o processo de fermentação foi realizada adotando o procedimento experimental de Perfil Livre de Expansão optado por Gabric *et al.* (2011). As massas foram consideradas como elipse truncadas (Figura 6). A cada 10 minutos as massas foram medidas as dimensões de altura e comprimento com régua milimetradas. Vale ressaltar que as massas da análise do Perfil Livre de Expansão, foram

colocadas em formas de alumínio com dimensões de 30 cm x 30 cm, desse modo, foi possível sua livre expansão sem barreiras que oferecessem alguma restrição dimensional.

Figura 6 – Parâmetros de elipse truncada



Fonte: Adaptado de Gabric *et al.* (2011)

O volume das massas para cada tempo de medição foi calculado utilizando a fórmula da elipse e sua rotação em torno do eixo y, conforme equação 1.

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

Onde:

a = largura da elipse (cm);

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

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

O fator de expansão do volume (cm³) (VEF), foi calculado com a equação 2.

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

Onde:

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

V₀ = Volume inicial da massa (cm³).

3.2.4.2 Volume específico

Os pães tiveram as massas determinadas em triplicata, utilizando uma balança semi-analítica e expressas em gramas. O volume deslocado dos pães foi medido usando um *becker* de vidro com volume de 2000 mL e com semente de painço foi aferida a tara. Parte das sementes

foi substituída pela amostra de pão e o volume completado até a borda, onde o nivelamento foi realizado com auxílio de régua. As sementes remanescentes, correspondentes ao volume deslocado pela amostra, foram colocadas em proveta graduada de 1000 mL, expressando o resultado em mL.

Para o volume específico (VE) foi obtido do cálculo da divisão do volume deslocado (VD) do pão (mL) pela massa da amostra (M) em gramas, observando o método n° 72-10 da AACC (2000), como demonstrado na equação 3:

$$VE = \frac{VD}{M} \quad (3)$$

3.2.3.3 Densidade

A densidade foi calculada, em três repetições, através da relação inversa a do volume deslocado, como descrito no volume específico, de acordo com a equação 4.

$$Densidade \left(\frac{g}{mL} \right) = \frac{Massa \ da \ amostra \ assada}{Volume \ deslocado} \quad (4)$$

3.2.3.4 Índice de expansão

O cálculo do índice de expansão foi adaptado por Zambelli (2014) para pães tipo forma, da metodologia usada por Silva *et al.* (2003), que utilizou o cálculo em pão de queijo. As esferas foram boleadas nesse formato para serem medidos o diâmetro e a altura com o uso da régua milimetrada. No presente estudo foram realizadas análises em triplicata, onde o Índice de Expansão (IE) dos pães foi calculado através da equação 5:

$$\text{Índice de Expansão (IE)} = \frac{\frac{(D_p + H_p)}{2}}{\frac{(D_m + H_m)}{2}} \quad (5)$$

Onde:

D_p = Diâmetro dos pães após o forneamento (cm)

H_p = Altura dos pães após o forneamento (cm)

D_m = Diâmetro das massas moldadas (cm)

H_m = Altura das massas moldadas (cm).

3.2.3.5 Volume das massas produzido durante a fermentação

Para essa análise foram utilizadas amostras da massa com 15 gramas, aproximadamente, foram colocadas em provetas de 100 mL previamente higienizadas para obter as medidas dos volumes das massas durante o processo de fermentação, sob temperatura de $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ com 70% de umidade relativa, durante duas horas. O cálculo do volume produzido (ΔV) foi obtido da diferença entre o volume final produzido, depois de duas horas de fermentação, e o volume inicial da massa na proveta. As medidas foram obtidas em triplicata e os resultados foram apresentados em mL.

3.2.3.6 Análise da estrutura do miolo

As estruturas dos miolos dos pães foram avaliadas através 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 900 x 900 pixels. A análise das imagens foi realizada com o software Image J® 1.47v (National Institute of Health, USA). Em seguida foram salvas como arquivos em formato de jpeg e cortadas para um campo de vista de 900 x 900 mm. As imagens capturadas foram convertidas para 8-bit em tons de cinza, onde foi realizada a limiarização por meio do algoritmo de Otsu. Desse modo, foi possível obter o número de alvéolos, área, perímetro e circularidade dos poros.

3.2.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Confocal

As amostras foram analisadas morfológicamente no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) modelo (INSPECT S50 com uma baixa energia de 10KV) e QUANTA FEG da Central Analítica da Universidade Federal do Ceará, Departamento de Física. As amostras foram desidratadas em estufa de circulação de ar forçado, em finas fatias para ter superfície adequada para a análise. Posteriormente, foram dispostas em fita de carbono e afixadas nos *stubs*, e posteriormente metalizadas com fina camada de ouro, pois as amostras testadas não eram boas condutoras de energia. A superfície foi digitalizada usando ampliação entre 500 x e 1000 x.

As análises no Microscópio Confocal (LM710) foram realizadas nas amostras tanto de pão adicionado do pó de malvarisco quanto nos pães revestidos para analisar em quais

bandas os compostos apresentam fluorescência, assim, os compostos presentes foram identificados. Sistema de imagem Leica TCS SP com objetivos $16 \times 0,5$ IMM PL / PLUOT AR e $40 \times 1,00-0,05$ óleo).

3.2.6 Análise estatística

O modelo seguido para adição em pães foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), onde foram previamente determinados os percentuais de 5%, 7,5%, 10%, 12,5% e 15 % de adição do pó de malvarisco.

A análise estatística aplicada para tratar e avaliar os dados foi a Estatística descritiva clássica (média aritmética, desvio padrão, coeficiente de variação, máximo, mínimo, assimetria e curtose). A verificação da normalidade dos dados para as distribuições de medidas nas variáveis dos tratamentos foi realizada por meio dos testes de simetria e curtose, teste de Shapiro-Wilk e o teste de Kolmogorov e Smirnov, tendo como ponto de partida para análise dos histogramas de frequência.

Conforme Montgomery (2012), os histogramas de frequência são um breviário estruturado dos dados em análise que propiciam a visualização das distribuições de frequências e rendem cerca de 50 informações relativas à forma, localização e variabilidade dos dados, assim é possível determinar o centro e a dispersão dos dados.

Analisando a normalidade dos dados, por meio das ferramentas, já citadas anteriormente, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) que analisou se ocorrem diferenças significativas entre os tratamentos, ao nível de 5% de significância. E as diferenças encontradas foram avaliadas pelo teste de médias de Tukey.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Ensaio

Os pães formulados com adição de malvarisco foram analisados quanto aos parâmetros físicos de qualidade, como expresso na tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros físicos da qualidade dos pães adicionados de malvarisco

Amostras	Volume Específico (mL/g)	Densidade (g/mL)	Volume Produzido (mL)	Fator de Expansão (cm ³)	Índice de Expansão	Número de Alvéolos	Circularidade
PM1	2,47 ^a ±0,12	0,40 ^e ±0,01	24,00 ^a ±0,15	3,31 ^a ±0,05	1,24 ^a ±0,04	901 ^a ±7,00	0,908 ^a ±0,01
PM2	2,04 ^b ±0,01	0,48 ^d ±0,01	17,00 ^b ±0,19	2,73 ^b ±0,06	1,08 ^b ±0,02	816 ^b ±7,00	0,873 ^b ±0,01
PM3	1,89 ^c ±0,06	0,52 ^c ±0,01	13,83 ^c ±0,28	2,03 ^c ±0,05	0,98 ^c ±0,02	781 ^c ±3,00	0,846 ^c ±0,01
PM4	1,99 ^d ±0,06	0,50 ^b ±0,01	10,70 ^d ±0,52	1,73 ^d ±0,16	0,80 ^d ±0,05	697 ^d ±4,00	0,814 ^d ±0,01
PM5	1,80 ^e ±0,05	0,55 ^a ±0,01	9,50 ^d ±0,30	1,63 ^d ±0,10	0,68 ^e ±0,05	649 ^e ±6,00	0,791 ^e ±0,01

¹Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras, ao nível de 5% de significância.

Os resultados referentes ao volume específico apresentaram diferenças significativas para todas as quantidades de malvarisco adicionadas em formulação. O maior valor foi observado para a inclusão de 5,0%, obtendo 2,47 mL*g⁻¹ de volume específico. Verificou-se que à medida em que a quantidade de malvarisco foi sendo adicionada, houve redução do volume dos pães, como pode ser observado na figura 7, onde é possível perceber a diferença do miolo dos pães de acordo com o aumento da adição do pó de malvarisco.

Figura 7 – Pão adicionado de malvarisco com teor de 5%, 10% e 15%

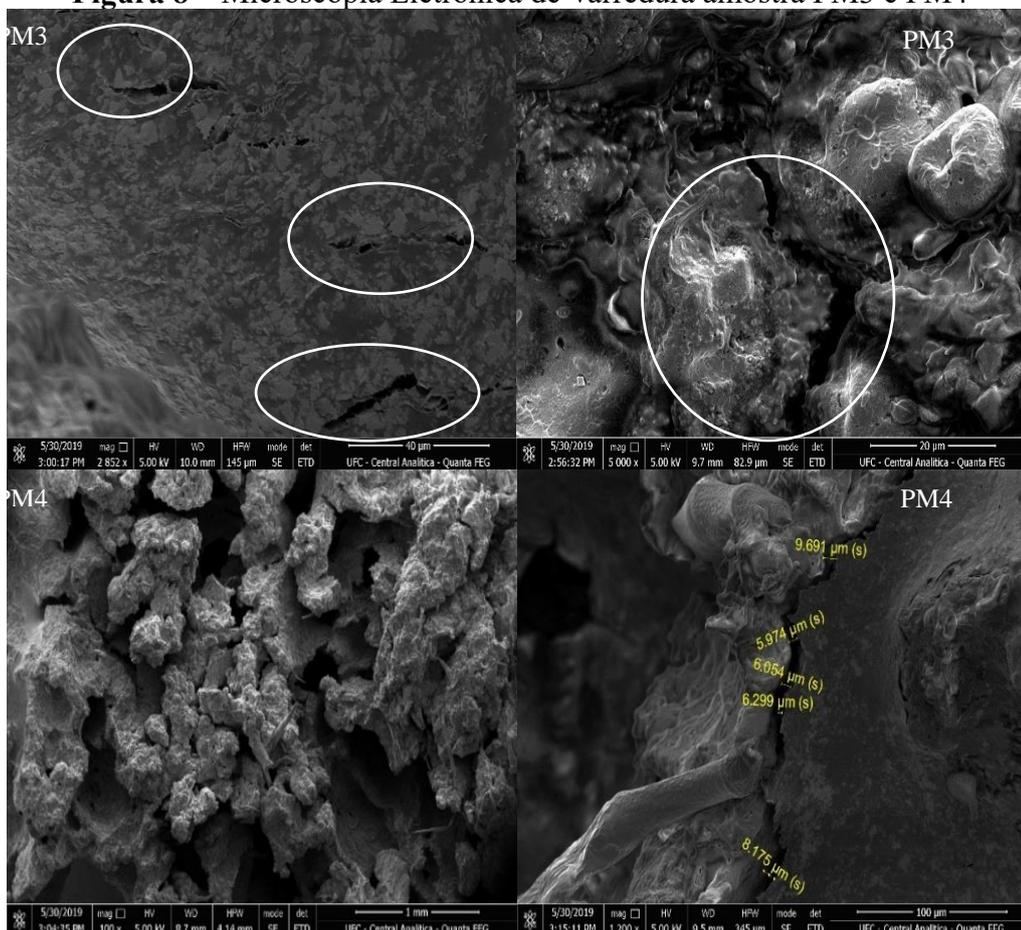
Fonte: Autor

Este resultado era esperado uma vez que, em sua composição, o malvarisco apresenta teor de fibras e de minerais, portanto, quanto maior a quantidade de malvarisco adicionado, maior foram os danos ocasionados à rede do glúten. Segundo DÖRING *et al.* (2015), a adição de produtos ricos em fibra pode afetar a rede formação da rede protéica, pois podem competir pela água, assim gera uma desordem no meio e enfraquecem a rede do glúten.

Estes danos promoveram pequenas fissuras na rede e permitem a passagem de gás carbônico produzido durante a fermentação, desta forma, a massa tem capacidade reduzida de expansão que reflete no volume e na densidade dos pães. Por ter sido detectada uma relação direta, o pão adicionado de 15% de malvarisco obteve o menor volume específico (1,80 mL*g⁻¹) e o maior valor de densidade (0,55 g*mL⁻¹). Foi possível observar os danos promovidos pelas

maiores concentrações de malvarisco, de modo que na figura 8 a micrografia apresenta como a massa do pão adicionado de 10% e 12,5% de malvarisco sofreu danos estruturais e é possível observar as fissuras produzidas.

Figura 8 – Microscopia Eletrônica de Varredura amostra PM3 e PM4



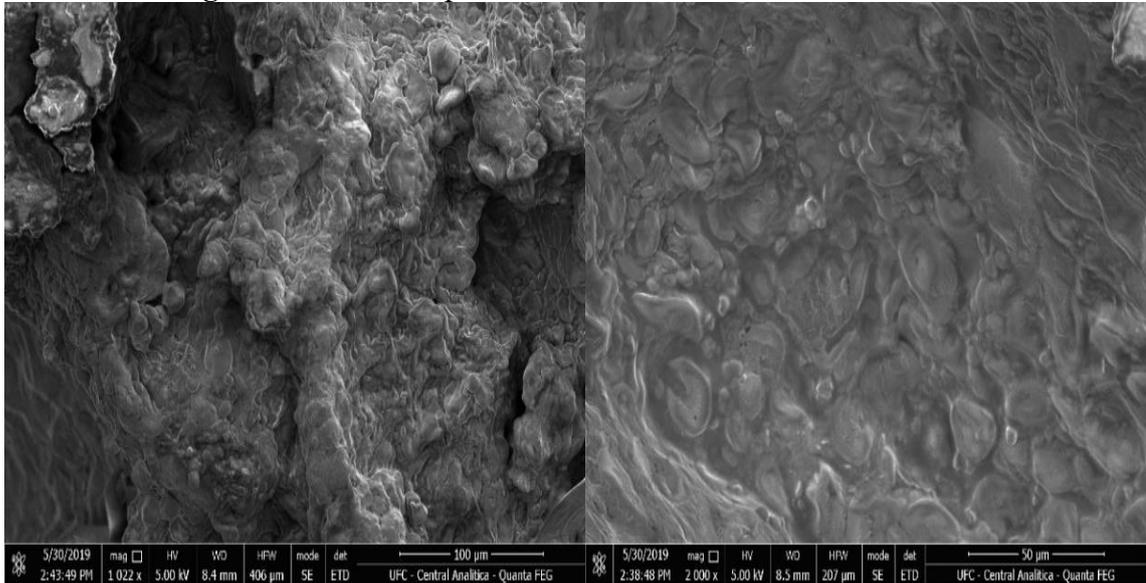
Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2019

Comportamento semelhante também foi observado para as demais propriedades físicas dos pães, uma vez que todas elas são dependentes da capacidade fermentativa da massa e da propriedade de retenção gasosa. Para o volume produzido foram observadas diferenças significativas entre as amostras, com exceção dos pães adicionados de 12,5% e 15,0%.

Para o fator de expansão das massas, o pão adicionado de 5,0% de malvarisco obteve o melhor resultado, atingindo valor superior a 3,00 cm³, o que demonstra elevada capacidade fermentativa e de expansão durante o processo. Este resultado também corrobora para uma estimativa indireta da capacidade de elasticidade da massa e integridade da rede de glúten, uma vez que houve grande expansão e retenção do gás. Fator este, que também foi identificado para o índice de expansão dos pães. Nas micrografias da figura 9 foi observado que a massa do pão com adição de 5% de malvarisco permaneceu uniforme, sem fissuras aparentes,

assim, consolidou os resultados obtidos nas análises físicas de fermentação.

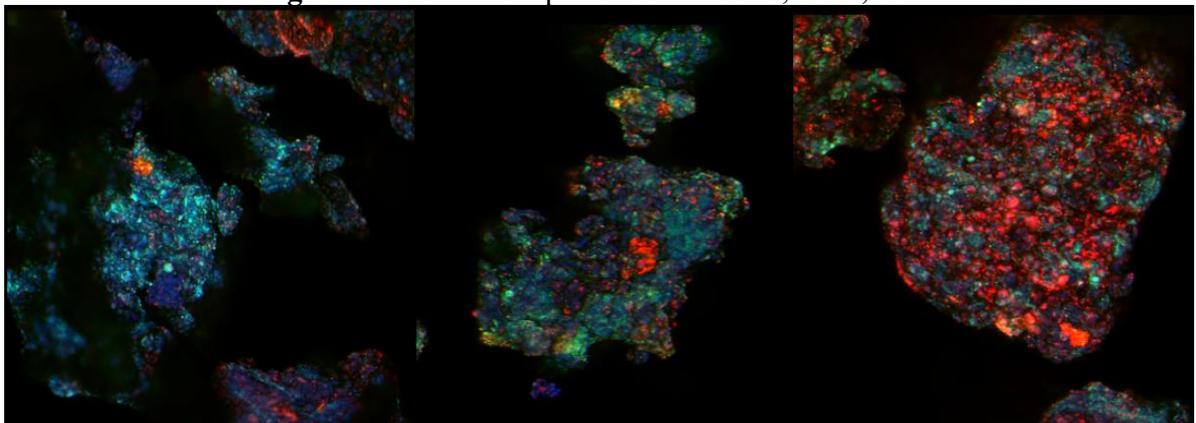
Figura 9 – Microscopia Eletrônica de Varredura amostra PM1



Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2019

A influência da composição do malvarisco, referente ao seu teor de fibras e minerais, na rede do glúten pode enfraquecê-la, facilitando a ocorrência das fissuras na estrutura do pão. Assim, todos os parâmetros que possuem influência direta com o volume serão afetados. Na figura 10 foi observada a incorporação do pó do malvarisco nas formulações PM1, PM3 e PM5, respectivamente, e em vermelho, que é no espectro referente a clorofila presente na planta, dessa forma pode identificar a presença do pó em maior intensidade, de acordo com o teor de adição.

Figura 10 – Microscopia Confocal PM1; PM3; PM5

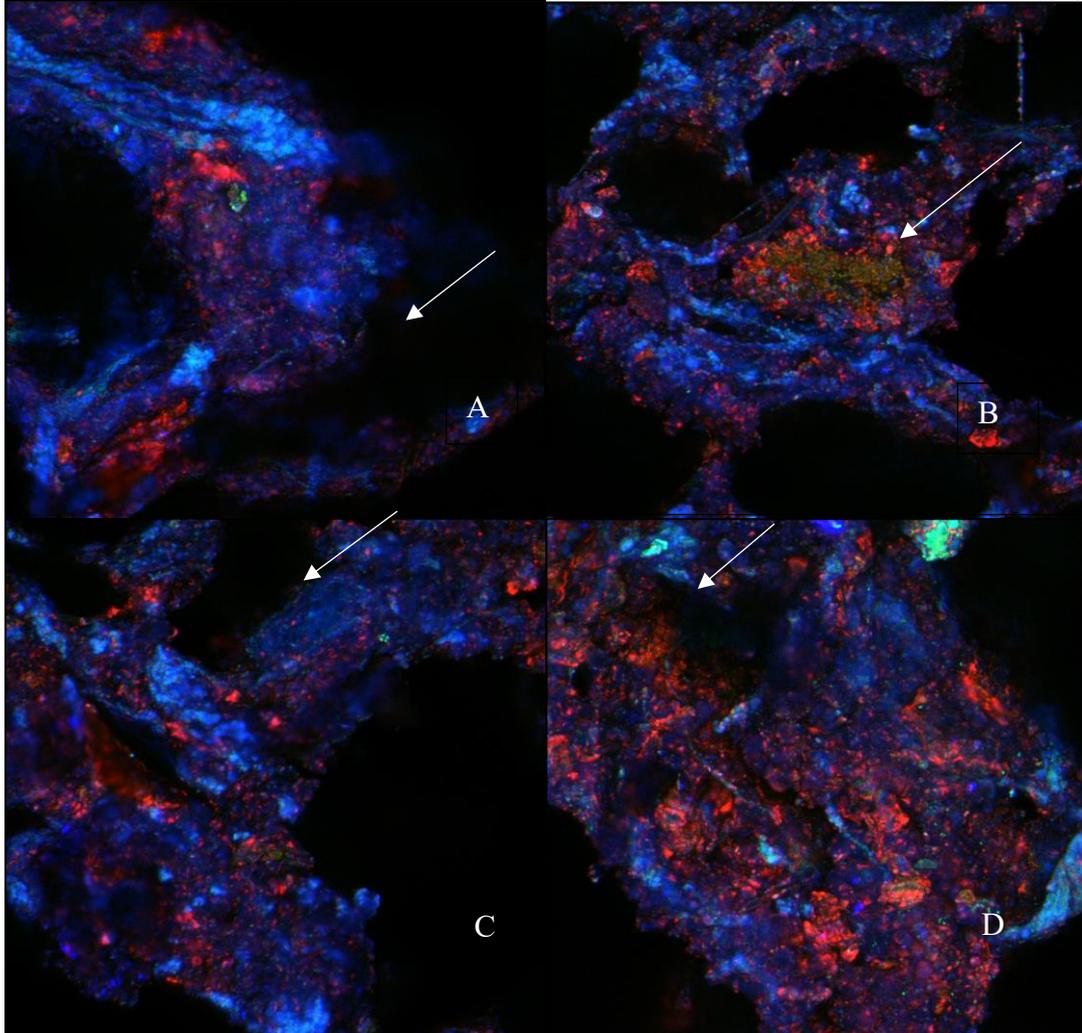


Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2018

Foi observado um decréscimo no número de alvéolos à medida em que houve

aumento do teor de malvarisco adicionado nos pães (figura 11). Este resultado pode ser correlacionado com a redução do volume específico dos pães e a diminuição da capacidade fermentativa da massa, uma vez que os alvéolos são formados durante a etapa de mistura, e são ocupados durante o processo fermentativo pelos gases produzidos, desta forma, são colapsados durante a etapa de forneamento e deixando o espaço vazio, que é o alvéolo formado.

Figura 11 – Microscopia Confocal dos pães PM1 (A), PM2 (B), PM3 (C), PM4 (D)



Pão adicionado de (A) 5%; (B) 7,5%; (C) 10%; (D) 12,5% de malvarisco, respectivamente.

Assim, pães produzidos com farinhas misturadas a pós não formadores da rede de glúten, diluem as proteínas, o que torna a fermentação menos intensa e com mais obstáculos, produz pães com menor volume e, por consequência, maior densidade e menor número de alvéolos. Além disto, este resultado pode ser confirmado pela circularidade média dos alvéolos, onde os pães com maior volume e número de alvéolos também obtiveram alvéolos mais circulares e com menor formação de fendas.

