



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

MÁRCIA MARIA LEAL DE MEDEIROS

**ESTUDO DAS POTENCIALIDADES DA FARINHA DE AMÊNDOAS DE
CASTANHAS DE CAJU (*Anacardium occidentale L.*) NA SUBSTITUIÇÃO TOTAL DE
GORDURAS COMERCIAIS EM PRÉ-MISTURAS DE PÃES DE CURTA E LONGA
FERMENTAÇÃO**

FORTALEZA

2020

MÁRCIA MARIA LEAL DE MEDEIROS

ESTUDO DAS POTENCIALIDADES DA FARINHA DE AMÊNDOAS DE
CASTANHAS DE CAJU (*Anacardium occidentale L.*) NA SUBSTITUIÇÃO TOTAL DE
GORDURAS COMERCIAIS EM PRÉ-MISTURAS DE PÃES DE CURTA E LONGA
FERMENTAÇÃO

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Tecnologia de Cereais.

Orientadora: Prof^a. Dra. Dorasílvia Ferreira Pontes.

FORTALEZA

2020

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

M44e

Medeiros, Márcia Maria Leal de.

Estudo das potencialidades da farinha de amêndoas de castanhas de caju (*Anacardium occidentale L.*) na substituição total de gorduras comerciais em pré-misturas de pães de curta e longa fermentação / Márcia Maria Leal de Medeiros. – 2020.

138 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Programa de PósGraduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2020.

Orientação: Profª Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes.

1. Pré-mix. 2. Aditivação. 3. Enzimas. 4. Ácidos graxos. 5. Minerais. I. Título.

CDD 664

MÁRCIA MARIA LEAL DE MEDEIROS

ESTUDO DAS POTENCIALIDADES DA FARINHA DE AMÊNDOAS DE
CASTANHAS DE CAJU (*Anacardium occidentale L.*) NA SUBSTITUIÇÃO TOTAL DE
GORDURAS COMERCIAIS EM PRÉ-MISTURAS DE PÃES DE CURTA E LONGA
FERMENTAÇÃO

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Tecnologia de cereais.

Aprovada em: 07/08/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros (Coorientadora)
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof^ª. Dra. Maria do Carmo Passos Rodrigues
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dra. Maria Nilka de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dra. Ana Cristina da Silva Moraes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof^ª Dra. Tatiana de Oliveira Lemos
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof^ª Dra. Dora Neumann
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

Aos que se foram sem concluir seus anseios de vida.

Aos que lutaram e continuam, para manter a vida daqueles.

Aos cientistas pesquisadores que, permanecem lutando contra o Covid-19 e a favor da Ciência e Tecnologia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha existência.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oferta do doutorado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, e ao gestor do *Campus* de Baturité Eudes Bandeira, pela liberação para a capacitação no doutorado e uso da padaria.

À Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, pela bolsa pró-doutoral concedida.

À Prof^ª. Dra. Dorasílvio Ferreira Pontes, pela orientação, amizade, conselhos e liberdade no exercício da pesquisa.

À Prof^ª. Dra. Stella Regina, pela co-orientação, apoio e amizade.

Às professoras da banca examinadora Maria do Carmo, Maria Nilka, Ana Cristina, Tatiana Lemos, Dora Neumann, e às suplentes Márjorie Lima e Sandra Helena, pelo tempo dispensado e as valiosas contribuições e sugestões.

À Prof^ª. Dra Maria do Carmo, pela amizade, orientações, conselhos e uso do Laboratório de Análise Sensorial – Departamento de Engenharia de Alimentos – UFC.

À Profa. Dra. Nilka Maria pela amizade, incentivo e contribuições ao trabalho.

Ao Herbário Prisco Bezerra – UFC pelo registro da *exsicata* do cajueiro.

À Kellen de Miranda pelo uso do laboratório de Química do Horto de Plantas Medicinais Professor Francisco José de Abreu Matos – UFC.

À Central Analítica – UFC / CT – INFRA / MCTI - SISNANO / Pró-Equipamentos CAPES pela realização das análises de MEV e EDS.

À Prof^ª. Dra. Sílvia Maria Freitas e ao DEMA – UFC, pelo apoio estatístico.

Às Prof^{as} Dra. Evânia Altino e Dra. Ana Paula e aos técnicos Luiz e Janevan pelo apoio nas análises, nos Laboratórios de Microbiologia e Carnes do Departamento de Engenharia de Alimentos – UFC.