3.4 Conclusão

Após as análises foi possível concluir que a amostra adicionada de 5% do pó de malvarisco (PM2) foi a formulação que apresentou os melhores resultados sob o aspecto tecnológico, pois seu volume específico foi o maior, quando comparado com as outras formulações, menor densidade, maior número de alvéolos e melhor circularidade. Assim, foi a formulação escolhida para a observação do impacto do malvarisco nas propriedades tecnológicas das massas não fermentadas durante o congelamento por 60 dias.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. Approved Methods **American Association of Cereal Chemists**. 10th ed. Saint Paul: AACC, 2000. v. 2.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17. Ed., Washington, 2002.

BĄCZEK, N.; JARMUŁOWICZ, A.; WRONKOWSKA, M.; HAROS, C. M. Assessment of the glycaemic index, content of bioactive compounds, and their in vitro bioaccessibility in oat-buckwheat breads. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 330, p. 127199, nov. 2020. Elsevier BV.

DIMOV, I. *et al.* Improvement of antioxidant potential of wheat flours and breads by addition of medicinal plants. **Ukrainian Food Journal**, [s.l.], v. 7, n. 4, p.671-681, 2018.

DÖRING, Clemens *et al.* Impact of arabinoxylan addition on protein microstructure formation in wheat and rye dough. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 154, p. 10-16, jun. 2015. Elsevier BV.

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**, [s.l.], n.105, p. 361–366, 2011.

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**, [s.l.], v. 74, n. 2, p. 268-278, 2006.

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.

Montgomery, D.C. **Design and Analysis of Experiments**. 8th Edition, John Wiley & Sons, New York, 2012.

ROSALES-JUÁREZ, *et al.* 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**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 2008.

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**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 69-75, 2003.

SWAMY, M. K.; *et al.* GC-MS Based Metabolite Profiling, Antioxidant and Antimicrobial Properties of Different Solvent Extracts of Malaysian *Plectranthus amboinicus* Leaves. **Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine**, [s.l.], v. 2017, p. 1-10, 2017. Hindawi Limited.

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

4 Avaliação dos pães tipo forma adicionados com 5% do pó de malvarisco armazenados durante 60 dias sob condições de congelamento

4.1 Introdução

O malvarisco é muito utilizado no combate a doenças respiratórias pela medicina popular e alguns estudos já constataram sua ação antifúngica, antibacteriana e antiviral (MURTHY *et al.*, 2009). A presença do carvacrol e do timol nessa planta pode ser responsável pela ação antibacteriana, segundo LAMBERT *et al.*, (2001). Vijayakumar *et al.* (2015) obtiveram resultados satisfatórios ao avaliar a eficiência da ação do malvarisco em nanopartículas de óxido de zinco para controlar a formação de biofilmes do *Staphylococcus aureus*.

As técnicas de congelamento são cada vez mais necessária para a contribuir com a dinâmica de produção industrial, assim algumas padarias não precisam dispor de grande volume de maquinário, além disso, a produção e a distribuição dos produtos podem ser otimizadas e ampliadas com o uso da tecnologia de congelamento (Le Bail *et al.*, 2012 e Huen *et al.*, 2014). Essas técnicas vêm sendo desenvolvidas desde 1950, pois o congelamento pode afetar diretamente o volume do pão e modificar a estrutura da rede do glúten (LIN *et al.*, 2021, ZHU *et al.*, 2019).

O método de congelamento pode interferir diretamente nas propriedades tecnológicas das massas, pois pode exercer influência sobre o amido presente nas farinhas de trigo, gerando fissuras e danificando as massas, com visto por Yang *et al.* (2021), que observou as mudanças na cristalinidade relativa e o impacto do tamanho dos cristais de gelo na estrutura do amido. Esse dano causado pelo congelamento se deve a formação dos cristais de gelo que podem danificar a rede do glúten, além de afetarem a superfície do amido, conseqüentemente, modificando suas propriedades reológicas, afetando a qualidade das massas (YANG *et al.*, 2021).

O uso de alguns aditivos pode proteger as leveduras durante o congelamento e melhorar as propriedades reológicas das massas, outro ponto importante é o controle da taxa de congelamento, como observado por Luo *et al.* (2018), pois as flutuações de temperatura impactam diretamente na preservação das leveduras.

No intuito de desenvolver técnicas que reduzam os danos causados no congelamento, podem ser citadas a adição de amido modificado, agentes anticongelantes, gorduras e controle das condições de armazenamento (ZHU *et al.*, 2019). A adição de

prebióticos e probióticos foi estudada por Majzoobi *et al.* (2019), o que foi responsável pela redução na absorção de água e no amolecimento das massas, desse modo, desacelerou a perda de umidade.

O presente capítulo teve por objetivo analisar os efeitos da adição do malvarisco em massas congeladas de pão do tipo forma, onde foram analisados os parâmetros físicos de fermentação das massas adicionadas de 5 % do pó de malvarisco.

4.2 Materiais e métodos

4.2.1 Preparo das massas

As massas foram formuladas seguindo a metodologia desenvolvida por Gragnani (2010) e adaptada por Zambelli (2014), como descrita na tabela 3. Os insumos foram comprados no comércio local da cidade de Fortaleza – Ce.

A coleta das folhas de malvarisco foi realizada no Horto da UFC a etapa de higienização em água corrente, no Laboratório de Biomateriais Alimentício. Em seguida, as folhas frescas passaram por congelamento rápido -80° C no ultracongelador (modelo MDF-U33V, marca Sanyo), e após 24 horas foram liofilizadas (liofilizador piloto, marca Liobras) do Laboratório de Processamento Agroindustrial (LAP) da EMBRAPA. Foram triturados em processador doméstico, peneirados na peneira de 42 mesh para padronizar a granulometria e armazenados em potes de vidro hermeticamente fechados e mantidos a temperatura ambiente.

Os pães foram formulados usando os dados da tabela 3, misturando inicialmente os ingredientes secos, em seguida a gordura e a água.

Tabela 3 – Formulação do pão tipo forma adicionado de malvarisco

Ingredientes	(%)
Farinha de trigo	100
Água	58
Açúcar	5
Malvarisco	5
Fermento Biológico seco	3,3
Gordura	3
Sal	2

4.2.2 Congelamento

As massas foram acondicionadas individualmente em sacos de polietileno e mantidas em Freezer Horizontal Esmaltec® para o congelamento e permanecerem estocadas

até os dias determinados para o descongelamento. A temperatura de armazenamento variou de $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ pelos tempos de 0, 15, 30, 45 e 60 dias. As massas congeladas, quando completados os respectivos tempos para cada período de realização das análises, foram retiradas do freezer e desembaladas. Foram dispostas em bandejas de alumínio, previamente untadas com óleo vegetal, e o descongelamento ocorreu em temperatura ambiente durante duas horas. A fermentação ocorreu a $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 70% de umidade relativa durante duas horas. Após este processo, as massas foram forneadas sem vapor a $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 20 minutos e resfriados à temperatura ambiente.

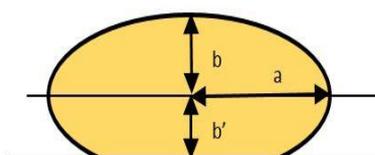
As amostras foram identificadas com os seguintes códigos:

- P5T0 = Pão adicionado de 5% de malvarisco sem congelamento;
- P5T15 = Pão adicionado de 5% de malvarisco com 15 dias congelado;
- P5T30 = Pão adicionado de 5% de malvarisco com 30 dias congelado;
- P5T45 = Pão adicionado de 5% de malvarisco com 45 dias congelado;
- P5T60 = Pão adicionado de 5% de malvarisco com 60 dias congelado.

4.2.3 Análise das propriedades físicas das massas e dos pães

4.2.3.1 Avaliação do processo de fermentação

Figura 12 – Parâmetros de elipse truncada



A avaliação da expansão das massas durante o processo de fermentação foi realizada adotando o procedimento experimental de Perfil Livre de Expansão optado por Gabric *et al.* (2011). As massas foram consideradas como elipse truncadas (Figura 12). A cada 10 minutos as massas foram medidas as dimensões de altura e comprimento com régua milimetradas. Vale ressaltar que as massas da análise do Perfil Livre de Expansão, foram colocadas em formas de alumínio com dimensões de 30 cm x 30 cm, desse modo, foi possível sua livre expansão sem barreiras que oferecessem alguma restrição dimensional.

O volume das massas para cada tempo de medição foi calculado utilizando a fórmula da elipse e sua rotação em torno do eixo y, conforme equação 6.

$$V (\text{cm}^3) = \pi a^2 \left(\frac{2b}{3} + b' - \frac{b'^3}{3b'^2} \right) \quad (6)$$

Onde:

a = largura da elipse (cm);

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

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

O fator de expansão do volume (cm^3) (VEF), foi calculado com a equação 7.

$$VEF = \frac{V-V_0}{V_0} \quad (7)$$

Onde:

V = Volume da massa ao longo do tempo de fermentação (cm^3);

V_0 = Volume inicial da massa (cm^3).

4.2.3.2 Volume específico

Os pães tiveram as massas determinadas em triplicata, utilizando uma balança semi-analítica e expressas em gramas. O volume deslocado dos pães foi medido usando um *becker* de vidro com volume de 2000 mL e com semente de painço foi aferida a tara. Parte das sementes foi substituída pela amostra de pão e o volume completado até a borda, onde o nivelamento foi realizado com auxílio de régua. As sementes remanescentes, correspondentes ao volume deslocado pela amostra, foram colocadas em proveta graduada de 1000 mL, expressando o resultado em mL.

Para o volume específico (VE) foi obtido do cálculo da divisão do volume deslocado (VD) do pão (mL) pela massa da amostra (M) em gramas, observando o método nº 72-10 da AACC (2000), como demonstrado na equação 8:

$$VE = \frac{VD}{M} \quad (8)$$

4.2.3.3 Densidade

A densidade foi calculada, em três repetições, através da relação inversa a do

volume deslocado, como descrito no volume específico, de acordo com a equação 9.

$$\text{Densidade} \left(\frac{g}{mL} \right) = \frac{\text{Massa da amostra assada}}{\text{Volume deslocado}} \quad (9)$$

4.2.3.4 Índice de expansão

O cálculo do índice de expansão foi adaptado por Zambelli (2014) para pães tipo forma, da metodologia usada por Silva *et al.* (2003), que utilizou o cálculo em pão de queijo. As esferas foram boleadas nesse formato para serem medidos o diâmetro e a altura com o uso da régua milimetrada. No presente estudo foram realizadas análises em triplicata, onde o Índice de Expansão (IE) dos pães foi calculado através da equação 10:

$$\text{Índice de Expansão (IE)} = \frac{\frac{(D_p + H_p)}{2}}{\frac{(D_m + H_m)}{2}} \quad (10)$$

Onde:

D_p = Diâmetro dos pães após o forneamento (cm)

H_p = Altura dos pães após o forneamento (cm)

D_m = Diâmetro das massas moldadas (cm)

H_m = Altura das massas moldadas (cm).

4.2.3.5 Volume das massas produzido durante a fermentação

Para essa análise foram utilizadas amostras da massa com 15 gramas, aproximadamente, foram colocadas em provetas de 100 mL previamente higienizadas para obter as medidas dos volumes das massas durante o processo de fermentação, sob temperatura de $30^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ com 70% de umidade relativa, durante duas horas. O cálculo do volume produzido (ΔV) foi obtido da diferença entre o volume final produzido, depois de duas horas de fermentação, e o volume inicial da massa na proveta. As medidas foram obtidas em triplicata e os resultados foram apresentados em mL.

4.2.3.6 Análise da estrutura do miolo

As estruturas dos miolos dos pães foram avaliadas através 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 900 x 900 pixels. A análise das imagens foi realizada com o software Image J® 1.47v (National Institute of Health, USA). Em seguida foram salvas como arquivos em formato de jpeg e cortadas para um campo de vista de 900 x 900 mm. As imagens capturadas foram convertidas para 8-bit em tons de cinza, onde foi realizada a limiarização por meio do algoritmo de Otsu. Desse modo, foi possível obter o número de alvéolos, área, perímetro e circularidade dos poros.

4.2.4 Análises físico-químicas dos pães com adição de 5% do pó de malvarisco

4.2.4.1 Umidade

A umidade das amostras dos pães e do pó de *P. amboinicus* foram quantificadas através do método (AACC, 44-15A), onde foram submetidas a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 105° C e as amostras foram previamente pesadas por 2 horas (AACC, 2000).

4.2.4.2 Cinzas

O teor de cinzas foi determinado através de incineração das amostras em mufla, onde a temperatura foi elevada gradativamente até atingir 550° C seguindo a metodologia (AACC, 08-01), onde foi realizada em três repetições (AACC, 2000).

4.2.4.3 Proteína

Foi determinado o conteúdo proteico utilizando o método Kjeldahl, que ocorre em três etapas: digestão da amostra com ácido sulfúrico, destilação e titulação. Sendo determinado o conteúdo de nitrogênio total, em seguida a proteína bruta foi calculada usando o fator de conversão adequado para cada tipo de produto (AACC, 2000).

4.2.4.4 Lipídios

Através do método *Soxhlet* as amostras foram delipidadas utilizando hexano e a fração lipídica foi separada. Previamente, cada amostra foi pesada e disposta em cartuchos de celulose, em seguida, foram introduzidos no extrator. O processo de separação dos lipídios

ocorreu com seu desprendimento da micela da matriz alimentar por destilação do solvente e foi determinada a fração lipídica por gravimetria em balança analítica (AACC, 2000).

4.2.4.5 *Carboidrato*

O valor dos carboidratos foi obtido por diferença, desta forma, foram utilizados os valores obtidos de umidade, cinzas, proteínas e lipídios (equação 11).

$$\% \text{ Carboidratos} = 100 - (\text{U} + \text{C} + \text{P} + \text{L} + \text{F}) \quad (11)$$

Sendo:

U: % umidade; **C:** % cinzas; **P:** % proteínas; **L:** % lipídios; **F:** % fibra total

4.2.4.6 *Fibras Totais*

O teor de fibra bruta foi/será obtido utilizando o método de Henneberg que ocorre com uma etapa de digestão ácida e outra etapa de digestão básica, realizando secagem em estufa e incineração em mufla (IAL, 2008).

4.2.4.7 *Análise de pH*

Foi determinado de acordo com o método 02-52 da (AOAC, 1990). O pH da solução a 10% de amostra foi determinado em potenciômetro digital marca HANNA Instruments, modelo 8417.

4.2.4.8 *Acidez titulável*

A acidez titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N, segundo a metodologia da AOAC (1990). Utilizou-se uma solução a 10%, onde o soluto foi homogeneizado com água destilada.

4.2.5 **Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Confocal**

As amostras foram analisadas morfológicamente no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) modelo INSPECT S50 (com uma baixa energia de 10KV) e QUANTA FEG

da Central Analítica da Universidade Federal do Ceará, Departamento de Física. Previamente, foram dispostas em fita de carbono e afixadas nos *stubs*, e posteriormente metalizadas com fina camada de ouro, pois as amostras testadas não eram boas condutoras de energia. A superfície foi digitalizada usando ampliação entre $500 \times$ e $1000 \times$. As amostras das massas congeladas foram desidratadas com diferentes concentrações de acetona, assim a água foi sendo retirada sem causar danos drásticos nas estruturas que foram investigadas.

As análises no Microscópio Confocal (LM710) foram realizadas nas amostras tanto de pão adicionado do pó de malvarisco quanto nos pães revestidos para analisar em quais bandas os compostos apresentam fluorescência, assim, os compostos presentes foram identificados. Sistema de imagem Leica TCS SP com objetivos $16 \times 0,5$ IMM PL / PLUOT AR e $40 \times 1,00-0,05$ óleo). As amostras foram escaneadas com varredura em diferentes faixas de luz para observar quais as faixas que mais brilham.

4.2.6 Análise estatística

A análise estatística aplicada para avaliar os dados foi a Estatística descritiva clássica (média aritmética, desvio padrão, coeficiente de variação, máximo, mínimo, assimetria e curtose). A verificação da normalidade dos dados para as distribuições de medidas nas variáveis dos tratamentos foi realizada por meio dos testes de simetria e curtose, teste de Shapiro-Wilk e o teste de Kolmogorov e Smirnov, tendo como ponto de partida para análise dos histogramas de frequência.

Conforme Montgomery (2012), os histogramas de frequência são um breviário estruturado dos dados em análise que propiciam a visualização das distribuições de frequências e rendem cerca de 50 informações relativas a forma, localização e variabilidade dos dados, assim é possível determinar o centro e a dispersão dos dados.

Para a normalidade dos dados foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) que analisou as diferenças significativas entre os tratamentos, ao nível de 5% de significância. E as diferenças encontradas foram avaliadas pelo teste de médias de Tukey.

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Análises físico-químicas do pão com pó do malvarisco

Nas análises físicas foi observado que o teor de umidade dos pães adicionados do pó de malvarisco foi de $33,72 \pm 0,30$, sendo um valor bem elevado quando comparado com

pães tradicionais, isso pode ser explicado pelo grande número de compostos voláteis presentes em sua composição, segundo Swamy *et al.*(2017) são cerca de 76, assim, quando submetido a temperatura de 105 °C durante a análise de umidade, onde a área superficial da amostra exposta a temperaturas elevadas é maior quando comparado com o processo de forneamento, pode haver a perda de voláteis suficiente para resultar nos valores obtidos.

O valor encontrado para o pH 5,6, foi semelhante ao encontrado por Zambelli (2015) para pães revestidos com soluções de glazeamento utilizando óleos de diferentes fontes vegetais, e para acidez titulável foi $4,48 \pm 0,01$.

O teor de lipídios ficou em torno de $3,21 \pm 0,04$ e o que cinzas $2,12 \pm 0,01$. Observando o teor de proteína observou-se que possui um valor $8,77 \pm 0,02$ que é considerável, o que pode ser um fator positivo sob o aspecto nutricional, podendo ser uma forma de aumentar a ingestão de proteínas com o consumo frequente. Além disso, o teor de fibras totais $10,09 \pm 0,77$, também pode contribuir para enriquecer o pão nutricionalmente e conferindo a ele uma atividade funcional, segundo a RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012.

4.3.2 Análises das propriedades físicas da massa dos pães com pó do malvarisco

A tabela 4 apresenta os resultados das propriedades físicas dos pães de malvarisco que foi congelado por 60 dias e analisado desde o tempo 0 e a cada 15 dias.

Tabela 4 – Propriedades físicas do pão adicionado de 5,0% de malvarisco produzido a partir de massa congelada por até 60 dias.

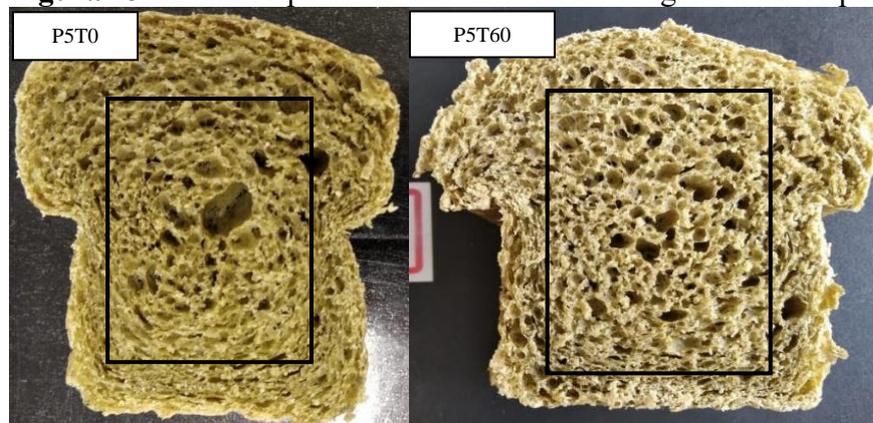
Tempo de Armazenamento Congelado	0	15	30	45	60
Volume Específico (mL/g)	2,46 ^a ±0,01	2,31 ^b ±0,02	2,04 ^c ±0,03	1,90 ^d ±0,03	1,56 ^e ±0,03
Densidade (g/mL)	0,40 ^e ±0,01	0,42 ^d ±0,01	0,47 ^c ±0,01	0,53 ^b ±0,01	0,59 ^a ±0,01
Fator de Expansão (cm ³)	3,28 ^a ±0,03	2,96 ^b ±0,03	2,55 ^c ±0,02	2,30 ^d ±0,02	2,10 ^e ±0,01
Volume Produzido (mL)	23,00 ^a ±1,02	17,66 ^b ±0,57	13,34 ^c ±1,15	9,93 ^d ±1,10	6,67 ^e ±1,28
Índice de Expansão	1,23 ^a ±0,02	1,15 ^b ±0,01	1,08 ^c ±0,02	1,03 ^d ±0,02	0,93 ^e ±0,01
Número de Alvéolos	902 ^a ±8,00	832 ^b ±2,00	781 ^c ±2,00	727 ^d ±4,00	686 ^e ±6,00
Circularidade	0,906 ^a ±0,01	0,875 ^b ±0,01	0,848 ^c ±0,01	0,830 ^d ±0,01	0,805 ^e ±0,01

[†]Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras, ao nível de 5% de significância.

A partir dos resultados obtidos, podemos verificar que, para todas as propriedades físicas de qualidade dos pães analisadas, houve diferença significativa nos tempos de armazenamento congelado. Este resultado mostra que o período de armazenamento congelado promove reduções significativas na qualidade dos pães, como pode ser observado na figura 13

dos pães adicionados de malvarisco sem congelamento e o miolo após 60 dias de armazenamento congelado.

Figura 13 – Fatia do pão com malvarisco sem congelamento e após 60 dias



P5T0: Pão com 5% de malvarisco no tempo zero; P5T60: Pão com 5% de malvarisco no tempo 60 dias de congelamento. Fonte: Autor

O comportamento obtido era esperado, uma vez que o congelamento pode prejudicar a qualidade da massa nos seguintes aspectos:

1) Redução da viabilidade das células de levedura.

Neste caso o congelamento promove a formação de cristais de gelo que, devido as condições de um congelamento lento (freezer comercial) tem por característica formar grandes cristais e eles possuem a característica de serem pontiagudos. Este tipo de cristal formado pode perfurar a parede celular das leveduras, fazendo com que haja liberação do líquido e do material biológico inserido dentro da célula, levando a sua inatividade (MULDREW; MCGANN, 1990). Além disso, segundo Struyf *et al.* (2017) podem existir variações no perfil de metabólicos das leveduras que podem prejudicar a estrutura da massa e Lu *et al.* (2021), tratou as leveduras, previamente, com a finalidade de reduzir a liberação de glutathiona e cisteína, assim observou a redução da despolimerização do glúten.

Desta forma, espera-se que, quanto maior o período de armazenamento sob congelamento, menor é a quantidade de células viáveis de levedura disponíveis para o processo fermentativo após o descongelamento (WANG *et al.*, 2017). Este fenômeno dificulta o processo de fermentação, o qual levará mais tempo para produzir os mesmos efeitos nas massas não congeladas, e, também haverá menor produção de gás carbônico, o que implica diretamente nas propriedades físicas dos pães. Foi verificado por Hejrani *et al.* (2017) que a qualidade das

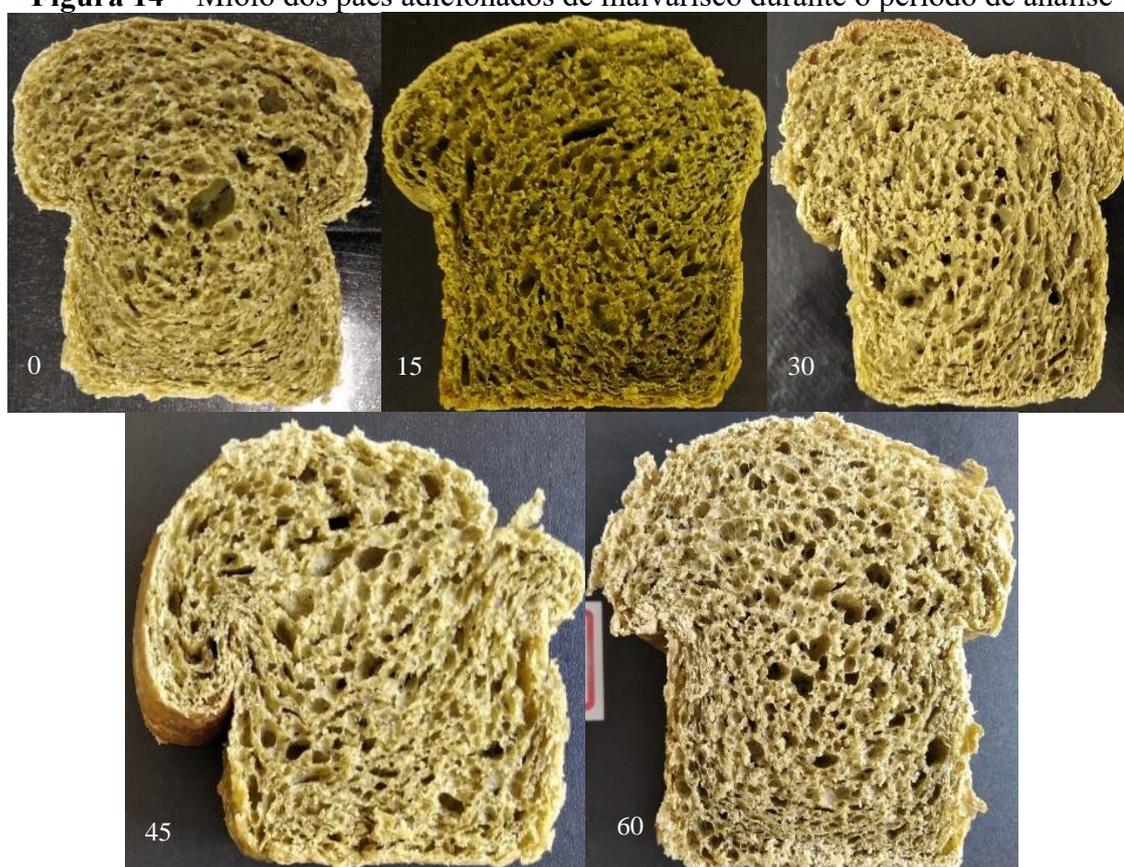
massas adicionadas de gomas e enzimas melhorou, refletindo no volume específico e na estabilidade durante o armazenamento congelado.

2) Quebra da estrutura de proteína-amido.

Neste caso, os cristais de gelo formados durante o processo de congelamento e armazenamento congelado podem ocasionar perfurações e fissuras na rede de glúten.

Na figura 14 os miolos dos pães do tempo 0, 15, 30, 45, 60 dias de congelamento e é possível observar o dano causado na rede do glúten e enfraquecendo a massa.

Figura 14 – Miolo dos pães adicionados de malvarisco durante o período de análise



0: tempo zero; 15: dias de congelamento; 30: dias de congelamento; 45: dias de congelamento e 60: dias de congelamento. Fonte: Autor

Segundo Tao *et al.* (2016), as propriedades reológicas do amido são modificadas pelos danos causados durante o congelamento, assim a retrogradação do amido foi intensificada e danos à rede do glúten foram observados. Com este comportamento, ocorre uma ruptura das ligações entre as proteínas com o consequente enfraquecimento da rede de glúten, que, por sua vez, acabará por reter uma menor quantidade de gás carbônico e isso acarretará o menor

crescimento da massa durante o processo fermentativo, bem como na etapa de forneamento.

O congelamento pode modificar a reologia do amido e alterar sua cristalinidade, para Ou *et al.* (2022) que analisou o efeito das antocianinas na microestrutura do pão, observou que o padrão de cristalinidade interfere na gelatinização do amido, que por sua vez muda a microestrutura do miolo do pão, pois muda o desenvolvimento da rede do glúten.

Diante do exposto, verificou-se que o volume específico foi maior na massa não congelada, obtendo 2,46 mL/g, entretanto, após 60 dias de armazenamento congelado, os pães atingiram um volume médio de 1,56 mL/g, uma redução de aproximadamente 36,58% durante o período, e essa redução pode ter sido gerada pelos danos ocasionados na superfície do amido durante o congelamento e a competição por água com a rede do glúten pode ter colaborado para a redução do volume, como visto por MA *et al.* (2016). A densidade, como está diretamente ligada ao volume específico, apresentou crescimento durante o armazenamento congelado. A propriedade física saiu de valores de 0,40 para 0,59, elevação de mais de 35%.

O fator de expansão foi diretamente influenciado pelo armazenamento congelado, verificou-se uma redução, significativa, de 3,28 cm³ para 2,10 cm³ durante os 60 dias de armazenamento congelado, uma queda de, aproximadamente, 35,97%. Este resultado mostra claramente os impactos dos danos ocasionados pelo congelamento, principalmente, na capacidade de retenção do gás carbônico, uma vez que a massa perde a capacidade de retenção do gás e acaba por expandir em menor quantidade antes que o ocorra o ponto de abertura de porosidade conforme explica Mezzani *et al.*, (2012).

No estudo de Turbin-Orger *et al.* (2012), a porosidade vai aumentando durante o processo de fermentação, pois está relacionada com a fase líquida das massas, mas como já foi observado por MA *et al.* (2016) pode haver competição por água entre o amido e a rede de glúten, gerando uma perturbação na formação dos poros.

O volume produzido das massas apresentou valor de 23,00 mL para os pães produzidos a partir de massas não congeladas e de 6,67 mL para os pães produzidos por meio de massas congeladas por 60 dias. Verificou-se que em todos os tempos analisados a diferença foi significativa, ao nível de 5% de significância. Esta propriedade física é diretamente afetada pela quantidade de células viáveis de levedura, pois, após o processo de descongelamento, as células sobreviventes, ou seja, as que não foram danificadas pelos cristais de gelo, tem que sair do estado de latência, se adaptar com o novo ambiente da massa e iniciar o processo fermentativo.

O índice de expansão apresentou redução significativa durante o período de armazenamento congelado, partindo de 1,23 no tempo zero até 0,93 após 60 dias de

armazenamento, o que representa uma redução de 24,39% na capacidade expansiva da massa durante a fermentação e o forneamento, uma vez que esta propriedade avalia estas duas possibilidades de expansão.

O Número de Alvéolos reduziu de 902 (massa não congelada) para 686 (massa congelada por 60 dias), uma queda de 23,94%. Os alvéolos são totalmente dependentes da capacidade fermentativa da massa, uma vez que os espaços produzidos durante a etapa de mistura têm que ser preenchidos pelos gases da fermentação para que, após o forneamento, os alvéolos possam ser fixados na estrutura do amido. Uma vez que as células de levedura e a rede de glúten são danificadas pelo armazenamento congelado, era esperado uma redução nos valores dos alvéolos, bem como na sua circularidade. Com o enfraquecimento da rede de glúten, os alvéolos formados tendem a ter a sua estrutura fragilizada, o que gera a formação de fissuras ou fendas, e isso reduz a circularidade dos alvéolos. Os valores encontrados reduziram, aproximadamente, 11% durante o período de estocagem congelada das massas.

Um detalhamento mais aprofundado da intensidade dos danos ocasionados à rede de glúten por parte do armazenamento congelado poderá ser verificado na análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das massas congeladas no capítulo IV do presente trabalho.

4.4 Conclusão

A adição de malvarisco no pão não apresentou capacidade de melhorar as propriedades físicas das massas congeladas. Foi observado que durante o período máximo de congelamento a redução do volume e das outras propriedades que estão diretamente relacionadas ao volume. Dessa forma, a adição de malvarisco, que é um pó não formador de glúten, pode ter diluído o teor de proteínas que formam a rede do glúten a tornando mais fragilizada e trazendo danos à capacidade de retenção do gás carbônico formado durante o processo de fermentação.

REFERÊNCIA

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. Approved Methods **American Association of Cereal Chemists**. 10th ed. Saint Paul: AACC, 2000. v. 2.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17. Ed., Washington, 2002.

BRASIL. Resolução **RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Dispõe “Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar”. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2012.

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.

HEJRANI, Toktam; SHEIKHOLESAMI, Zahra; MORTAZAVI, Ali; DAVOODI, Mehdi Ghiyafe. The properties of part baked frozen bread with guar and xanthan gums. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 71, p. 252-257, out. 2017. Elsevier BV.

HUEN, Julien; WEIKUSAT, Christian; BAYER-GIRALDI, Maddalena; WEIKUSAT, Ilka; RINGER, Linda; LÖSCHE, Klaus. Confocal Raman microscopy of frozen bread dough. **Journal Of Cereal Science**, [s.l.], v. 60, n. 3, p. 555-560, nov. 2014. Elsevier BV.

YANG, Y; *et al.* Influence of three types of freezing methods on physicochemical properties and digestibility of starch in frozen unfermented dough. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 115, p. 106619, jun. 2021. Elsevier BV.

LAMBERT, R.J.W.; SKANDAMIS, P.N.; COOTE, P.; NYCHAS, G.J.E. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **J. Appl. Microbiol.**, [s.l.] 91, 453–462, 2001.

Le Bail, A.; Zia, C.; Giannou, V. **Qualidade e segurança de produtos de panificação congelados** DW Sun (Ed.), Handbook of Frozen Food Processing and Packaging (segunda ed.), CRC Press, Boca Raton (2012), pp. 501-528.

LIN, Junjie; SUN-WATERHOUSE, Dongxiao; TANG, Runmei; CUI, Chun; WANG, Wei; XIONG, Jian. The effect of γ -[Glu](1≤n≤5)-Gln on the physicochemical characteristics of frozen dough and the quality of baked bread. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 343, p. 128406, maio 2021. Elsevier BV.

LU, Lu; XING, Jun-Jie; YANG, Zhen; GUO, Xiao-Na; ZHU, Ke-Xue. Influence of ϵ -poly-l-lysine treated yeast on gluten polymerization and freeze–thaw tolerance of frozen dough. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 343, p. 128440, maio 2021. Elsevier BV.

MA, Sen; LI, Li; WANG, Xiao-Xi; ZHENG, Xue-Ling; BIAN, Ke; BAO, Qing-Dan. Effect of mechanically damaged starch from wheat flour on the quality of frozen dough and steamed bread. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 202, p. 120-124, jul. 2016. Elsevier BV.

MAJZOBI, Mahsa; AGHDAM, Mohammad Bagher Kamali; ESKANDARI, Mohammad Hadi; FARAHNAKY, Asgar. Quality and microbial properties of symbiotic bread produced by straight dough and frozen part-baking methods. **Journal Of Texture Studies**, [s.l.], v. 50, n. 2, p. 165-171, 8 jan. 2019. Wiley.

MONTGOMERY, D.C. Design and Analysis of Experiments. 8th Edition, John Wiley & Sons, New York, 2012.

MEZIANI, S.; JASNIEWSKI, J.; RIBOTTA, P. D.; ARAB-TEHRANY, E.; GHOUL, J. M. M.; DESOBRY, S. Influence of yeast and frozen storage on rheological, structural and microbial quality of frozen sweet dough. **Journal of Food Engineering**, n.109, p. 538–544, 2012.

MURTHY, Pushpa S.; RAMALAKSHMI, K.; SRINIVAS, P. Fungitoxic activity of Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) volatiles. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 114, n. 3, p. 1014-1018, jun. 2009. Elsevier BV.

MULDREW, K.; MCGANN, L.e.. Mechanisms of intracellular ice formation. **Biophysical Journal**, [s.l.], v. 57, n. 3, p. 525-532, mar. 1990. Elsevier BV.

OU, Sean Jun Leong; YU, Jingying; ZHOU, Weibiao; LIU, Mei Hui. Effects of anthocyanins on bread microstructure, and their combined impact on starch digestibility. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 374, p. 131744, abr. 2022. Elsevier BV.

STRUYF, Nore; MAELEN, Eva van Der; HEMDANE, Sami; VERSPREET, Joran; VERSTREPEN, Kevin J.; COURTIN, Christophe M. Bread Dough and Baker's Yeast: an uplifting synergy. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, [s.l.], v. 16, n. 5, p. 850-867, 28 jul. 2017. Wiley.

SWAMY, M. K.; ARUMUGAM, G.; KAUR, R.; GHASEMZADEH, A.; YUSOFF, M. M.; SINNIAH, U. R. GC-MS Based Metabolite Profiling, Antioxidant and Antimicrobial Properties of Different Solvent Extracts of Malaysian *Plectranthus amboinicus* Leaves. **Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine**, [s.l.], v. 2017, p. 1-10, 2017. Hindawi Limited.

TAO, Han; ZHANG, Bao; WU, Fengfeng; JIN, Zhengyu; XU, Xueming. Effect of multiple freezing/thawing-modified wheat starch on dough properties and bread quality using a reconstitution system. **Journal Of Cereal Science**, [s.l.], v. 69, p. 132-137, maio 2016. Elsevier BV.

TURBIN-ORGER, A.; BOLLER, E.; CHAUNIER, L.; CHIRON, H.; DELLA-VALE, G.; REGUERRE, A. L. Kinetics of bubble growth in wheat flour dough during proofing studied by computed x-ray microtomography. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 56, n. 2, p. 676-683, 2012.

VIJAYAKUMAR, S. *et al.* *Plectranthus amboinicus* leaf extract mediated synthesis of zinc oxide nanoparticles and its control of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* biofilm and blood sucking mosquito larvae. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, [s.l.], v. 137, p.886-891, fev. 2015.

WANG, Pei; YANG, Runqiang; GU, Zhenxin; XU, Xueming; JIN, Zhengyu. Comparative study on the freeze stability of yeast and chemical leavened steamed bread dough. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 221, p. 482-488, abr. 2017. Elsevier BV.

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

ZAMBELLI, R. A. *et al.* O óleo de girassol como agente de glazeamento em massas para a

produção de pães tipo forma. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, p.1-8, fev. 2015.

ZHU, Ting-Wei; ZHANG, Xia; LI, Bing; WU, Hong. Effect of interesterified blend-based fast-frozen special fat on the physical properties and microstructure of frozen dough. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 272, p. 76-83, jan. 2019. Elsevier BV.

5 Desenvolvimento dos revestimentos adicionados de malvarisco

5.1 Introdução

Os revestimentos são uma película protetora que é depositada em finas camadas sobre o produto a ser tratado. Ao longo dos anos essa tecnologia vem sendo estudada e desenvolvida, através da adição de amidos diversos, amidos modificados e adição de componentes bioativos. No estudo de Nawab *et al.*, (2017), utilizaram o amido do caroço da manga para a preservação dos tomates no período pós colheita, ou seja, uma alternativa natural, segura e com um insumo abundante e de baixo custo.

O uso de amido modificado com ácido ascórbico foi estudado por Galvão *et al.* (2018 a) e de tomate em pó, observou que o revestimento elevou as propriedades físicas do pão e o ácido ascórbico da modificação do amido contribuiu com o volume específico dos pães congelados. A adição de até 7,5% de tomate em pó auxiliou na manutenção das propriedades físicas das massas.

No estudo de Liu *et al.* (2017) foi aplicado um revestimento de amido de milho para reduzir o teor de acrilamida formada na crosta do pão durante o forneamento. Assim, foi comprovada a eficácia do revestimento que reteve de água durante a etapa de forneamento e, conseqüentemente, limitou a formação da acrilamida.

A adição do pó de malvarisco em revestimento para massas congeladas foi utilizada, pois diante de todos os benefícios dessa planta medicinal observou-se uma solução viável e de baixo custo para possível uso na indústria de panificação. Foi realizado o desenvolvimento de um revestimento comestível com amido modificado com ácido ascórbico e pó do malvarisco. E através do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) otimizar os revestimentos que foram aplicados nas massas congeladas. O objetivo desse capítulo é analisar as propriedades físicas dos pães tratados com dois revestimentos otimizados do DCCR e congelados por 60 dias.

5.2 Materiais e método

5.2.1 Desenvolvimento do revestimento adicionado de malvarisco com amido modificado

O desenvolvimento dos revestimentos adicionados de malvarisco foi realizado utilizando o DCCR. Sendo aplicado um planejamento fatorial 2^2 completo, com três repetições no ponto central, somando 11 ensaios. Na Tabela 5 são apresentadas as faixas de valores

codificados e reais utilizados para os ensaios e na Tabela 6 é apresentada a matriz do planejamento.

Tabela 5 – Variáveis e níveis do planejamento experimental

Variáveis Independentes	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	- α = - 1,41	-1	0	+1	+ α = +1,41
Malvarisco	4,48	5,0	6,25	7,5	8,01
Amido modificado	0,8	1,0	1,5	2,0	2,2

Tabela 6 – Matriz do delineamento experimental com valores codificados e reais

Ensaio	Variáveis	
	Ácido Ascórbico (%)	Malvarisco (%)
1	1,0	5,0
2	2,0	5,0
3	1,0	7,5
4	2,0	7,5
5	1,5	4,48
6	1,5	8,01
7	0,8	6,25
8	2,2	6,25
9	1,5	6,25
10	1,5	6,25
11	1,5	6,25

5.2.2 Modificação do amido

O amido de milho (100,00 g) foi dissolvido em 100mL de água destilada e agitado até a homogeneização, onde havia as diferentes concentrações de ácido ascórbico P.A, como proposto pelo DCCR da tabela 6. Em seguida essa solução foi seca a 55 °C por 4 horas na estufa de circulação forçada.

5.2.3 Preparação do revestimento

Os revestimentos foram preparados seguindo a metodologia de Choulitoudi *et al.* (2016) e Galvão *et al.* (2018). O amido de milho foi dissolvido em água sob agitação magnética e com aquecimento a 80 °C. em seguida foi adicionado glicerol 20,2% (v/v). O pó de malvarisco foi adicionado como descrito no DCCR. O revestimento ficou por 15 minutos à temperatura ambiente para eliminar todas as bolhas de ar formadas. O ácido ascórbico e o malvarisco em pó que foram adicionados estão expressos na tabela 6.

5.2.4 Revestimento dos pães segundo DCCR

Os pães com 15 cm de comprimento, 4 cm de altura e 3 cm de largura, foram colocados em contato com o revestimento por aproximadamente 3 minutos, segundo metodologia descrita por Galvão *et al.* (2018b). O excesso do revestimento das amostras foi retirado por gravidade durante 1 minuto em tela de aço inox. Em seguida foram fermentadas por 90 minutos.

5.2.5 Revestimento dos pães Otimizados pelo DCCR

Os pães com 15 cm de comprimento, 4 cm de altura e 3 cm de largura, foram colocados em contato com o revestimento por aproximadamente 3 minutos, segundo metodologia descrita por Galvão *et al.* (2018b). O excesso do revestimento das amostras foi retirado por gravidade durante 1 minuto em tela de aço inox e as massas foram embaladas individualmente em sacos de polietileno e mantidas em Freezer Horizontal Esmaltec®, a -18° C e armazenadas por 15, 30, 45 e 60 dias, seguindo metodologia de Galvão *et al.* (2018b).

5.2.6 Descongelamento das amostras

O descongelamento e o processo de fermentação das amostras, ao final dos tempos pré determinados, foi realizado por duas horas sob temperatura ambiente, as massas foram dispostas em formas de alumínio untadas com óleo vegetal. Na etapa seguinte foram assadas a forno elétrico com temperatura média de 220° C por 20 minutos

As amostras foram identificadas com os seguintes códigos:

- P4T0 = Pão ensaio 4 sem congelamento;
- P4T15 = Pão ensaio 4, com 15 dias congelado;
- P4T30 = Pão ensaio 4, com 30 dias congelado;
- P4T45 = Pão ensaio 4, com 45 dias congelado;
- P4T60 = Pão ensaio 4, com 60 dias congelado;
- P8T0 = Pão ensaio 8 sem congelamento;
- P8T15 = Pão ensaio 8, com 15 dias congelado;
- P8T30 = Pão ensaio 8, com 30 dias congelado;
- P8T45 = Pão ensaio 8, com 45 dias congelado;

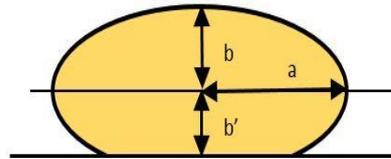
- P8T60 = Pão ensaio 8, com 60 dias congelado.

5.2.7 Análises de qualidade das massas e dos pães

5.2.7.1 Avaliação do processo de fermentação

A avaliação da expansão das massas durante o processo de fermentação foi realizada adotando o procedimento experimental de Perfil Livre de Expansão optado por Gabric *et al.* (2011). As massas foram consideradas como elipse truncadas (Figura 15). A cada 10 minutos as massas foram medidas as dimensões de altura e comprimento com régua milimetradas. Vale ressaltar que as massas da análise do Perfil Livre de Expansão, foram colocadas em formas de alumínio com dimensões de 30 cm x 30 cm, desse modo, foi possível sua livre expansão sem barreiras que oferecessem alguma restrição dimensional.

Figura 15 – Parâmetros de elipse truncada



Fonte: Adaptado de Gabric *et al.* (2011)

O volume das massas para cada tempo de medição foi calculado utilizando a fórmula da elipse e sua rotação em torno do eixo y, conforme equação 12.

$$V (cm^3) = \pi a^2 \left(\frac{2b}{3} + b' - \frac{b'^3}{3b'^2} \right) \quad (12)$$

Onde:

a = largura da elipse (cm);

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

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

O fator de expansão do volume em cm³ (VEF), foi calculado através da equação 13.

$$VEF = \frac{V-V_0}{V_0} \quad (13)$$

Onde:

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

V₀ = Volume inicial da massa (cm³).

5.2.7.2 *Volume específico*

Os pães tiveram as massas determinadas em triplicata, utilizando uma balança semi-analítica e expressas em gramas. Para o volume deslocado dos pães foi medido usando um *becker* de vidro com volume de 2000 mL e com semente de painço foi aferida a tara. Parte das sementes foi substituída pela amostra de pão e o volume completado até a borda, onde o nivelamento foi realizado com auxílio de régua. As sementes remanescentes, correspondentes ao volume deslocado pela amostra, foram colocadas em proveta graduada de 1000 mL, expressando o resultado em mL.