À Prof^ª. Dra. Márjorie Lima pelo uso do Laboratório de Bioquímica - Departamento de Bioquímica – UFC.

À Dra. Ídila Maria e ao Dr. Hilton Magalhães, pelo uso dos laboratórios de Físico-química e cromatografia, da Embrapa Agroindústria Tropical.

Aos Professores Dr. Frederico José e Gleucia Silva pelo uso dos laboratórios de Nutrição e Físico-química da Universidade de Fortaleza - UNIFOR.

À Distribuidora VITANOR pela doação de aditivos e coadjuvantes de tecnologia.

Ao Centro Regional de Treinamento em Moagem e Panificação - CERTREM, nas pessoas dos Professores Carlos Egberto e Themis Vieira pelo uso do Laboratório de Cereais.

À Sra. Nair Lima gestora da ONG Associação Comunitária de Cajazeira pela visita à fábrica de beneficiamento de castanhas de caju e coleta de partes do cajueiro.

Aos companheiros de doutorado, Cristiano, Leiliane e Luan, pelo auxílio em atividades, e ao Marcos Leão pela busca de parcerias, auxílio em análises e sugestões.

Aos bolsistas Yago, Adrielle, Nayara, Marla, Gabriele e Flávia, do Laboratório de Cereais do Departamento de Engenharia de Alimentos – UFC, pelo auxílio em análises.

À amiga Rosa Maria, pela colaboração nas análises de panificação.

Aos amigos Amilton, Flávia, Joyce, Marcela, Rafaela, e Priscila, pelo incentivo. Às amigas Anna Erika e Ana Cristina, pelo apoio profissional, companheirismo e ombros amigos.

Aos meus pais Viana (*in memorian*) e Idelzuite, pelos exemplos e por minha vida.

Ao meu marido Anselmo, minhas filhas, Amanda, Carol, Camile e minha neta Sofia, simplesmente por existirem.

Aos irmãos Marcelo, Afonso, Marcos, Tânia e Sônia por nossa jornada. À amiga de infância irmã que escolhi, Afonsina Maria pela amizade e apoio incondicionais.

Ele está à mesa de ricos e pobres. Circula entre o profano botequim e as sagradas catedrais. Em torno dele, os homens se reúnem. Em nome dele, os homens rezam, trabalham, se alimentam. Assim é o pão!!! Símbolo universal da alimentação. (SENAC.DN, 2005, p. 9).

RESUMO

A farinha de amêndoas de castanhas de caju é rica em lipídios insaturados, proteínas e fibras, sendo um ingrediente interessante para pré-misturas, práticas e padronizadas por ajustes finos de oxidantes e enzimas na qualidade de farinhas. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi desenvolver e avaliar o potencial nutricional e tecnológico de pré-misturas (PM) para pães, de curta e longa fermentação, com substituição total de óleos e gorduras e parcial de farinha de trigo (FT), por farinha de amêndoas de castanhas de caju (FACC). Foi produzida FACC e comparada a FT quanto a composição química e física, cor, glúten, atividade enzimática, alveografia, farinografia, microscopia eletrônica de varredura (MEV), e espectroscopia por escaneamento (EDS) de minerais, e obtidos mixes com 0% e 20% a 70% (de 10% em 10%) de FACC complementados com FT, por delineamento inteiramente casualizado (DIC I). Foram produzidos pães com melhorador de farinha comercial (MFC) e avaliados quanto ao volume específico (VE), textura, aroma, sabor e aparência. Os mixes com 60% e 70% de FACC foram excluídos, e os de 0%, 20%, 30%, 40% e 50% (DIC II) analisados: composição química, cor, glúten, atividade enzimática, alveografia, farinografia, MEV e EDS de minerais; e deles produzidas PMs para pães de curta fermentação (CF), adicionadas de sal, açúcar, ácido ascórbico, estearoil lactil lactato de sódio, e as enzimas glucose oxidase e xilanase. As massas foram avaliadas quanto a absorção de água e os pães quanto aos VE. Foram produzidos pães de LF com 20 formulações de PM de 16,59% a 33,41% de FACC, GOX e XIL, por delineamento composto central (DCC), e avaliados quanto à interação das enzimas, e sua ação na textura dos miolos e VE. As duas melhores PM foram avaliadas em bolores e leveduras (0, 30, 60 e 90 dias), e oxidação lipídica (0 e 30 dias), e os pães (tempo zero): composição química e ácidos graxos. As pré-misturas com FACC apresentaram maiores valores: energéticos, cinzas, fibras, proteínas, lipídios e minerais, boa estabilidade microbiológica (90 dias) e oxidativa (60 dias). Os pães das PM com 30% FACC ficaram mais nutritivos, os de CF ficaram tecnologicamente superiores aos de LF, e estes superiores aos dos MFC. Conclui-se que as pré-misturas contendo a farinha de amêndoas de castanhas de caju como substituta parcial de farinha de trigo e total de óleos e gorduras, produzem pães mais nutritivos, aromáticos e tecnologicamente viáveis, podendo aumentar o leque de opções de ingredientes panificáveis em empresas de médio a grande porte.