Para o volume específico (VE) foi obtido do cálculo da divisão do volume deslocado (VD) do pão (mL) pela massa da amostra (M) em gramas, observando o método n° 72-10 da AACC (2000), como demonstrado na equação 14:

$$VE = \frac{VD}{M} \quad (14)$$

5.2.7.3 *Densidade*

A densidade foi calculada, em três repetições, através da relação inversa a do volume deslocado, como descrito no volume específico, de acordo com a equação 15.

$$Densidade \left(\frac{g}{mL} \right) = \frac{Massa \ da \ amostra \ assada}{Volume \ deslocado} \quad (15)$$

5.2.7.4 *Índice de expansão*

O cálculo do índice de expansão foi adaptado por Zambelli (2014) para pães tipo forma, da metodologia usada por Silva *et al.* (2003), que utilizou o cálculo em pão de queijo. As esferas foram boleadas nesse formato para serem medidos o diâmetro e a altura com o uso

da régua milimetrada. No presente estudo foram realizadas análises em triplicata, onde o Índice de Expansão (IE) dos pães foi calculado através da equação 16:

$$\text{Índice de Expansão (IE)} = \frac{\frac{(D_p + H_p)}{2}}{\frac{(D_m + H_m)}{2}} \quad (16)$$

Onde:

D_p = Diâmetro dos pães após o forneamento (cm)

H_p = Altura dos pães após o forneamento (cm)

D_m = Diâmetro das massas moldadas (cm)

H_m = Altura das massas moldadas (cm).

5.2.7.5 Volume das massas produzido durante a fermentação

As amostras da massa com 15 gramas, aproximadamente, foram colocadas em provetas de 100 mL previamente higienizadas para obter as medidas dos volumes das massas durante o processo de fermentação, sob temperatura de $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ com 70% de umidade relativa, durante duas horas. O cálculo do volume produzido (ΔV) foi obtido da diferença entre o volume final produzido, depois de duas horas de fermentação, e o volume inicial da massa na proveta. As medidas foram obtidas em triplicata e os resultados foram apresentados em mL.

5.2.7.6 Análise da estrutura do miolo

As estruturas dos miolos dos pães foram avaliadas através 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 900 x 900 pixels. A análise das imagens foi realizada com o software Image J® 1.47v (National Institute of Health, USA). Em seguida foram salvas como arquivos em formato de jpeg e foram cortadas para um campo de vista de 900x900 mm. As imagens capturadas foram convertidas para 8-bit em tons de cinza, onde foi realizada a limiarização por meio do algoritmo de Otsu. Desse modo, foi possível obter o número de alvéolos, área, perímetro e circularidade dos poros.

5.2.8 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Confocal

As amostras foram analisadas morfológicamente no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) modelo QUANTA FEG da Central Analítica da Universidade Federal do Ceará, Departamento de Física. Previamente, foram dispostas em fita de carbono e afixadas nos *stubs*, e posteriormente metalizadas com fina camada de ouro, pois as amostras testadas não eram boas condutoras de energia. A superfície foi digitalizada usando ampliação entre 500. \times e 1000 \times . As amostras das massas congeladas foram desidratadas com diferentes concentrações de acetona, assim a água foi sendo retirada sem causar danos drásticos nas estruturas que foram investigadas. Esse processo foi seguido da secagem completa utilizando o Ponto Crítico da Central Analítica.

As análises no Microscópio Confocal (LM710) foram realizadas nas amostras tanto de pão adicionado do pó de malvarisco quanto nos pães revestidos para analisar em quais bandas os compostos apresentam fluorescência, assim, os compostos presentes foram identificados. Sistema de imagem Leica TCS SP com objetivos 16 \times 0,5 IMM PL / PLUOT AR e 40 \times 1,00-0,05 óleo). As amostras foram escaneadas com varredura em diferentes faixas de luz para observar quais as faixas que mais brilham.

5.2.9 Análise estatística

A análise estatística aplicada para avaliar os dados foi a Estatística descritiva clássica (média aritmética, desvio padrão, coeficiente de variação, máximo, mínimo, assimetria e curtose). A verificação da normalidade dos dados para as distribuições de medidas nas variáveis dos tratamentos foi realizada por meio dos testes de simetria e curtose, teste de Shapiro-Wilk e o teste de Kolmogorov e Smirnov, tendo como ponto de partida para análise dos histogramas de frequência.

Conforme Montgomery (2012), os histogramas de frequência são um breviário estruturado dos dados em análise que propiciam a visualização das distribuições de frequências e rendem cerca de 50 informações relativas à forma, localização e variabilidade dos dados, assim é possível determinar o centro e a dispersão dos dados.

Para a normalidade dos dados foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) que analisou as diferenças significativas entre os tratamentos, ao nível de 5% de significância. E as diferenças encontradas foram avaliadas pelo teste de médias de Tukey.

A análise de regressão multivariada, foi utilizada para considerar os efeitos das variáveis nos parâmetros de qualidade das massas e dos pães, especialmente, a de segunda ordem, seguindo a equação 17.

Onde:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 \quad (17)$$

Y = Variável dependente;

X1 = Componente 1 da solução de glazeamento;

X2 = Componente 2 da solução de glazeamento;

β_0 = Constante do intercepto;

β_1 e β_2 = Coeficientes de efeitos lineares;

β_{11} e β_{22} = Coeficientes de efeitos quadráticos;

β_{12} = Coeficiente de efeito e interação entre as variáveis.

Nos modelos matemáticos que serão gerados observou-se a significância da regressão através do teste F, falta de ajuste não significativa e pelo coeficiente de correlação (R). A partir destas análises estatísticas foi possível gerar as superfícies de resposta e curvas de contorno validadas estatisticamente e que a influência das variáveis independentes sobre as características de qualidade das massas e dos pães submetidos ao revestimento.

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Análises dos ensaios do DCCR dos pães revestidos com pó do malvarisco

A tabela 7 apresenta os resultados médios das variáveis para cada ensaio após a análise de variância e teste de média de Tukey. Pelos resultados obtidos, pode-se notar que quanto maior a quantidade de malvarisco adicionada, menor foi o volume específico apresentado pelos pães. Podendo correlacionar esse efeito com o alto teor de minerais e fibras, como citado por Arumugam; Swamy; Sinniah (2016). A maior concentração do pó de malvarisco, também aumentou a viscosidade do revestimento e esse fato pode ter sido responsável por contribuir para a redução do volume específico.

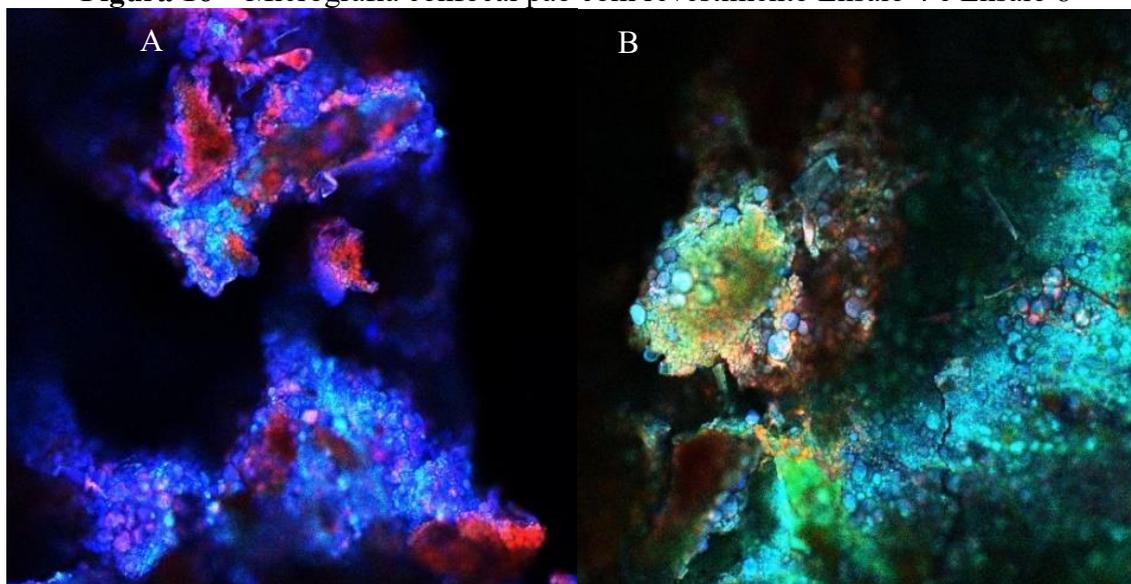
Tabela 7 – Propriedades físicas dos pães produzidos pelos ensaios do DCCR.

Ensaio	Volume Específico (mL/g)	Densidade (g/mL)	Volume Produzido (mL)	Número de Alvéolos	Circularidade	Índice de Expansão
1	2,86 ^d ±0,03	0,34 ^c ±0,00	13,66 ^b ±0,57	444 ^e ±6,00	0,790 ^e ±0,01	1,81 ^e ±0,01
2	3,93 ^a ±0,03	0,25 ^b ±0,00	21,00 ^{ce} ±1,00	1027 ^a ±4,00	0,950 ^a ±0,01	4,94 ^a ±0,04
3	3,05 ^c ±0,05	0,32 ^a ±0,00	20,00 ^{ce} ±1,00	716 ^g ±5,00	0,800 ^{de} ±0,01	3,26 ^b ±0,01
4	3,37 ^e ±0,06	0,29 ^e ±0,00	19,33 ^{cd} ±1,15	810 ^c ±5,00	0,810 ^{de} ±0,01	2,31 ^d ±0,01
5	3,37 ^e ±0,03	0,29 ^e ±0,00	19,33 ^{cd} ±1,52	855 ^f ±2,00	0,863 ^c ±0,01	2,57 ^c ±0,01
6	3,56 ^b ±0,03	0,28 ^e ±0,00	21,66 ^{ce} ±1,52	893 ^b ±2,00	0,863 ^c ±0,01	1,41 ^f ±0,01
7	3,40 ^e ±0,04	0,29 ^e ±0,00	15,66 ^{ab} ±2,08	853 ^f ±4,00	0,870 ^b ±0,01	3,09 ^g ±0,02
8	3,29 ^{ef} ±0,08	0,30 ^d ±0,00	17,66 ^{ad} ±1,15	758 ^d ±2,00	0,866 ^{bc} ±0,01	3,12 ^g ±0,03
9	3,22 ^f ±0,05	0,30 ^d ±0,00	19,00 ^{cd} ±1,12	712 ^g ±2,00	0,810 ^{de} ±0,01	2,98 ^h ±0,01
10	3,19 ^f ±0,03	0,31 ^d ±0,00	19,00 ^{cd} ±1,25	719 ^g ±3,00	0,816 ^d ±0,01	2,95 ^h ±0,03
11	3,23 ^f ±0,01	0,31 ^d ±0,00	19,00 ^{cd} ±1,17	715 ^g ±6,00	0,823 ^d ±0,01	2,97 ^h ±0,2

¹Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa, ao nível de 5% de significância.

Para a densidade os valores foram de 0,25 (ensaio 2) a 0,34 (ensaio 1). Observou-se a ausência de diferenças significativas entre os ensaios 4, 5, 6 e 7, bem como entre os ensaios 8, 9, 10 e 11. Os únicos ensaios que diferiram estatisticamente de todos os outros foram os ensaios 1, 2 e 3. Este resultado pode ser explicado pelo baixo nível de variabilidade da variável densidade, em comparação com o volume específico, por exemplo.

A figura 16 mostra, através da micrografia confocal, a interação do revestimento do ensaio 4 (A) e do ensaio 8 (B), respectivamente, nas crostas dos pães. Podemos observar a concentração do malvarisco do ensaio 4 e como ele se espalhou melhor na crosta do pão com revestimento do ensaio 8.

Figura 16 – Micrografia confocal pão com revestimento Ensaio 4 e Ensaio 8

Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2022

O volume produzido das massas durante o processo de fermentação variou de 21,66 mL para o pão revestido com a formulação contendo 8,01% de malvarisco e amido modificado em solução de 1,5% de ácido ascórbico, contudo, este resultado não foi diferente, estatisticamente, dos ensaios 2 (adicionado de 5,0% de malvarisco e amido modificado com 2,0% de solução de ácido ascórbico e 3 (adicionado de 7,5% de malvarisco e amido modificado com 1,0% de ácido ascórbico). O menor volume produzido foi obtido pelo ensaio 1, com 13,66 mL quando a adição de malvarisco foi de 5,0% e o amido modificado com apenas 1,0% de solução de ácido ascórbico.

Com relação ao índice de expansão, podemos observar que o maior valor (4,94) obtido foi para o ensaio 2, que possui o revestimento produzido com 2,0% de ácido ascórbico no processo de modificação de amido e adicionado de 5,0% de malvarisco, enquanto o menor valor foi observado para o ensaio 6, adicionado de 8,01% de malvarisco e o amido modificado com 1,5% de ácido ascórbico. Não se verificou diferença significativa entre os ensaios 7 e 8, ou seja, mantendo-se a quantidade de malvarisco constante em 6,25%, o fato de o amido ser modificado com 0,8% ou 2,2% de ácido ascórbico não provocou diferença no índice de expansão dos pães, além disto, os pontos centrais não diferiram entre si estatisticamente, ao nível de 5% de significância.

O maior número de alvéolos foi encontrado para o ensaio 2, obtendo o valor de 1027 alvéolos, mostrando uma estrutura de miolo bem porosa, resultado de um processo de fermentação bem conduzido e com a ausência de interferentes significativos. Mesmo com a adição de 5,0% de malvarisco, a inclusão do amido modificado com 2,0% de ácido ascórbico mostrou-se muito eficaz se compararmos, por exemplo, com o ensaio 1. Ele possui a mesma quantidade de malvarisco na formulação, contudo, com metade do ácido ascórbico utilizado e o resultado apresentou menos da metade com relação aos alvéolos formados.

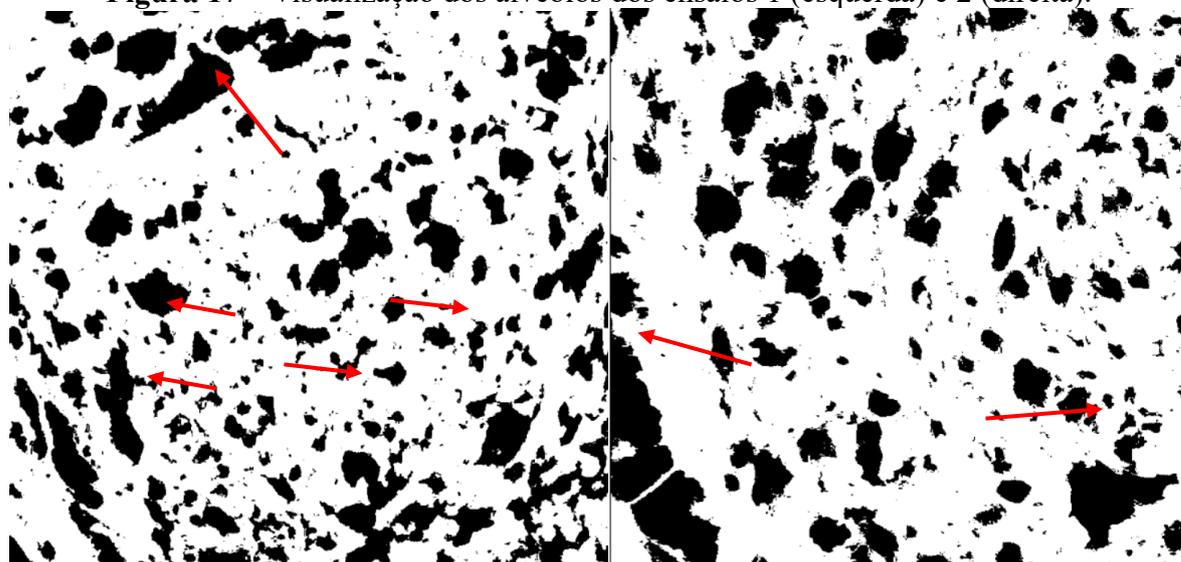
Não foram identificadas diferenças significativas entre os ensaios 2, 9, 10 e 11, bem como entre o 5 e o 7. Este último resultado nos mostra que, apesar de fazermos a modificação do amido com o valor de 1,5% correlacionado com 4,48% de malvarisco e, se aumentarmos a quantidade de malvarisco para 6,25% e reduzir para 0,8% a modificação do amido, o resultado é semelhante estatisticamente. Portanto, podemos inferir que existe, de fato, uma quantidade ótima e equilibrada entre a quantidade de ácido aplicada na modificação do amido e o montante de malvarisco utilizado. Neste sentido, por enquanto, a combinação 2,0% de ácido e 5,0% de malvarisco mostra-se a mais eficaz com relação as propriedades físicas de qualidade dos pães.

Para o parâmetro de circularidade o menor valor foi encontrado para o ensaio 1, obtendo 0,790, enquanto o maior valor foi o visualizado para o ensaio 2 (0,950). Este resultado

é diretamente ligado o número de alvéolos, quanto menor a quantidade de alvéolos formados, maior a probabilidade de formação de fendas, o que prejudica a circularidade, como podemos observar na figura 17 que mostra os alvéolos formados no ensaio 1 e no ensaio 2, respectivamente.

As setas indicam a junção de alvéolos com a respectiva formação de fendas, o que sugerem redução da capacidade fermentativa e danos à rede de glúten, por conta da inclusão do malvarisco, por exemplo. Pode-se notar que os alvéolos formados no ensaio 2 apresenta a menor quantidade de fendas, quando comparado ao ensaio 1.

Figura 17 – Visualização dos alvéolos dos ensaios 1 (esquerda) e 2 (direita).



Fonte: Autor

5.3.2 Fator de Expansão

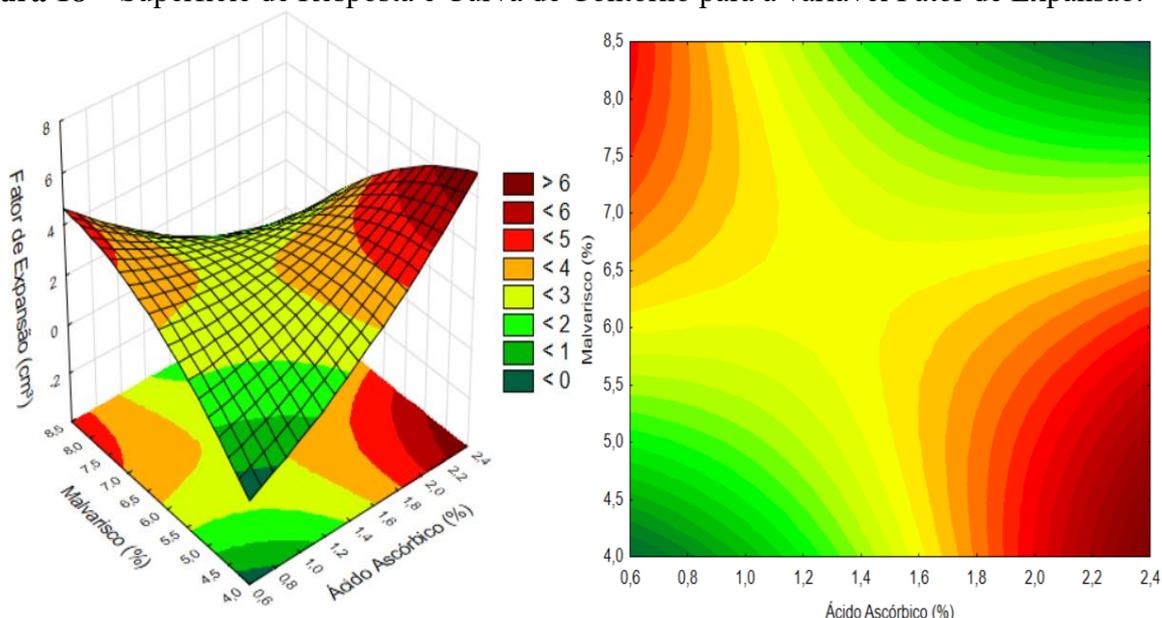
De acordo com os resultados obtidos no Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), foi possível a elaboração de um modelo matemático. O Ajuste (R^2) dos dados ao modelo foi de 0,9538. A equação 18 demonstra o cálculo do fator de expansão.

$$\text{Fator de Expansão} = 2,96 + 0,55 (\text{Ácido Ascórbico}) + 0,41 (\text{Ácido Ascórbico})^2 - 0,71 (\text{Malvarisco}) - 0,71 (\text{Malvarisco})^2 - 2,03 (\text{Malvarisco} \times \text{Ácido Ascórbico}). \quad (18)$$

Neste caso, pode-se verificar que o ácido ascórbico, tanto no modelo linear, quanto no quadrático, apresentou efeito positivo sobre o fator de expansão dos pães, segundo Clemente, Silva, Saraiva (2010) a interação entre ácido tânico e o ácido ascórbico pode ter causado um

efeito fortalecedor na rede do glúten. Por sua vez, o Malvarisco produziu efeito negativo para a variável fator de expansão. Este comportamento era esperado uma vez que o Malvarisco possui consideráveis teores de cinzas e fibras em sua composição, e, estes componentes, promovem fissuras e danos na rede do glúten, o que prejudica a retenção do gás carbônico necessário para processos expansivos. A Figura 18 apresenta a superfície de resposta e a curva de contorno para a variável Fator de Expansão.

Figura 18 – Superfície de Resposta e Curva de Contorno para a variável Fator de Expansão.



A partir dos resultados, pode-se observar que o ácido ascórbico, quando correlacionado com no máximo 6,0% de adição de Malvarisco proporciona fatores de expansão superiores a 4,00 cm³, desde que a quantidade de ácido ascórbico utilizada na modificação do amido presente no revestimento seja superior a 1,7%. A capacidade que o ácido ascórbico tem em promover o aumento da expansão se deve a modificação promovida no amido. Segundo o estudo de Majzoobi *et al.* (2015), a modificação do amido com diferentes proporções de ácido ascórbico reduziu o pH, a absorção de água, viscosidade e a firmeza, ao mesmo tempo foi capaz de aumentar a solubilidade do amido em água fria, aumentou a turbidez e melhorou a sinérese. E essas mudanças reológicas podem ter contribuído para o revestimento proteger as massas das perdas de umidade, por exemplo.

5.3.3 Volume Específico

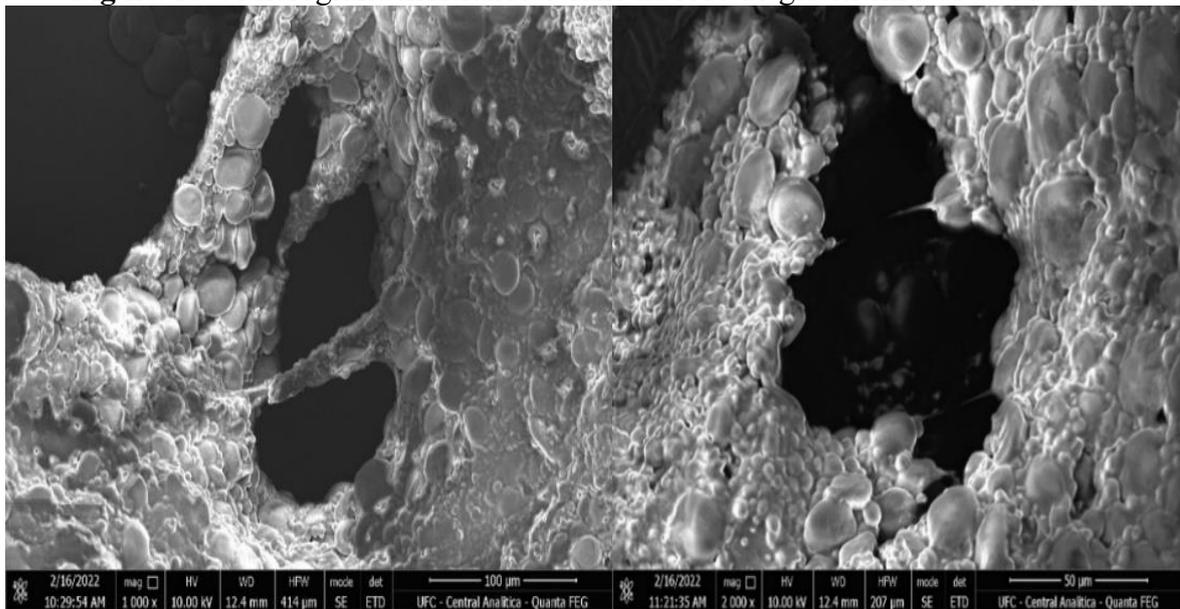
O Volume Específico obteve um modelo significativo, ao nível de 5% de

significância com ajuste de 0,9583. A equação 19 apresenta o modelo matemático gerado:

$$\text{Volume Específico} = 3,22 + 0,21 (\text{Ácido Ascórbico}) + 0,01 (\text{Ácido Ascórbico})^2 - 0,19 (\text{Malvarisco}) - 0,28 (\text{Malvarisco})^2 - 0,18 (\text{Malvarisco} \times \text{Ácido Ascórbico}). \quad (19)$$

O resultado foi similar ao apresentado pelo fator de expansão, contudo, a intensidade dos efeitos foi diferente. Pode-se notar que o Ácido Ascórbico favorece o volume específico, enquanto o Malvarisco o prejudica, como pode ser observado na figura 19 o dano causado na rede do glúten nas massas congeladas por 30 dias (P8T30) e 45 dias (P4T45), respectivamente. Foi identificado também o efeito negativo para o modelo de interação entre as variáveis dependentes.

Figura 19 – Micrografia mostrando o dano na rede do glúten em P8T30 e P4T45

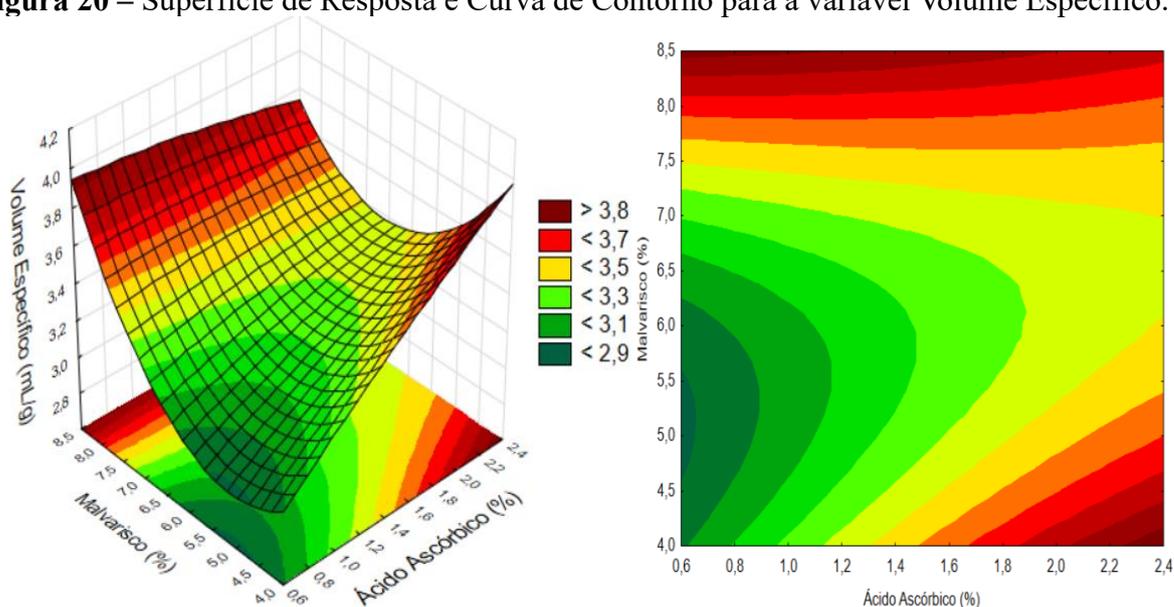


Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2022.

Na Figura 20 é possível observar o comportamento do Volume Específico em função da quantidade de Malvarisco e de Ácido Ascórbico empregadas no revestimento comestível.

O resultado mostra que o ácido ascórbico é efetivo no aumento do volume específico dos pães a partir do momento em que a quantidade é superior a 1,8%, independentemente da quantidade de malvarisco empregada, contudo, os maiores volumes específicos foram observados quando a adição de malvarisco foi, de no máximo, 5,0%.

Figura 20 – Superfície de Resposta e Curva de Contorno para a variável Volume Específico.



Podemos atribuir esse efeito negativo do malvarisco quando adicionado em maior quantidade a seu teor de fibras que pode gerar uma competição pela água presente na massa, como visto por DÖRING *et al.* (2015) em suas análises.

5.3.4 Densidade

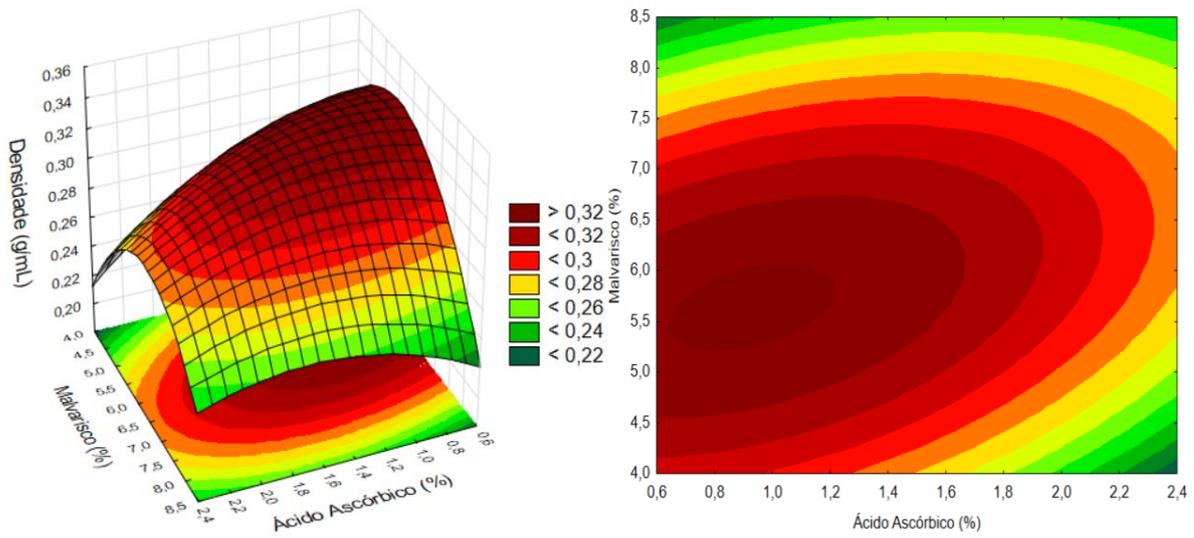
Com relação a densidade, o modelo matemático foi significativo com ajuste de 0,9328. Todas as variáveis apresentaram significância. A equação 20 mostra o comportamento da densidade em função do ácido ascórbico e do malvarisco.

$$\text{Densidade} = 0,32 - 0,02 (\text{Ácido Ascórbico}) - 0,01 (\text{Ácido Ascórbico})^2 + 0,01 (\text{Malvarisco}) + 0,03 (\text{Malvarisco})^2 + 0,01 (\text{Malvarisco} \times \text{Ácido Ascórbico}). \quad (20)$$

Podemos verificar que o ácido ascórbico possui a capacidade de reduzir a densidade do pão, o que é um fator positivo, pois pães muito densos causam rejeição do consumidor. Por outro lado, o malvarisco por possuir ingredientes não formadores de glúten em sua composição e uma quantidade significativa de minerais e fibras que, podem danificar as proteínas do glúten acabam por prejudicar o processo de expansão fazendo com que o pão apresente menor volume e maior densidade.

A Figura 21 mostra o comportamento da densidade em função da quantidade de ácido ascórbico e malvarisco na densidade dos pães.

Figura 21 – Superfície de Resposta e Curva de Contorno para a densidade dos pães.



No caso da densidade, foi possível obter um ponto de otimização para os valores de máximo, contudo, na panificação, o desejável é que se encontre o mínimo desta função. Pois a densidade causa rejeição por parte do consumidor, uma vez que o pão se torna pesado e com o miolo com tendência a gomosidade. Podemos verificar que o malvarisco é o grande responsável pelo aumento da densidade dos pães, mesmo com a adição do ácido ascórbico de até 1,4%. Portanto, para esta variável, é desejável a adição de até 5,0% de malvarisco correlacionando com, pelo menos, 1,8% de ácido ascórbico.

5.3.5 Volume Produzido

Para a variável volume produzido o ajuste do modelo matemático foi de 0,9295. Todas as variáveis, tanto no modelo linear, quadrático e de interação foram significativos ao nível de 5% de significância. A equação do modelo é apresentada na equação 21.

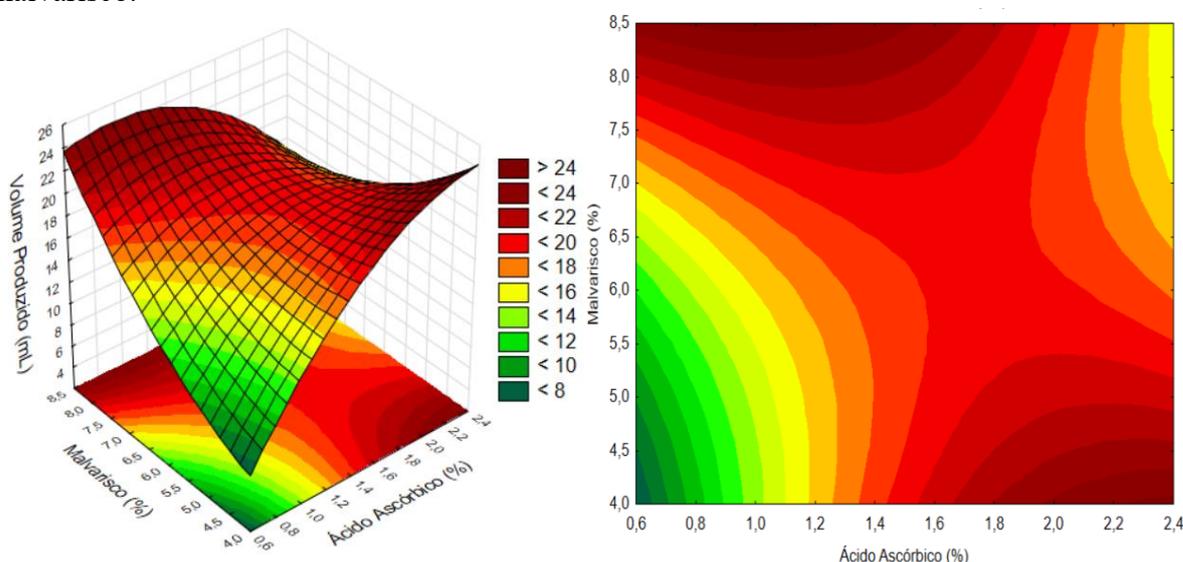
$$\text{Volume Produzido} = 18,99 + 2,39 (\text{Ácido Ascórbico}) - 2,41 (\text{Ácido Ascórbico})^2 - 1,99 (\text{Malvarisco}) - 1,47 (\text{Malvarisco})^2 - 4,00 (\text{Malvarisco} \times \text{Ácido Ascórbico}). \quad (21)$$

O modelo matemático mostra que o volume produzido é afetado positivamente pelo ácido ascórbico em seu modelo linear, entretanto, o efeito pelo modelo quadrático é negativo. Este comportamento sugere que existe um valor ‘ótimo’ de incorporação do ácido ascórbico no revestimento, e, a partir deste valor, o ácido é prejudicial para o volume dos pães.

Uma das hipóteses para isto é a acidificação da massa o que pode promover alteração na atividade do fermento biológico inserido nas formulações, reduzindo a atividade fermentativa e, por consequência, o volume produzido durante este processo. O malvarisco, em seu modelo linear e quadrático, bem como o modelo de interação apresentaram efeitos negativos sob o volume produzido.

A Figura 22 mostra a superfície de resposta e a curva de contorno para a variável volume produzido.

Figura 22 –. Comportamento do volume produzido em função do ácido ascórbico e do malvarisco.



O resultado obtido foi semelhante para o volume específico e para o fator de expansão, contudo, podemos notar que o malvarisco promoveu um efeito negativo menor sob o volume produzido dos pães, conduzindo para valores inferiores a 20 mL quando correlacionado com valores inferiores a 1,4% de ácido ascórbico adicionado. Pode-se notar que, independente da quantidade de malvarisco adicionada, se o ácido ascórbico estiver em quantidade superior a 1,6% o volume produzido é superior a 22 mL.

5.3.6 Número de Alvéolos

Partindo para os resultados obtidos para o número de alvéolos, o modelo matemático foi significativo e apresentou ajuste de 0,9486. Esta é uma variável importante pois mede a porosidade do miolo, ou seja, se os alvéolos formados durante o processo de mistura da massa foram preenchidos pelos gases produzidos durante o processo fermentativo. Pães com

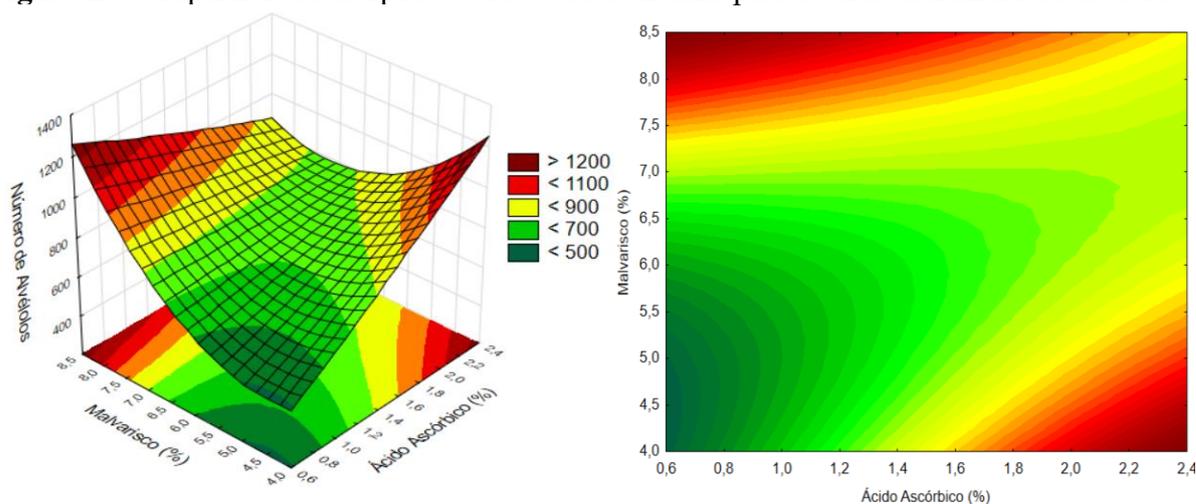
grande número de alvéolos são mais porosos e apresentam menor densidade, o que auxilia na aceitabilidade por parte do consumidor.

A equação 22 apresenta a relação entre o número de alvéolos e a quantidade de ácido ascórbico e de malvarisco adicionadas nas formulações do revestimento comestível.

$$\text{Número de Alvéolos} = 716 + 103 (\text{Ácido Ascórbico}) + 20 (\text{Ácido Ascórbico})^2 - 108 (\text{Malvarisco}) - 146 (\text{Malvarisco})^2 - 177 (\text{Malvarisco} \times \text{Ácido Ascórbico}). \quad (22)$$

Verificou-se que o ácido ascórbico promove o aumento do número de alvéolos e o malvarisco promove a redução deste número, bem como a interação entre as duas variáveis independentes. A figura 23 mostra a superfície de resposta e a curva de contorno geradas para a variável número de alvéolos.

Figura 23 – Superfície de Resposta e Curva de Contorno para a variável número de alvéolos.

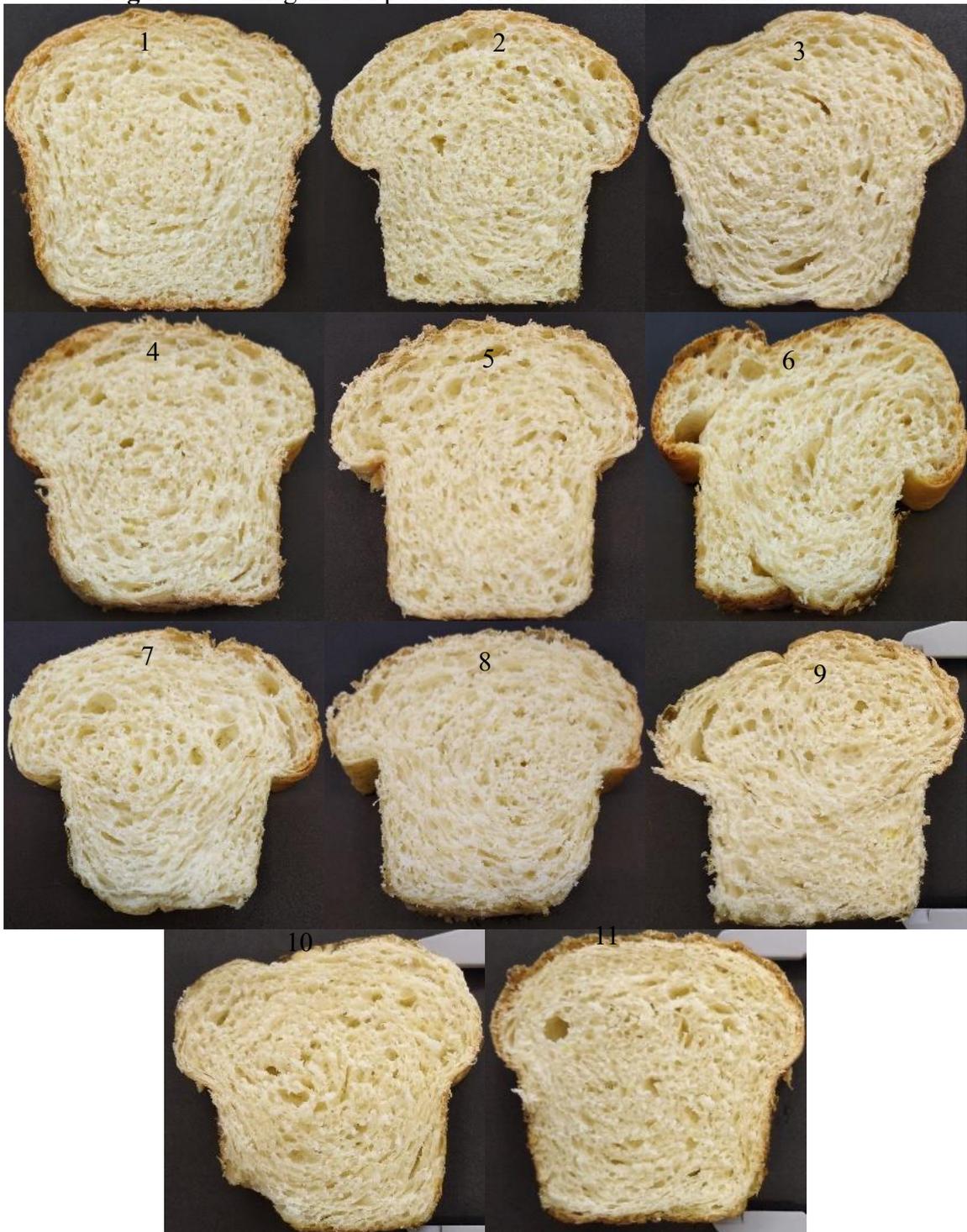


O Número de Alvéolos aumentou à medida em que a quantidade de ácido ascórbico foi elevada na formulação do revestimento comestível. Os melhores resultados obtiveram número de alvéolos superior a 1000, e encontram-se nas regiões de incorporação de até 5,0% de malvarisco correlacionado com a adição de 1,8% a 2,20% de ácido ascórbico. Quando a incorporação de ácido ascórbico nas formulações do revestimento comestível foi abaixo de 1,4%, independentemente da quantidade de malvarisco incorporada, o resultado foi inferior a 900 alvéolos.

A figura 24 tem as imagens das fatias de pão que foram revestidos com os tratamentos sugeridos pelo DCCR e pode ser observado o miolo dos pães e o aspecto das massas sem congelamento.

Os pães com menor número de alvéolos tendem a apresentar menor volume e maior densidade, além disto, o grau de circularidade destes alvéolos também é importante, pois nos fornece informações sobre a união de alvéolos, com posterior formação de fendas. Este comportamento é sugestivo para danos à rede do glúten.

Figura 24 – Imagens dos pães revestidos com os 11 tratamentos



Fonte: Autor

A circularidade dos alvéolos também obteve modelo matemático significativo, considerando o nível de 5% de significância, com ajuste do modelo matemático aos dados experimentais de 0,9658.