Palavras-chave: Pré-mix. Aditivação. Enzimas. Ácidos graxos. Minerais.

ABSTRACT

Cashew nut kernel flour is rich in unsaturated lipids, proteins and fibers, representing an interesting ingredient for premixes – practical and standardized by fine adjustments of oxidants and enzymes as flour. Therefore, the purpose of this research was to develop and evaluate the nutritional and technological potential of premixes (PM) for short and long fermentation bread, with total oil and fat replacement and partial wheat flour (FT) replacement with cashew nut kernel flour (FACC). FACC was made and compared to FT in regards to chemical and physical composition, color, gluten, enzyme activity, alveograph and farinograph parameters, scanning electron microscopy (SEM), and mineral scanning spectroscopy (EDS); and mixes were obtained with 0% and 20% to 70% (in 10% increments) FACC complemented with FT, through a completely randomized design (CRI-I). Loaves of bread containing commercial flour improver (MFC) were made and examined for specific volume (SV), texture, aroma, flavor and appearance. Mixes containing 60% and 70% FACC were excluded; those consisting of 0%, 20%, 30%, 40% and 50% (CRI-II) were analyzed for chemical composition, color, gluten, enzyme activity, alveograph and farinograph parameters, SEM and mineral EDS. From such mixes, PMs were made for short fermentation (SF) bread, added with salt, sugar, ascorbic acid, sodium stearoyl lactyl lactate and the glucose oxidase and xylanase enzymes. Doughs were examined for water absorption and bread for SE. LF loaves were made with 20 PM formulations ranging from 16.59% to 33.41% FACC, GOx and XIL, through central composite design (CCD) and examined in regards to enzyme interaction and action on crumb texture and SV. The best two PMs were assessed for mold and yeast (at 0, 30, 60 and 90 days), as well as for lipid oxidation (at 0 and 30 days), and loaves (at time zero) for chemical composition and fatty acids. Premixes containing FACC showed higher energy, ash, fiber, protein, lipid and mineral values, good microbiological (at 90 days) and oxidative (60 days) stability. Loaves containing PMs with 30% FACC proved more beneficial in terms of nutrition, SF loaves were technologically superior to LF, and these were superior to MFC. It may be concluded that premixes containing cashew nut kernel flour as a partial substitute for wheat flour and as a total oil and fat substitute yield more nutritious, aromatic and technologically viable bread, which may contribute to increase the range of bakery ingredients for medium to large companies.

Keywords: Premixes. Additivation. Enzymes. Fatty acids. Minerals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de obtenção da Farinha de Amêndoas de Castanhas de Caju (FACC).....	46
Figura 2 – Fluxograma de processamento dos pães tipo forma com farinhas, de amêndoas de castanhas de caju e de trigo, usando melhorador de farinhas comercial	50
Figura 3 – Bandas de amêndoas de castanhas de caju (qualidade-S1) e pedaços (qualidade – P) (à esquerda), e, processadas - farinha (à direita).....	53
Figura 4 – Micrografias em microscópica eletrônica de varredura (MEV) 25 µm, das farinhas de amêndoas de castanhas de caju (A) e de trigo (B).....	59
Figura 5 – Fluxograma de processamento dos pães com pré-misturas de farinhas, de amêndoas de castanhas de caju e de trigo	77
Figura 6 – Fluxograma de processamento dos pães de forma preparados com as pré-misturas	103
Figura 7 – Visão parcial dos pães preparados com as pré-misturas do DCC.....	106
Figura 8 – Fotos da bainha, pecíolo, folhas, flores, pedúnculo e a castanha de caju da castanha de caju, <i>in natura</i>	135
Figura 9 – Foto da <i>exicata</i> registrada no Herbario Prisco Bezerra	136