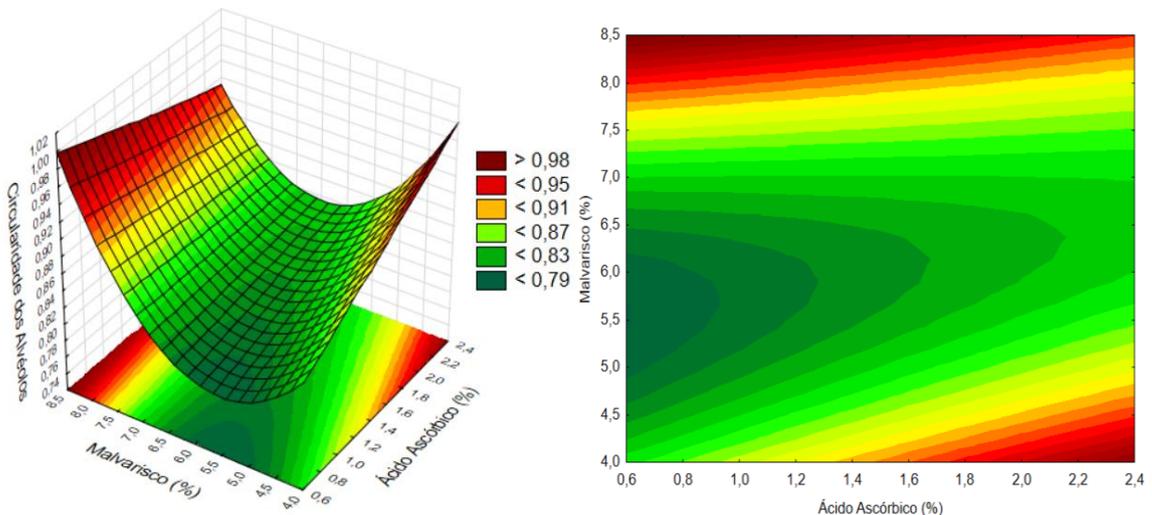
A equação 23 apresenta o modelo matemático que explica o comportamento da circularidade dos alvéolos dos pães em função das diferentes proporções de ácido ascórbico e malvarisco nas formulações de revestimento comestível.

$$\text{Circularidade} = 0,81 + 0,01 (\text{Ácido Ascórbico}) + 0,01 (\text{Ácido Ascórbico})^2 - 0,02 (\text{Malvarisco}) - 0,07 (\text{Malvarisco})^2 - 0,03 (\text{Malvarisco} \times \text{Ácido Ascórbico}). \quad (23)$$

A partir da análise do modelo matemático gerado, pode-se perceber que o ácido ascórbico promove efeitos positivos para a circularidade dos alvéolos dos pães, ou seja, quanto maior a quantidade empregada de ácido no revestimento, mais circulares são os alvéolos. Enquanto, para o Malvarisco, o efeito é o oposto, por conta de sua composição danosa à rede do glúten esta matéria-prima promove fissuras e danos que proporcionam a formação de fissuras nos alvéolos, reduzindo a sua circularidade.

A figura 25 mostra o comportamento da circularidade dos alvéolos em função do ácido ascórbico e do malvarisco.

Figura 25 – Superfície de Resposta e Curva de Contorno para a circularidade dos alvéolos



A partir dos resultados obtidos, verificamos que a circularidade dos alvéolos foi superior a 0,90 quando a quantidade máxima de malvarisco foi de 4,5%, correlacionado com elevados valores de ácido ascórbico (> 1,8%). Este resultado mostra que, apesar de haver danos

à rede do glúten por parte do malvarisco, modificar o amido com ácido ascórbico pode amenizar estes impactos negativos e fazer com que o revestimento acrescente componentes nutricionais ao pão, sem que prejudique fortemente a sua qualidade de modo que o produto fique inviabilizado para o consumidor.

5.3.7 Índice de Expansão

O modelo matemático gerado para o índice de expansão dos pães a partir dos resultados obtidos foi significativo. O ajuste do modelo foi de 0,90248. A equação 24 apresenta o modelo matemático que explica o comportamento do índice de expansão em função da quantidade de ácido ascórbico e de malvarisco.

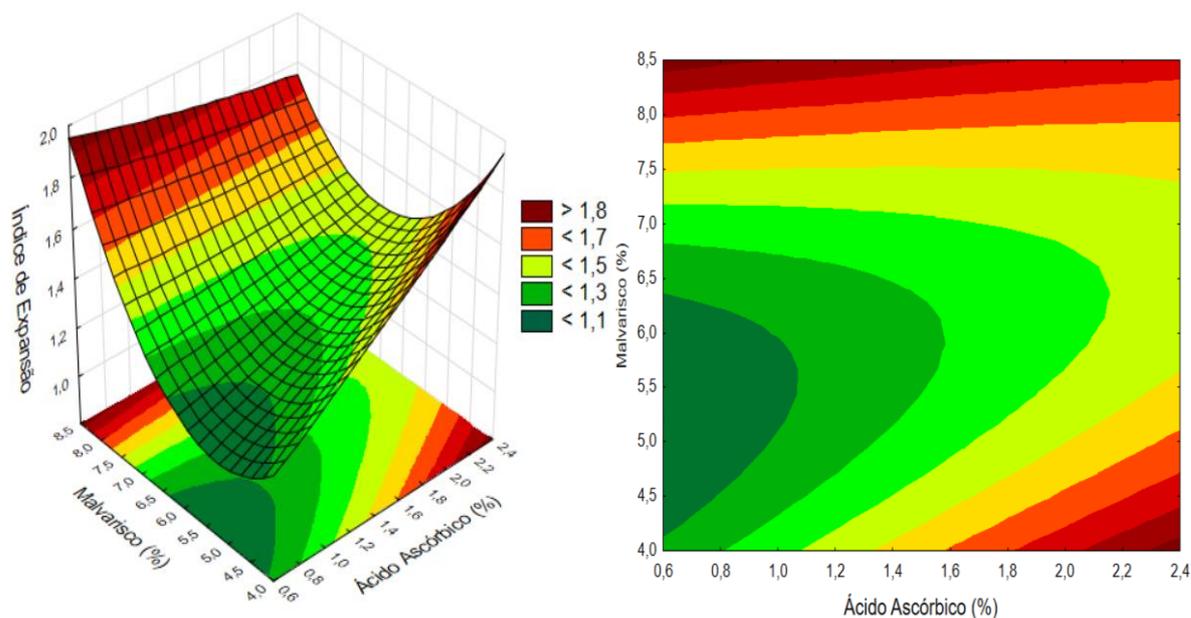
$$\text{Índice de Expansão} = 1,29 + 0,14 (\text{Ácido Ascórbico}) + 0,01 (\text{Ácido Ascórbico})^2 - 0,14 (\text{Malvarisco}) - 0,25 (\text{Malvarisco})^2 - 0,14 (\text{Malvarisco} \times \text{Ácido Ascórbico}). \quad (24)$$

Verificou-se que o ácido ascórbico promove a melhoria do índice de expansão dos pães. O resultado era esperado, uma vez que o ácido pode promover a expansão do amido e o índice de expansão leva em consideração não somente o aumento do volume durante a fermentação das massas, mas também na expansão durante a etapa de forneamento. A modificação do amido com ácido ascórbico foi estudada por Bajer; Burkowska-But (2022) que essas modificações alteram as propriedades mecânicas e térmicas dos materiais que o amido é adicionado. Por outro lado, o malvarisco produziu efeitos negativos devido à sua composição, a qual é danosa para a rede do glúten.

A figura 26 mostra o efeito do ácido ascórbico e do malvarisco no índice de expansão dos pães.

O resultado mostra que, a adição de malvarisco prejudica a capacidade de expansão dos pães, contudo, se for fixado um valor de, por exemplo, 6,0% para o malvarisco, podemos notar que à medida em que a quantidade de ácido ascórbico é elevada o índice de expansão dos pães também aumenta. O que pode estar relacionado a mudança nas propriedades reológicas do amido quando tratado com ácido ascórbico, como visto por Majzoobi *et al.* (2015).

Figura 26 – Superfície de Resposta e Curva de Contorno para o índice de expansão dos pães.



Outro fator que corrobora com os resultados encontrados foi o estudo de Al-Attabi *et al.* (2017), que adicionou o ácido ascórbico como melhorador da rede do glúten. A região ótima compreende índice de expansão superior a 1,70 e é obtido quando a adição de malvarisco não ultrapassa 5,0% correlacionado com, pelo menos, 2,0% de ácido ascórbico adicionado no processo de transformação do amido.

5.3.8 Congelamento do pão com os revestimentos do ensaio 4 e ensaio 8

Após as análises realizadas foram escolhidos o revestimento 4, com modificação do amido com 2% de ácido ascórbico e 7,5% de adição do malvarisco, e o revestimento 8 com 2,2% de ácido ascórbico no amido modificado e 6,25% de malvarisco adicionado.

A tabela 8 expressa os resultados das propriedades físicas dos pães congelados por 60 dias para os tratamentos dos ensaios 4 e 8.

Verificou-se que o número dos alvéolos formados e da circularidade foram superiores na amostra P8 do que na P4. O resultado se deve justamente a amostra P4 apresentar maior quantidade de malvarisco em sua composição e, por isso, as propriedades físicas são menores por conta dos danos ocasionados à rede do glúten. De modo geral, a redução do número de alvéolos foi de 34,38% para a amostra P8 e de 35,05% para a amostra P4.

Tabela 8 – Propriedades físicas dos pães produzidos a partir de massas revestidas e armazenada sob congelamento por até 60 dias.

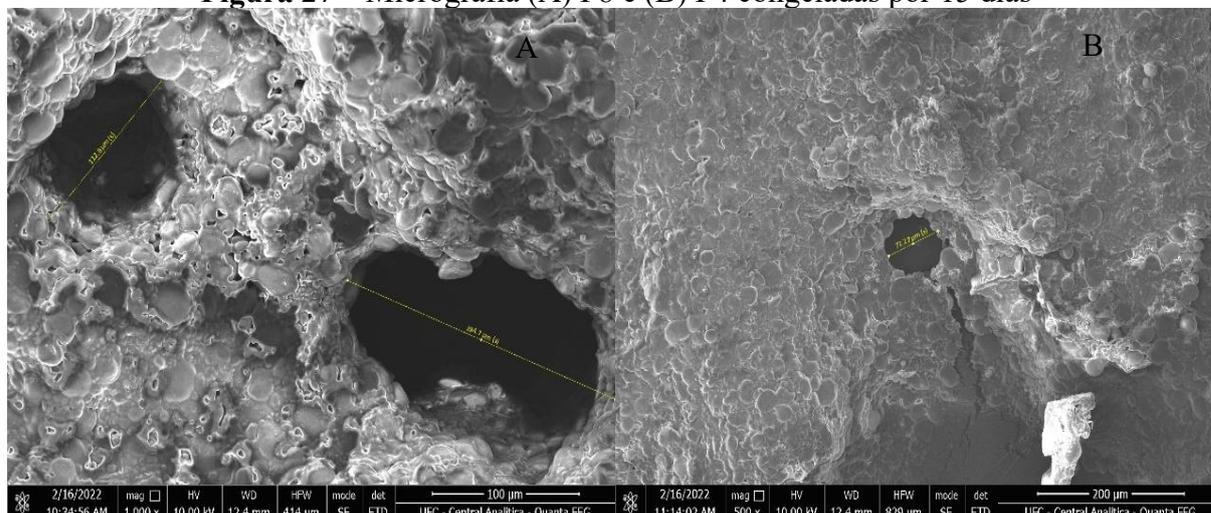
Amostras	Análise	0	15	30	45	60
P8	Volume	3,02 ^{aA} ±0,01	3,03 ^{aA} ±0,01	2,93 ^{bA} ±0,03	2,76 ^{cA} ±0,01	2,55 ^{dA} ±0,05
P4	Específico (mL/g)	2,85 ^{aB} ±0,05	2,82 ^{aB} ±0,01	2,77 ^{bB} ±0,01	2,67 ^{cB} ±0,02	2,44 ^{dB} ±0,04
P8	Densidade	0,33 ^{aA} ±0,01	0,34 ^{aA} ±0,01	0,41 ^{bA} ±0,01	0,44 ^{cA} ±0,01	0,47 ^{dA} ±0,01
P4	(g/mL)	0,34 ^{aA} ±0,01	0,35 ^{aA} ±0,01	0,37 ^{bB} ±0,01	0,41 ^{cB} ±0,01	0,44 ^{dB} ±0,01
P8	Fator de	4,30 ^{aA} ±0,03	4,27 ^{bA} ±0,05	4,12 ^{cA} ±0,03	3,79 ^{dA} ±0,03	3,13 ^{eA} ±0,04
P4	Expansão (cm ³)	4,11 ^{aB} ±0,03	3,82 ^{bB} ±0,01	3,80 ^{cB} ±0,03	3,72 ^{dB} ±0,01	3,07 ^{eB} ±0,02
P8	Volume	23,00 ^{aA} ±1,00	20,33 ^{bA} ±0,57	17,66 ^{cA} ±0,58	13,33 ^{dA} ±0,48	10,68 ^{eA} ±0,57
P4	Produzido (mL)	18,00 ^{aB} ±1,00	13,00 ^{bB} ±1,73	11,33 ^{cB} ±1,57	11,33 ^{dB} ±0,57	8,33 ^{dB} ±0,57
P8	Índice de	1,45 ^{aA} ±0,03	1,42 ^{aA} ±0,01	1,36 ^{bA} ±0,01	1,23 ^{cA} ±0,02	1,14 ^{dA} ±0,04
P4	Expansão	1,33 ^{aB} ±0,01	1,31 ^{aB} ±0,01	1,24 ^{bB} ±0,03	1,19 ^{bB} ±0,01	1,06 ^{cB} ±0,01
P8	Número de	1236 ^{aA} ±5,00	1230 ^{aA} ±2,00	1141 ^{bA} ±5,00	990 ^{cA} ±7,00	811 ^{dA} ±7,00
P4	Alvéolos	1124 ^{aB} ±4,00	1114 ^{bB} ±4,00	1044 ^{cB} ±13,00	912 ^{dB} ±8,00	730 ^{eB} ±8,00
P8	Circularidade	0,981 ^{aA} ±0,01	0,980 ^{aA} ±0,01	0,954 ^{bA} ±0,01	0,931 ^{cA} ±0,01	0,898 ^{dA} ±0,01
P4		0,948 ^{aB} ±0,01	0,925 ^{bB} ±0,01	0,918 ^{cB} ±0,01	0,906 ^{dB} ±0,01	0,873 ^{eB} ±0,01

¹Letras minúsculas diferentes em uma mesma linha indicam diferença significativa entre os períodos de congelamento, ao nível de 5% de significância. Letras maiúsculas diferentes em uma mesma linha, dentro da mesma análise, indicam diferença significativa entre as amostras, ao nível de 5% de significância. P4: pão revestido com revestimento contendo amido tratado com 2,0% de ácido ascórbico e 7,5% de malvarisco. P8: pão revestido com amido tratado com 2,2% de ácido ascórbico e 6,25% de malvarisco.

A influência das fibras sobre as massas de pães foi estudada por Polaki *et al.* (2010), que identificou os danos causados a área média dos poros, além de danos à circularidade dos poros, impactando nos atributos sensoriais, como o aroma. Foi observado também que as fibras podem causar diluição na rede do glúten e obstáculo na interação amido/proteínas

A micrografia das massas P4 e P8 congeladas na figura 27 apresenta os alvéolos em maior número, como constatado pelas análises físicas, na amostra P8 que apresentou diâmetro de 112,8 µm e 194,7 µm, já na amostra P4 o alvéolo identificado foi de 72,27 µm.

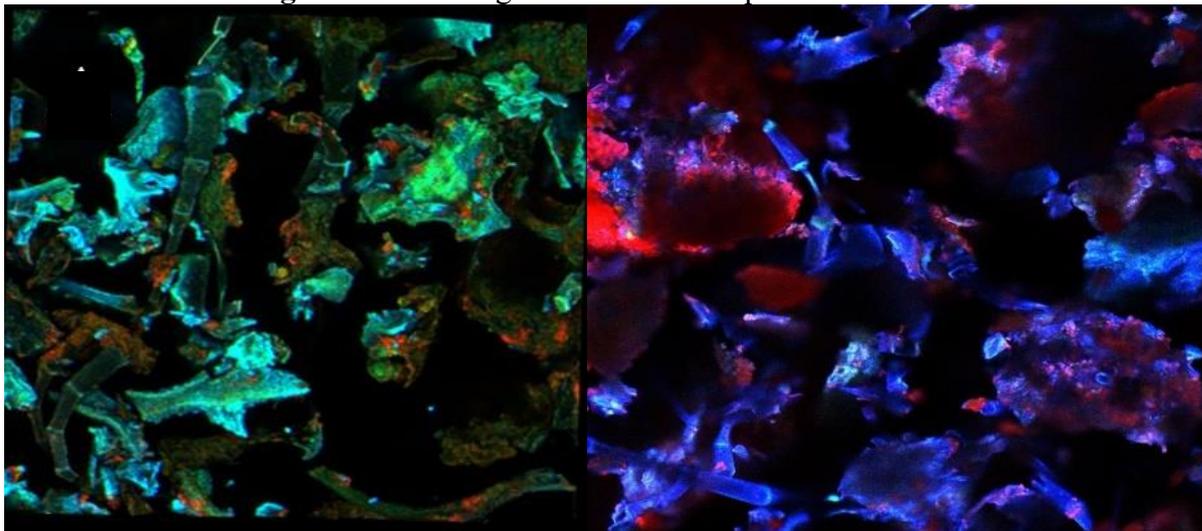
Figura 27 – Micrografia (A) P8 e (B) P4 congeladas por 15 dias



Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2022

De acordo com os resultados obtidos, podemos verificar que, de modo geral, os pães revestidos com o revestimento produzido a partir de amido modificado com 2,2% de ácido ascórbico e adicionado de 6,25% de malvarisco apresentou propriedades físicas superiores ao pão revestido com o revestimento processado com amido modificado com 2,0% de ácido ascórbico e 7,5% de malvarisco.

Figura 28 – Micrografia Confocal do pó de malvarisco

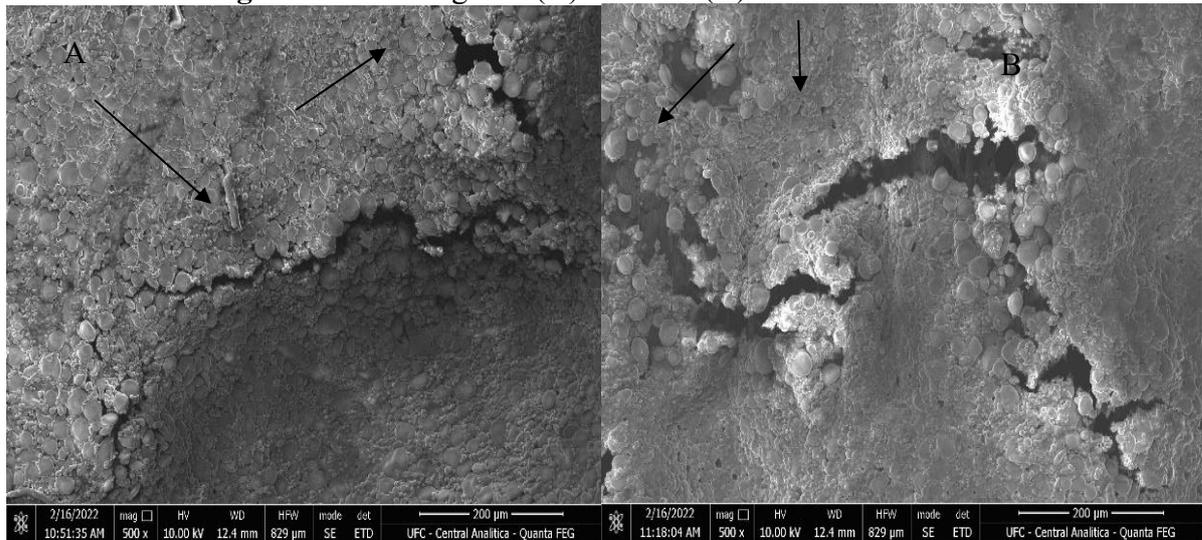


Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2022

Este resultado muito se deve ao percentual de malvarisco adicionado, pois, devido a sua composição centesimal apresentar fibras e minerais, como visto na figura 28 a micrografia do pó do malvarisco que reagiu intensificando as regiões identificando a clorofila e as partes fibrosas. Desse modo, pode haver danos adicionais à rede do glúten por conta destes constituintes e na figura 29 foi observado na micrografia das amostras P8 congelada por 30 dias e P4 congelada por 45 dias, que foram identificadas fissuras nas massas.

Se avaliarmos o volume específico dos pães, por exemplo, entre o tempo zero e o tempo 60 dias, a redução no volume específico para a amostra P8 foi de 15,56%, enquanto para a amostra P4 foi de 14,38%, portanto, o comportamento na redução da qualidade foi similar. Desta forma, ambos os revestimentos possuem capacidade protetora, contudo, pela amostra P4 possuir mais malvarisco na composição, as propriedades físicas de expansão têm como ponto de partida valores mais baixos. Foi observado na micrografia confocal que a amostra P4T60 foi a única que apresentou a penetração do revestimento no interior da massa (figura 30) o que pode ter colaborado na crioproteção.

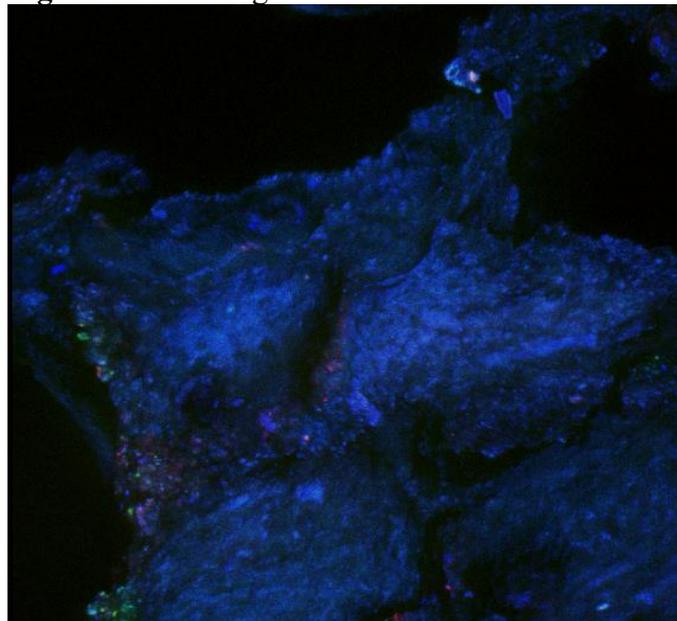
Figura 29 – Micrografia (A) P8T30 e (B)P4T45 com fissuras



Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2022

Para o fator de expansão foi verificado que a amostra P8 apresentou os maiores resultados, quando comparado a amostra P4 em todos os tempos de armazenamento congelado estudados, havendo diferença significativa entre elas. A redução foi de 23,84% para os pães P8 e 25,30% para os pães P4 durante o período de armazenamento congelado. Se compararmos este resultado com o pão adicionado de 5,0% de malvarisco e submetido ao processo de congelamento, o resultado mostra que o revestimento é muito mais eficaz na proteção da massa do que a inclusão do ingrediente como matéria-prima, uma vez que a redução do fator de expansão para o pão adicionado foi de 35,97%.

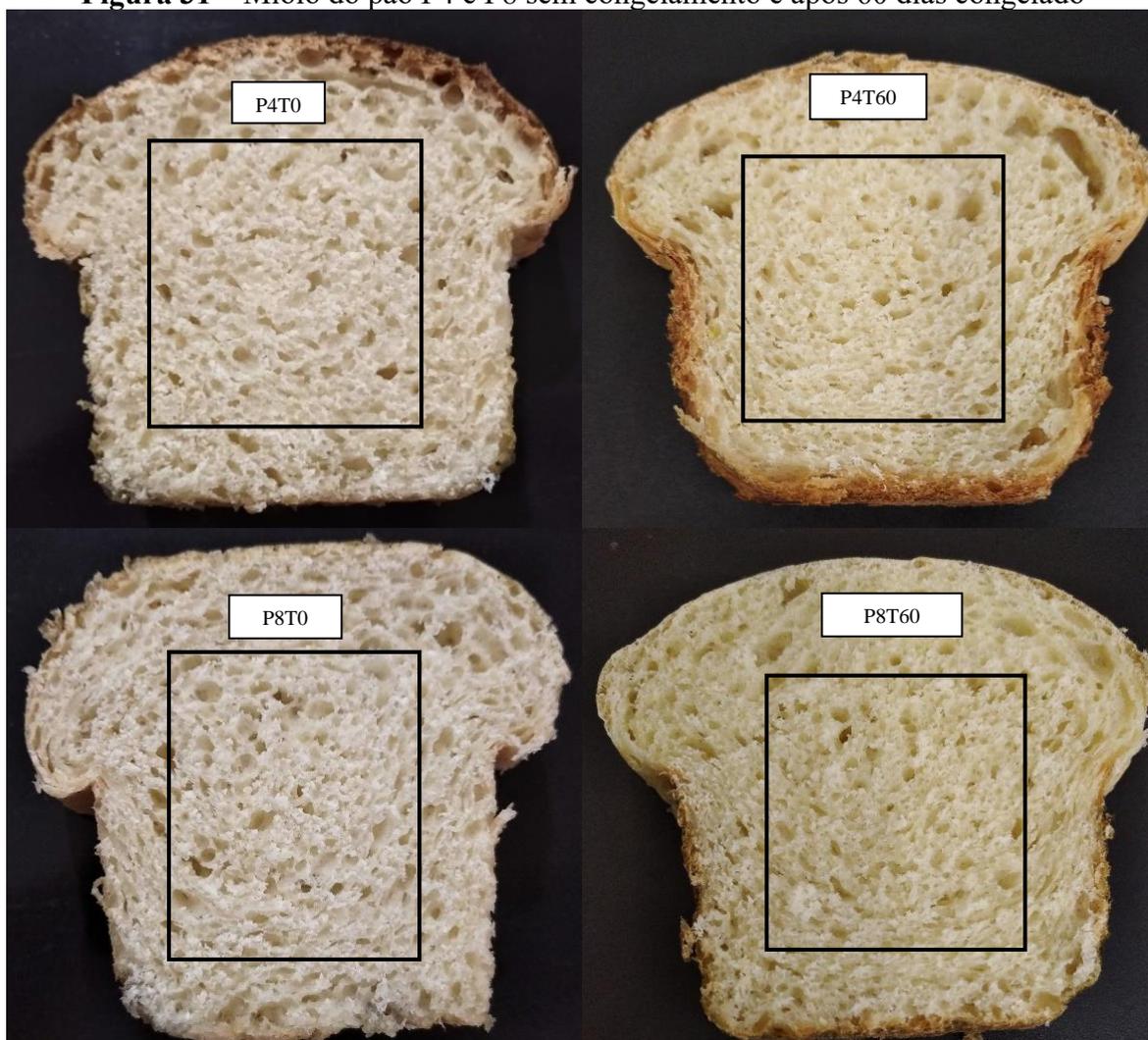
Figura 30 – Micrografia confocal da amostra P4T60



Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2022.

A densidade não apresentou diferenças significativas, ao nível de 5% de significância, para a amostra P8 nos tempos zero e 15 dias, os demais diferiram estatisticamente. O mesmo comportamento ocorreu para a amostra P4 (figura 31). No tempo zero, ambas as amostras não diferiram entre si.

Figura 31 – Miolo do pão P4 e P8 sem congelamento e após 60 dias congelado



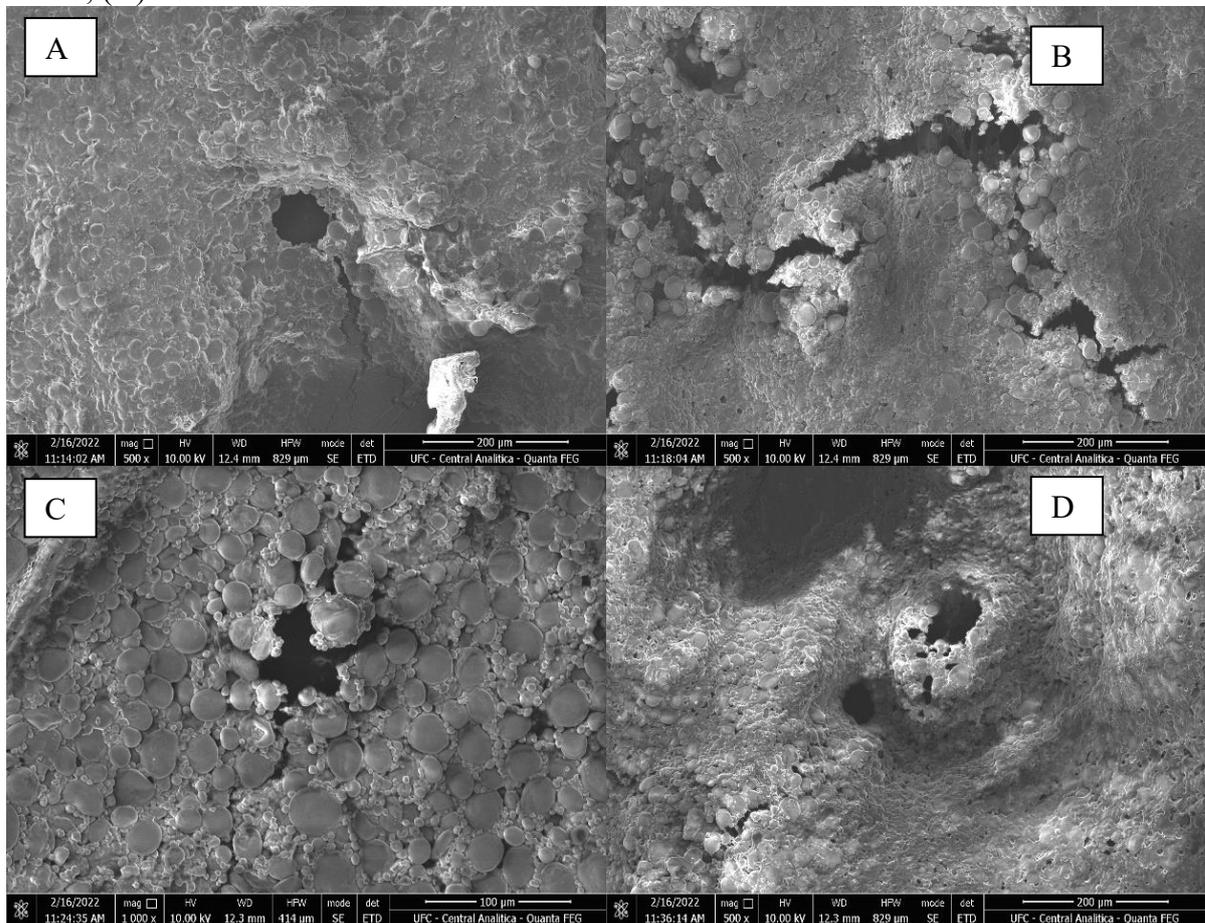
Fonte: Autor.

O volume produzido pelos pães durante o processo de fermentação decresceu, significativamente, à medida em que o tempo de armazenamento congelado foi aumentando. A redução observada para o pão P8 foi de 53,56% e para o pão P4 de 53,72%, desta forma, apresentando comportamento similares. Contudo, se estes tratamentos forem comparados ao pão adicionado de 5,0% de malvarisco os resultados são bem superiores, uma vez que esta amostra teve redução de 71,0% no volume produzido durante 60 dias de armazenamento congelado, o que corrobora para a tese de que a aplicação do revestimento comestível é melhor,

tecnologicamente falando, do que a incorporação do malvarisco direto na formulação da massa.

A micrografia da figura 32 mostra o comportamento das massas revestidas com o tratamento P4 e os danos que foram sendo causados na estrutura das massas com o tempo de congelamento, o que confirma os resultados das análises físicas realizadas nos pães. Quando esses danos internos são observados podemos relacionar ao enfraquecimento da rede do glúten, pois essas fissuras podem ocasionar o escape do gás carbônico que foi produzido pelas leveduras durante o processo de fermentação.

Figura 32 – Micrografia das amostras P4 durante o congelamento (A) P4T15, (B) P4T30, (C) P4T45; (D) P4T60



Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2022

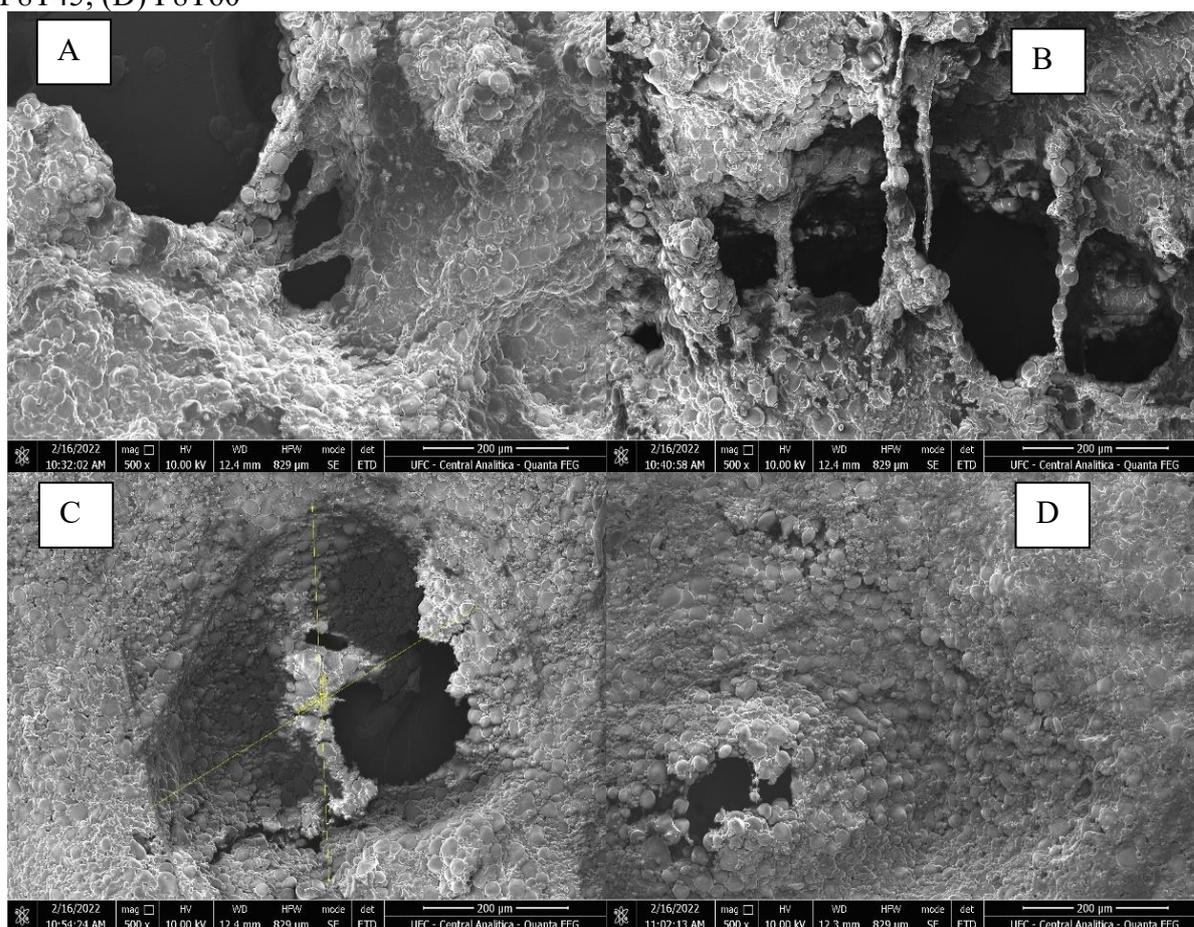
O Índice de Expansão variou de 1,45 a 1,14 para a amostra P8 e de 1,33 a 1,06 para a amostra P4, havendo diferença significativa entre as amostras e entre os tempos de armazenamento congelado.

Verificou-se que o número dos alvéolos formados e da circularidade foram superiores na amostra P8 do que na P4. O resultado se deve justamente a amostra P4 apresentar maior quantidade de malvarisco em sua composição e, por isso, as propriedades físicas são

menores por conta dos danos ocasionados à rede do glúten. De modo geral, a redução do número de alvéolos foi de 34,38% para a amostra P8 e de 35,05% para a amostra P4.

A figura 33 tem as micrografias das amostras P8 durante o período de congelamento e foi observado que os danos internos são menores quando comparados com as amostras do tratamento P4.

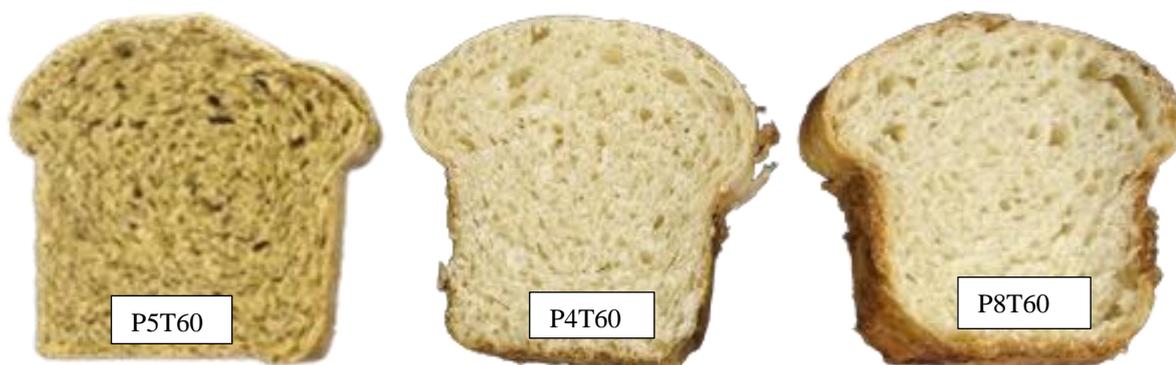
Figura 33 – Micrografia das amostras P8 durante o congelamento (A) P8T15, (B) P8T30, (C) P8T45; (D) P8T60



Fonte: Central Analítica – UFC/Autor, 2022

Uma das hipóteses que pode ser levantada com relação a eficiência dos revestimentos comestíveis, quando comparado a adição do malvarisco diretamente à formulação do pão, é que eles fornecem uma camada protetora externa que reduz à exposição da massa ao frio intenso, formando cristais de gelos mais uniformes e, ao mesmo tempo, não são dispersados por toda a formulação da massa, promovendo danos à rede do glúten por conta dos componentes do malvarisco.

Figura 34 – Comparação entre o pão adicionado de malvarisco com os revestidos



Fonte: Autor

Na figura 34 podemos observar o comparativo do miolo dos pães tanto com o tratamento adicionando 5% do pó de malvarisco na formulação dos pães, quanto as formulações com revestimento. Pelos dados obtidos o volume específico do pão P8T60 apresenta os maiores valores, quando comparado com o tratamento P5T60 e o P4T60. O que corrobora com a tese que o revestimento colaborou na proteção das massas durante o período de 60 dias de congelamento.

5.4 Conclusão

O volume produzido pelos pães durante o processo de fermentação decresceu, significativamente, à medida em que o tempo de armazenamento congelado foi aumentando. A redução observada para o pão P8 foi de 53,56% e para o pão P4 de 53,72%, desta forma, apresentando comportamento similares. Contudo, se estes tratamentos forem comparados ao pão adicionado de 5,0% de malvarisco os resultados são bem superiores, uma vez que esta amostra teve redução de 71,0% no volume produzido durante 60 dias de armazenamento congelado, o que corrobora para a tese de que a aplicação do revestimento comestível é melhor, tecnologicamente falando, do que a incorporação do malvarisco direto na formulação da massa.

REFERÊNCIAS

AL-ATTABI, Z. H.; MERGHANI, T. M.; ALI, A.; RAHMAN, M. S. Effect of barley flour addition on the physico-chemical properties of dough and structure of bread. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 75, p. 61-68, maio 2017. Elsevier BV.

ARUMUGAM, G.; SWAMY, M. K.; SINIAH, U. R. *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng: Botanical, Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance. **Molecules**, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 369, abr. 2016.

BAJER, D.; BURKOWSKA-BUT, A. Innovative and environmentally safe composites based on starch modified with dialdehyde starch, caffeine, or ascorbic acid for applications in the food packaging industry. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 374, p. 131639, abr. 2022. Elsevier BV.

CHOULITOU, E. *et al.* Antimicrobial and antioxidant activity of *Satureja thymbra* in gilthead seabream fillets edible coating. **Food And Bioproducts Processing**, [s.l.], v. 100, p.570-577, out. 2016.

CLEMENTE, E. *et al.* Efeito do ácido ascórbico em massa de pão na presença do ácido tânico. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 2, p. 207-211, 12 jul. 2010. Universidade Estadual de Maringá.

DÖRING, Clemens, *et al.* Impact of arabinoxylan addition on protein microstructure formation in wheat and rye dough. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 154, p. 10-16, jun. 2015. Elsevier BV.

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**, [s.l.], n.105, p. 361–366, 2011.

GALVÃO, A. M. M. T. *et al.* Edible coating based on modified corn starch/tomato powder: Effect on the quality of dough bread. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 89, p.518-524, mar. 2018a.

GALVÃO, A. M. M. T. *et al.* Coating development with modified starch and tomato powder for application in frozen dough. **Food Packaging And Shelf Life**, [s.l.], v. 16, p.194-203, jun. 2018b.

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**, [s.l.], v. 74, n. 2, p. 268-278, 2006.

LIU, J.; LIU, X.; MAN, Y.; LIU, Y. Reduction of acrylamide content in bread crust by starch coating. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 98, n. 1, p. 336-345, 24 jul. 2017.

MAJZOBI, M.; KAVEH, Z.; FARAHNAKY, A.; BLANCHARD, C. L. Physicochemical properties of pregelatinized wheat and corn starches in the presence of different concentrations of L-ascorbic acid. **Starch - Stärke**, [s.l.], v. 67, n. 3-4, p. 303-310, 15 jan. 2015.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**. 8th Edition, John Wiley & Sons, New York, 2012.

NAWAB, A. *et al.* Mango kernel starch-gum composite films: Physical, mechanical and barrier properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 98, p. 869-876, maio 2017.

POLAKI, A.; XASAPIS, P.; FASSEAS, C.; YANNIOTIS, S.; MANDALA, I. Fiber and hydrocolloid content affect the microstructural and sensory characteristics of fresh and frozen stored bread. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 97, n. 1, p. 1-7, mar. 2010.

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**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 2008.

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**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 69-75, 2003.

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

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O malvarisco é uma planta medicinal que vem sendo muito utilizada em pesquisas pelo seu potencial bioativo e utilizamos nas massas de pães para testar sua capacidade de oferecer crioproteção para massas de pães congeladas.

A adição do pó de malvarisco diretamente nas massas apresentou a adição de 5% desse pó como a que causava menor dano tecnológico nas massas, quando comparada com os demais percentuais testados.

O amido modificado com ácido ascórbico foi utilizado para fazer parte da formulação do revestimento adicionado do pó de malvarisco e os dois revestimentos que apresentaram melhores resultados foram os que tinham o maior teor de amido modificado (P8 com 2,2% de amido modificado) e o que tinha o maior teor de adição do pó de malvarisco (P4 com 7,5% do pó de malvarisco).

Embora tenha sido realizado um estudo comparativo entre a adição direta na massa e o revestimento com malvarisco, ainda é necessário aprofundar o estudo para otimizar a forma de adição tanto na massa quanto no revestimento. Além de estudar os efeitos dos compostos bioativos do malvarisco nos pães forneados.

REFERÊNCIA

- AL-ATTABI, Z. H.; MERGHANI, T. M.; ALI, A.; RAHMAN, M. S. Effect of barley flour addition on the physico-chemical properties of dough and structure of bread. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 75, p. 61-68, maio 2017. Elsevier BV.
- ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K. Influence of different enzymes during the frozen storage of pre-baked French bread elaborated with whole-wheat flour. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s.l.], v. 67, n. 2, p. 38-45, 2012.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. Approved Methods **American Association of Cereal Chemists**. 10th ed. Saint Paul: AACC, 2000. v. 2.
- ANGIOLONI, A. *et al.* Small and large deformation tests for the evaluation of frozen dough viscoelastic behaviour. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 87, n. 4, p.527-531, ago. 2008.
- ANTÚNEZ, L. *et al.* Partial replacement of NaCl with KCl in bread: Effect on sensory characteristics and consumer perception. **Journal of Sensory Studies**, [s.l.], v. 33, n. 5, p.12441-12453, 19 jul. 2018.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17. Ed., Washington, 2002.
- APPENDINI, P; HOTCHKISS, J.H. Review of antimicrobial food packaging. **Innovative Food Science & Emerging Thechnologies**, [s.l.], v. 3, ed. 2, p 113-126.
- ARAÚJO, Antonio *et al.* Okra mucilage and corn starch bio-based film to be applied in food. **Polymer Testing**, [s.l.], v. 71, p.352-361, out. 2018.
- ARRANZ-OTAEGUI, A., *et al.* Archaeobotanical evidence reveals the origins of bread 14,400 years ago in northeastern Jordan. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s.l.], 31 July 2018, v. 115, n. 31, pp.7925-7930
- ARUMUGAM, G.; SWAMY, M. K.; SINNIHAH, U. R. *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng: Botanical, Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance. **Molecules**, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 369, abr. 2016.
- BĄCZEK, N.; JARMUŁOWICZ, A.; WRONKOWSKA, M.; HAROS, C. M. Assessment of the glycaemic index, content of bioactive compounds, and their in vitro bioaccessibility in oat-buckwheat breads. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 330, p. 127199, nov. 2020. Elsevier BV.
- BADKE, M. R.; BUDÓ, M. L. D.; ALVIM, N. A. T.; ZANETTI, G. D.; HEISLER, E. V. Saberes e práticas populares de cuidado em saúde com o uso de plantas medicinais **Texto & Contexto Enfermagem**, vol. 21, n. 2, 2012, pp. 363-370. Universidade Federal de Santa Catarina Santa Catarina, Brasil.
- BHATT, P., NEGI, P. S. Antioxidant and antibacterial activities of Indian borage *Plectranthus amboinicus* leaf extracts. **Food Nutr. Sci.**, [s.l.], v. 3, pp. 146-152, 2012.

BAJER, D.; BURKOWSKA-BUT, A. Innovative and environmentally safe composites based on starch modified with dialdehyde starch, caffeine, or ascorbic acid for applications in the food packaging industry. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 374, p. 131639, abr. 2022. Elsevier BV.

BAKKALI, F. *et al* Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, [s.l.], v. 46, n. 2, p. 446-475, fev. 2008.

BASSETT, M. N. *et al*. Development of Bread with NaCl Reduction and Calcium Fortification: Study of Its Quality Characteristics. **Journal of Food Quality**, [s.l.], v. 37, n. 2, p.107-116, 4 mar. 2014.