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo das metodologias aplicadas na pesquisa.....	41
Quadro 2 – Fotos comparativas das fatias de partes centrais dos pães de farinhas, de trigo e de misturas de farinhas (usando melhorador de farinha comercial).....	62
Quadro 3 – Pães preparados com pré-misturas com 0%, 20%, 30%, 40% e 50% de farinhas, de amêndoas de castanhas de caju e de trigo	81
Quadro 4 – Informação Nutricional dos pães feitos com as pré-misturas selecionadas no DCC	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formulações, referência e adaptada (padrão), dos pães tipo fôrma.....	48
Tabela 2 – Formulações usadas na produção dos pães.....	49
Tabela 3 – Atividade de água das farinhas, de trigo e de amêndoas de castanhas de caju (<i>in natura</i> e secas).....	54
Tabela 4 – Análises microbiológicas das farinhas, de trigo e de amêndoas de castanhas de caju.....	54
Tabela 5 – Composição física, química e nutricional das farinhas, de trigo e de amêndoas de castanhas de caju.....	55
Tabela 6 – Análises de cor (farinhas, de amêndoas de castanhas de caju e de trigo), glúten e falling number (farinha de trigo).....	57
Tabela 7 – Alveografia e farinografia da farinha de trigo.....	58
Tabela 8 – Análise de minerais por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) das farinhas.....	60
Tabela 9 – Absorção de água das massas dos pães e seus volumes específicos.....	61
Tabela 10 – Textura instrumental dos miolos dos pães.....	64
Tabela 11 – Formulações das pré-misturas segundo Delineamento Inteiramente Casualizado.....	76
Tabela 12 – Absorção de água no preparo dos pães conforme DIC.....	80
Tabela 13 – Atividade de água das pré-misturas.....	83
Tabela 14 – Composição física, química e nutricional das pré-misturas.....	84
Tabela 15 – Análises microbiológicas das pré-misturas.....	85
Tabela 16 – Parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) e glúten dos mixes de farinhas das pré-misturas.....	86
Tabela 17 – Parâmetros de farinografia e falling number dos mixes de farinhas das pré-misturas.....	86
Tabela 18 – Análise de minerais por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) das farinhas.....	88
Tabela 19 – Delineamento experimental da adição de enzimas à formulação de pães tipo forma.....	101
Tabela 20 – Estabilidade microbiológica de bolores e leveduras das pré-misturas.....	112
Tabela 21 – Estabilidade oxidativa, acidez alcóolica, acidez graxa e pH, das pré-misturas.....	113

Tabela 22 – Composição química dos pães das pré-misturas selecionadas no DCC	114
Tabela 23 – Ácidos graxos dos pães das pré-misturas de longa fermentação	116

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	Hábitos alimentares	20
2.2	Lipídios na alimentação humana	20
2.3	Pães na dieta alimentar	23
2.4	Processo de panificação	24
2.5	Pré-misturas para pães	27
2.5.1	<i>Pré-misturas para pães: ingredientes</i>	27
2.5.1.1	<i>Sal</i>	28
2.5.1.2	<i>Açúcares</i>	28
2.5.1.3	<i>Lipídios: óleos e gorduras</i>	28
2.5.1.4	<i>Farinha de trigo</i>	29
2.5.1.5	<i>Farinha de amêndoas de castanhas de caju – ingrediente não convencional</i>	32
2.5.1.6	<i>Aditivos e coadjuvantes de tecnologia</i>	34
2.5.2	<i>Ingredientes adicionados à pré-mistura quando do preparo do pão</i>	37
2.5.2.1	<i>Líquidos</i>	37
2.5.2.2	<i>Fermento biológico</i>	38
2.5.2.3	<i>Óleos e gorduras</i>	38
2.6	Outros ingredientes utilizados em pães: melhoradores de farinhas ou condicionadores de massas	38
3	MATERIAL E MÉTODOS	40
4	FARINHA DE AMÊNDOAS DE CASTANHAS DE CAJU (<i>ANACARDIUM OCIDENTALE L.</i>): SUBSTITUTA TOTAL DE ÓLEOS E GORDURAS E PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO, EM PÃES COM MELHORADOR DE FARINHA COMERCIAL	42
4.1	Introdução	43
4.2	Material e métodos	44
4.2.1	<i>Matérias-primas e insumos</i>	44
4.2.2	<i>Registro da exsicata do cajueiro</i>	45
4.2.3	<i>Produção da farinha de amêndoas de castanhas de caju</i>	45
4.2.4	<i>Avaliação: centesimal, física e química</i>	46