BHATT, P., NEGI, P. S. Antioxidant and antibacterial activities of Indian borage *Plectranthus amboinicus* leaf extracts. **Food Nutr. Sci.**, [s.l.], pp. 146-152, 3 (2012).

BOSMANS, G. M. *et al*. Biopolymer Interactions, Water Dynamics, and Bread Crumb Firming. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 61, n. 19, p.4646-4654, 30 abr. 2013a.

BOSMANS, G. M. *et al*. The impact of baking time and bread storage temperature on bread crumb properties. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 141, n. 4, p.3301-3308, dez. 2013b.

BRASIL, D. L. *et al*. Análises Discriminativas de características sensoriais entre diferentes formulações de pães. **Higiene Alimentar**, [s.l.], v. 27, p. 444-447, 2013.

BRASIL. Ministérios da Economia, da Agricultura e do Mar e da Saúde. Portaria nº 52. Diário da República, 1.^a série — N.º 40 — 26 de fevereiro de 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. *Resolução n. 18*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos. Brasília, 1999c.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. *Resolução n. 19*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimento com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde em sua Rotulagem. Brasília, 1999d.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução n. 16*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes. Brasília, 1999a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. *Resolução n. 17*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco e Segurança dos Alimentos. Brasília, 1999b.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM nº 888 de 4 de maio de 2021**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. **A fitoterapia no SUS e o Programa de Pesquisa**

de Plantas Medicinais da Central de Medicamentos/ Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 148 p.

BRASIL. Ministérios da Economia, da Agricultura e do Mar e da Saúde. **Portaria nº 52.** Diário da República, 1.^a série — N.º 40 — 26 de fevereiro de 2015.

BRASIL. Resolução **RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.** Aprova o "Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos", constante do Anexo desta Resolução. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005.

BRASIL. Resolução **RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012.** Dispõe "Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar". Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2012.

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

CAUVAIN & YOUNG, 2009, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da Panificação.** Barueri, São Paulo: Ed. Manole, 2009. 418 p.

CHAKRAVARTULA, S. S. N. *et al.* Evaluation of drying of edible coating on bread using NIR spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 240, p.29-37, jan. 2019.

CHANDRAPPA, M.S., HARSHA, R., DINESHA, R., GOWDA, T.S.S. Atividade antibacteriana de folhas de *Coleus aromatico*. **Int. J. Pharm. Pharm. Sci.**, [s.l.], 2, 2010, pp. 63 – 66.

CHEN, Y.; Gavaliatsis, T.; Kuster, S.; Städeli, C.; Peter, F.; Windhab, E. J. "Crust Treatments to Reduce Bread Staling." **Current Research in Food Science.**, [s.l.], v. 4, p. 182-90, mar 2021.

CHIU, YUNG-JIA *et al.* Analgesic and Antiinflammatory Activities of the Aqueous Extract from *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. Both In Vitro and In Vivo. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, [s.l.], v. 2012, p.1-11, 2012.

CHOULITOU DI, E. *et al.* Antimicrobial and antioxidant activity of *Satureja thymbra* in gilthead seabream fillets edible coating. **Food and Bioproducts Processing**, [s.l.], v. 100, p.570-577, out. 2016.

CLEMENTE, E. *et al.* Efeito do ácido ascórbico em massa de pão na presença do ácido tânico. **Acta Scientiarum. Technology**, [s.l.], v. 32, n. 2, p. 207-2011, 12 jul. 2010. Universidade Estadual de Maringá.

COSSOLOSSO. D. **Atividades leishmanicida e antioxidante dos óleos essenciais de plantas encontradas no nordeste brasileiro.** Fortaleza, 2000. 93f. Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza-Ce, 2013.

COSTA, M. G.; SOUZA, E. L.; STAMFORD, T.L.M.; ANDRADE, S.A.C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência e Tecnologia de**

Alimentos, Campinas, [s.l.], v. 28, n. 1, p. 220-225, mar. 2008.

DEWETTINCK, K., *et al.* Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 48, p. 243-257, 2008.

DIMOV, Ivan *et al.* Improvement of antioxidant potential of wheat flours and breads by addition of medicinal plants. **Ukrainian Food Journal**, [s.l.], v. 7, n. 4, p. 671-681, dez. 2018. National University of Food Technologies.

DÖRING, Clemens *et al.* Impact of arabinoxylan addition on protein microstructure formation in wheat and rye dough. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 154, p. 10-16, jun. 2015. Elsevier BV.

DUEÑAS, M., *et al.* Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 66, p.72-78, mar. 2016.

EOM, H. *et al.* Development of a starch/gum-based edible coating for rice cakes to retard retrogradation during storage. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 97, p.516-522, nov. 2018.

FADDA, C. *et al.* Impact of sourdough, yeast and gluten on small and large deformation rheological profiles of durum wheat bread doughs. **European Food Research And Technology**, [s.l.], v. 231, n. 3, p.431-440, 5 jun. 2010.

FELÍCIO, J. C.; CAMARGO, C. E. O.; CHAVES, M. S.; FILHO, A. W. P. Potencial produtivo, resistência à ferrugem da folha e qualidade industrial da farinha em genótipos de trigo. **Bragantia** [online]. 2010, v. 69, n. 4, pp. 787-795.

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**, [s.l.], n.105, p. 361–366, 2011.

GALUS, S.; KADZIŃSKA, J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 45, n. 2, p.273-283, out. 2015.

GALVÃO, A. M. M. T. *et al.* Coating development with modified starch and tomato powder for application in frozen dough. **Food Packaging And Shelf Life**, [s.l.], v. 16, p.194-203, jun. 2018b.

GALVÃO, A. M. M. T. *et al.* Edible coating based on modified corn starch/tomato powder: Effect on the quality of dough bread. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 89, p.518-524, mar. 2018a.

GERITS, L. R.; PAREYT, B.; DELCOUR, J. A. Single run HPLC separation coupled to evaporative light scattering detection unravels wheat flour endogenous lipid redistribution during bread dough making. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 53, n. 2, p.426-433, out. 2013.

GERITS, L. R.; PAREYT, B.; DELCOUR, J. A. Wheat starch swelling, gelatinization and pasting: Effects of enzymatic modification of wheat endogenous lipids. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 63, n. 1, p.361-366, set. 2015b.

GÖKŞEN, G.; EKIZ, H. İ. Effect of *Prunus mahaleb* Seed Powder on Dough Rheology and Bread Quality. **Journal of Food Quality**, [s.l.], v. 39, n. 5, p. 436-444, 26 ago. 2016.

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**, [s.l.], v. 74, n. 2, p. 268-278, 2006.

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.

GURGEL, A. P. A. D. *et al.* In vivo study of the anti-inflammatory and antitumor activities of leaves from *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng (*Lamiaceae*). **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 125, n. 2, p. 361-363, set. 2009a.

GURGEL, A.P.A.D. *et al.* Antibacterial effects of *Plectranthus amboinicus* [Lour.] Spreng *Lamiaceae* in Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). **Latin American Journal of Pharmacy**, [s.l.], v. 28, n. 3, p. 460-464, fev. 2009.

HALAGARDA, Michał. Effects of trehalose and dough additives incorporating enzymes on physical characteristics and sensory properties of frozen savory Danish dough. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 86, p.603-610, dez. 2017.

HEJRANI, Toktam; SHEIKHOLESLAMI, Zahra; MORTAZAVI, Ali; DAVOODI, Mehdi Ghiyafe. The properties of part baked frozen bread with guar and xanthan gums. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 71, p. 252-257, out. 2017. Elsevier BV.

HUEN, Julien; WEIKUSAT, Christian; BAYER-GIRALDI, Maddalena; WEIKUSAT, Ilka; RINGER, Linda; LÖSCHE, Klaus. Confocal Raman microscopy of frozen bread dough. **Journal Of Cereal Science**, [s.l.], v. 60, n. 3, p. 555-560, nov. 2014. Elsevier BV.

KAPRELYANTS, L.; FEDOSOV, S.; ZHYGUNOV, D. Baking properties and biochemical composition of wheat flour with bran and shorts. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 93, n. 14, p.3611-3616, 14 ago. 2013.

LAMBERT, R.J.W.; SKANDAMIS, P.N.; COOTE, P.; NYCHAS, G.J.E. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal Applied Microbiology**, [s.l.], v. 91, 453-462, 2001.

Le Bail, A.; Zia, C.; Giannou, V. **Qualidade e segurança de produtos de panificação congelados** DW Sun (Ed.), Handbook of Frozen Food Processing and Packaging (segunda ed.), CRC Press, Boca Raton, [s.l.], pp. 501-528, 2012

LIN, Junjie; SUN-WATERHOUSE, Dongxiao; TANG, Runmei; CUI, Chun; WANG, Wei; XIONG, Jian. The effect of γ -[Glu](1≤n≤5)-Gln on the physicochemical characteristics of frozen dough and the quality of baked bread. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 343, p. 128406, maio

2021. Elsevier BV.

LIU, J.; LIU, X.; MAN, Y.; LIU, Y. Reduction of acrylamide content in bread crust by starch coating. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 98, n. 1, p. 336-345, 24 jul. 2017.

LÓPEZ-MARTÍNEZ, L. X., *et al.* Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. **Journal of Functional Foods**, [s.l.], v. 38, p.624-634, nov. 2017. Elsevier BV.

LOSSO, J. N. *et al.* Fenugreek Bread: A Treatment for Diabetes Mellitus. **Journal of Medicinal Food**, [s.l.], v. 12, n. 5, p.1046-1049, out. 2009.

LU, Lu; XING, Jun-Jie; YANG, Zhen; GUO, Xiao-Na; ZHU, Ke-Xue. Influence of ϵ -poly-l-lysine treated yeast on gluten polymerization and freeze-thaw tolerance of frozen dough. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 343, p. 128440, maio 2021. Elsevier BV.

LUKHOBAN, C.W.; SIMMONDS, M. S. J.; PATON, A. J. Plectranthus: a review of ethnobotanical uses. **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 103, p. 1-24, 2006.

LUO, W. *et al.* Improving freeze tolerance of yeast and dough properties for enhancing frozen dough quality - A review of effective methods. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 72, p.25-33, fev. 2018.

MA, Sen; LI, Li; WANG, Xiao-Xi; ZHENG, Xue-Ling; BIAN, Ke; BAO, Qing-Dan. Effect of mechanically damaged starch from wheat flour on the quality of frozen dough and steamed bread. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 202, p. 120-124, jul. 2016. Elsevier BV.

MAJZOBI, M.; KAVEH, Z.; FARAHNAKY, A.; BLANCHARD, C. L. Physicochemical properties of pregelatinized wheat and corn starches in the presence of different concentrations of L-ascorbic acid. **Starch - Stärke**, [s.l.], v. 67, n. 3-4, p. 303-310, 15 jan. 2015.

MAJZOBI, M.; AGHDAM, Mohammad Bagher Kamali; ESKANDARI, Mohammad Hadi; FARAHNAKY, Asgar. Quality and microbial properties of symbiotic bread produced by straight dough and frozen part-baking methods. **Journal Of Texture Studies**, [s.l.], v. 50, n. 2, p. 165-171, 8 jan. 2019.

MANIGLIA, B.C. *et al.* Development of bioactive edible film from turmeric dye solvent extraction residue. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 56, n. 2, p.269-277, maio 2014.

MANIGLIA, B.C. *et al.* Turmeric dye extraction residue for use in bioactive film production: Optimization of turmeric film plasticized with glycerol. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 64, n. 2, p.1187-1195, dez. 2015.

MATOS, F. J. de A. **Farmácias Vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetado para pequenas comunidades**. 4ª ed. Fortaleza - Editora UFC, 2002.

MATOS, F. J. de A. **Plantas medicinais: guia de seleção e emprego de plantas usadas em**

fitoterapia no Nordeste do Brasil. 3ª ed. Fortaleza - Editora UFC, 2007.

MATTOS, C. **Desenvolvimento de pão fonte de fibras a partir do bagaço de malte**. 2010. 41 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MCCANN, T.H. *et al.* High amylose wheat starch increases the resistance to deformation of wheat flour dough. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 79, p.440-448, jan. 2018.

MEZIANI, S.; JASNIEWSKI, J.; RIBOTTA, P. D.; ARAB-TEHRANY, E.; GHOUL, J. M. M.; DESOBRY, S. Influence of yeast and frozen storage on rheological, structural and microbial quality of frozen sweet dough. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], n.109, p. 538–544, 2012.

MIN, B. *et al.* Effects of Cultivar and Nitrogen Nutrition on the Lipid Composition of Wheat Flour. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 65, n. 26, p.5427-5434, 26 jun. 2017.

MONTEAU, Jean-Yves *et al.* Water transfer in bread during staling: Physical phenomena and modelling. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 211, p.95-103, out. 2017.

Montgomery, D.C. **Design and Analysis of Experiments**. 8th Edition, John Wiley & Sons, New York, 2012.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**. 8th Edition, John Wiley & Sons, New York, 2012.

MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. 1ª ed. São Paulo: Editora Varela, 1998.

MORITA, N. *et al.* Dough and Baking Properties of High-Amylose and Waxy Wheat Flours. **Cereal Chemistry Journal**, [s.l.], v. 79, n. 4, p.491-495, jul. 2002.

MULDREW, K.; MCGANN, L.e. Mechanisms of intracellular ice formation. **Biophysical Journal**, [s.l.], v. 57, n. 3, p. 525-532, mar. 1990. Elsevier BV.

MURTHY, Pushpa S.; RAMALAKSHMI, K.; SRINIVAS, P. Fungitoxic activity of Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) volatiles. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 114, n. 3, p. 1014-1018, jun. 2009. Elsevier BV.

NARCISO, D. R. **Valorização de subprodutos da indústria arroseira para desenvolvimento de uma Mix isenta de glúten para bases de pizza**. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) - Universidade de Lisboa, Portugal, 2015.

NAWAB, A. *et al.* Mango kernel starch-gum composite films: Physical, mechanical and barrier properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 98, p. 869-876, maio 2017.

NOSTRO, A.; PAPALIA, T. Antimicrobial Activity of Carvacrol: Current Progress and Future Prospectives. **Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 28-35, 1

maio 2012b.

NOURADDINI, M.; ESMAILI, M.; MOHTARAMI, F. Development and characterization of edible films based on eggplant flour and corn starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 120, p.1639-1645, dez. 2018.

OSKUEE, R.K., BERRAVAN, J. & RAMEZANI, M. Chemical composition, antimicrobial activity and antiviral activity of essential oil of *Carum copticum* from Iran. **Avicenna Journal of Phytomedicine**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 83-90, 8 ago. 2011.

OU, Sean Jun Leong; YU, Jingying; ZHOU, Weibiao; LIU, Mei Hui. Effects of anthocyanins on bread microstructure, and their combined impact on starch digestibility. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 374, p. 131744, abr. 2022. Elsevier BV.

PALANI, S., RAJA, S., NARESH, R., KUMAR, B. S. Evaluation of nephroprotective, diuretic, and antioxidant activities of *Plectranthus amboinicus* on acetaminophen-induced nephrotoxic rats. **Toxicology Mechanisms and Methods**, [s.l.], v. 20, n. 4, p. 213-221, 2010.

PAREYT, B. *et al.* Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 54, n. 3, p.266-279, nov. 2011.

POLAKI, A.; XASAPIS, P.; FASSEAS, C.; YANNIOTIS, S.; MANDALA, I. Fiber and hydrocolloid content affect the microstructural and sensory characteristics of fresh and frozen stored bread. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 97, n. 1, p. 1-7, mar. 2010.

RANAWANA, V. *et al.* Breads Fortified with Freeze-Dried Vegetables: Quality and Nutritional Attributes. Part 1. **Foods**, [s.l.], v. 5, n. 4, p.19-32, 14 mar. 2016 a.

RANAWANA, V. *et al.* Breads Fortified with Freeze-Dried Vegetables: Quality and Nutritional Attributes. Part II. **Foods**, [s.l.], v. 5, n. 4, p.62-76, 8 set. 2016 b.

ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Farmacognosia e Farmacobiotechnologia**. São Paulo: Editorial Premier, 1997. 372 p.

ROSALES-JUÁREZ, *et al.* 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**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 2008.

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**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 2008.

SALT, L. J. *et al.* Intrinsic wheat lipid composition effects the interfacial and foaming properties of dough liquor. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 75, p.211-222, fev. 2018.

SANTOS, N. *et al.* Assessing the Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oils from Brazilian Plants—*Eremanthus erythropappus* (Asteraceae), *Plectrantuns barbatus*, and *P. amboinicus* (Lamiaceae). **Molecules**, [s.l.], v. 20, n. 5, p. 8440-8452, mai.

2015.

SARAIVA, L. E. F. *et al.* Development and application of edible film of active potato starch to extend mini panettone shelf life. **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 73, p.311-319, nov. 2016.

SASANO, Yu *et al.* Simultaneous accumulation of proline and trehalose in industrial baker's yeast enhances fermentation ability in frozen dough. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, [s.l.], v. 113, n. 5, p.592-595, maio 2012.

SCHMIELE, M. *et al.* Mixolab™ for rheological evaluation of wheat flour partially replaced by soy protein hydrolysate and fructooligosaccharides for bread production. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 76, p.259-269, mar. 2017.

SEYFRIED, M. *et al.* Pectinas de plantas medicinais: características estruturais e atividades imunomoduladoras. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.201-214, mar. 2016.

SHIMA, J.; TAKAGI, H. Stress-tolerance of baker's-yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cells: stress-protective molecules and genes involved in stress tolerance. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, [s.l.], v. 53, n. 3, p.155-164, 29 maio 2009.

SHUBHA, J. R.; BHATT, P. *Plectranthus amboinicus* leaves stimulate growth of probiotic *L. plantarum*: Evidence for ethnobotanical use in diarrhea. **Jornal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 166, p. 220-227, mai. 2015.

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**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 69-75, 2003.

SINGH, N. *et al.* Enhancement of the functionality of bread by incorporation of Shatavari (*Asparagus racemosus*). **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v. 51, n. 9, p.2038-2045, 22 maio 2012.

SMITH, B. M. *et al.* Effect of Salt and Ethanol Addition on Zein-Starch Dough and Bread Quality. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 3, p.613-621, 2 fev. 2017.

STRUYF, Nore; MAELEN, Eva van Der ; HEMDANE, Sami; VERSPREET, Joran; VERSTREPEN, Kevin J.; COURTIN, Christophe M. Bread Dough and Baker's Yeast: an uplifting synergy. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, [s.l.], v. 16, n. 5, p. 850-867, 28 jul. 2017.

SULAIMAN, C.T.; DEEPAK, M.; BALACHANDRAN, I. Spectrophotometric and tandem mass spectroscopic analysis of Indian borage (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.) for its polyphenolics characterization. **Beni-suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, [s.l.], p.1-13, 25 abr. 2018.

SWAMY, M. K.; ARUMUGAM, G.; KAUR, R.; GHASEMZADEH, A.; YUSOFF, M. M.; SINNIAH, U. R. GC-MS Based Metabolite Profiling, Antioxidant and Antimicrobial Properties of Different Solvent Extracts of Malaysian *Plectranthus amboinicus* Leaves. **Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine**, [s.l.], v. 2017, p. 1-10, 2017.

Hindawi Limited.

SWAMY, M. K.; *et al.* GC-MS Based Metabolite Profiling, Antioxidant and Antimicrobial Properties of Different Solvent Extracts of Malaysian *Plectranthus amboinicus* Leaves. **Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine**, [s.l.], v. 2017, p. 1-10, 2017. Hindawi Limited.

SWAMY, M., & SINNIHAH, U. A Comprehensive Review on the Phytochemical Constituents and Pharmacological Activities of *Pogostemon cablin* Benth.: An Aromatic Medicinal Plant of Industrial Importance. **Molecules**, [s.l.], v. 20, n. 5, p. 8521-8547, 2015.

TAO, H. *et al.* Optimization of additives and their combination to improve the quality of refrigerated dough. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 89, p.482-488, mar. 2018.

TAO, Han; ZHANG, Bao; WU, Fengfeng; JIN, Zhengyu; XU, Xueming. Effect of multiple freezing/thawing-modified wheat starch on dough properties and bread quality using a reconstitution system. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 69, p. 132-137, maio 2016. Elsevier BV.

TORRES-LEÓN, C. *et al.* Edible films and coatings based on mango (var. Ataulfo) by-products to improve gas transfer rate of peach. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 97, p.624-631, nov. 2018.

TURBIN-ORGER, A.; BOLLER, E.; CHAUNIER, L.; CHIRON, H.; DELLA-VALE, G.; REGUERRE, A. L. Kinetics of bubble growth in wheat flour dough during proofing studied by computed x-ray microtomography. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 56, n. 2, p. 676-683, 2012.

VIANA, M. R., *et al.* A racionalidade nutricional e sua influência na medicalização da comida no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 22, n. 2, p.447-456, fev. 2017.

VIJAYAKUMAR, S. *et al.* *Plectranthus amboinicus* leaf extract mediated synthesis of zinc oxide nanoparticles and its control of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* biofilm and blood sucking mosquito larvae. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, [s.l.], v. 137, p.886-891, fev. 2015.

VILLELA-CASTREJÓN, J.; ACOSTA-ESTRADA, B. A.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A. Microencapsulation of Corn Wastewater (Nejayote) Phytochemicals by Spray Drying and Their Release Under Simulated Gastrointestinal Digestion. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 82, n. 7, p.1726-1734, 9 jun. 2017.

WANG, P. *et al.* Impact of water extractable arabinoxylan from rye bran on the frozen steamed bread dough quality. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 200, p.117-124, jun. 2016.

Wen-Xian, D.; Avena-Bustillos, R.J.; Sui Sheng, T.H.; Tara, M. **Antimicrobial volatile essential oils in edible films for food safety** A. Mendez-Vilas (Ed.), Science against microbial pathogens: Communicating current research and technological advances, Formatex Research Center, Badajoz, p. 1124-1134, 2011.

YANG, Y; *et al.* Influence of three types of freezing methods on physicochemical properties

and digestibility of starch in frozen unfermented dough. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 115, p. 106619, jun. 2021. Elsevier BV.

YULIANTO, W. *et al.* HPLC-based metabolomics to identify cytotoxic compounds from *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng against human breast cancer MCF-7 Cells. **Journal Of Chromatography B**, [s.l.], v. 1039, p.28-34, dez. 2016.

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

ZAMBELLI, R. A. *et al.* O óleo de girassol como agente de glazeamento em massas para a produção de pães tipo forma. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, p.1-8, fev. 2015.

ZHOU, H.; JIN, Y.; HONG, T.; YANG, N.; CUI, B.; XU, X.; JIN, Z. Effect of static magnetic field on the quality of frozen bread dough. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 154, p. 112670, jan. 2022. Elsevier BV.

ZHU, Ting-Wei; ZHANG, Xia; LI, Bing; WU, Hong. Effect of interesterified blend-based fast-frozen special fat on the physical properties and microstructure of frozen dough. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 272, p. 76-83, jan. 2019. Elsevier BV.