4.2.5	<i>Avaliação das propriedades tecnológicas das farinhas</i>	47
4.2.6	<i>Avaliação da microscopia eletrônica de varredura (MEV) e energia dispersiva de raios X (EDS)</i>	47
4.2.7	<i>Avaliação microbiológica</i>	48
4.2.8	<i>Preparo dos pães e avaliação das propriedades tecnológicas</i>	48
4.2.8.1	<i>Absorção de água (massa) e volume específico (pães)</i>	50
4.2.8.2	<i>Aroma, sabor e aparência</i>	51
4.2.8.3	<i>Análise instrumental de Textura</i>	51
4.2.9	<i>Análises estatísticas dos resultados</i>	52
4.3	Resultados	52
4.3.1	<i>Registro da exsicata do cajueiro e cadastro no Sistema Nacional de gestão do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado (SISGEN)</i>	52
4.3.2	<i>Produção da farinha de amêndoas de castanhas de caju</i>	52
4.3.3	<i>Atividade de água</i>	54
4.3.4	<i>Avaliação microbiológica</i>	54
4.3.5	<i>Composição química e nutricional</i>	55
4.3.6	<i>Avaliação das propriedades tecnológicas</i>	57
4.3.6.1	<i>Cor (FACC e FT), glúten e falling number (FT)</i>	57
4.3.6.2	<i>Alveografia e farinografia (FT)</i>	58
4.3.7	<i>Microscopia eletrônica de varredura – MEV (farinhas)</i>	59
4.3.8	<i>Espectroscopia de energia dispersiva – EDS (farinhas)</i>	60
4.3.9	<i>Avaliação das propriedades tecnológicas dos pães</i>	61
4.3.9.1	<i>Absorção de água das massas e volumes específicos dos pães</i>	61
4.3.9.2	<i>Aroma e sabor</i>	62
4.3.9.3	<i>Aparência</i>	62
4.3.9.4	<i>Textura instrumental das fatias dos miolos dos pães</i>	63
4.4	Conclusões	64
5	PRÉ-MISTURA PARA PÃES DE CURTA FERMENTAÇÃO: FARINHA DE AMÊNDOAS DE CASTANHA DE CAJU (ANACARDIUM CIDENTALLE L.) COMO SUBSTITUTA TOTAL DE GORDURAS E PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO	72
5.1	Introdução	73
5.2	Material e métodos	75

5.2.1	<i>Avaliação das propriedades tecnológicas</i>	75
5.2.1.1	<i>Preparo das pré-misturas</i>	75
5.2.1.2	<i>Preparo dos pães</i>	76
5.2.1.3	<i>Absorção de água no preparo das massas dos pães, seus volumes específicos e aparências</i>	77
5.2.1.4	<i>Seleção de formulações de pães do Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)</i>	78
5.2.2	<i>Avaliação microbiológica das pré-misturas (20% e 30% de FACC)</i>	78
5.2.3	<i>Avaliação, centesimal, física e química das pré-misturas (20% e 30% de FACC)</i>	78
5.2.4	<i>Avaliação tecnológica de cor, farinografia, glúten e falling number dos mixes das pré-misturas (20% e 30% de FACC)</i>	79
5.2.5	<i>Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de energia dispersiva de raio x (EDS)</i>	79
5.2.6	<i>Grupo focal</i>	79
5.3	Resultados e discussões	80
5.3.1	<i>Avaliação das propriedades tecnológicas</i>	80
5.3.1.1	<i>Absorção de água no preparo dos pães</i>	80
5.3.1.2	<i>Aparências e volumes específicos dos pães</i>	81
5.3.2	<i>Seleção de formulações de pães produzidos segundo o DIC</i>	83
5.3.3	<i>Avaliação centesimal, física e química das pré-misturas</i>	83
5.3.3.1	<i>Atividade de água (Aw)</i>	83
5.3.3.2	<i>Composição física e química</i>	84
5.3.4	<i>Avaliação microbiológica</i>	85
5.3.5	<i>Avaliação das propriedades tecnológicas de cor, falling number, glúten e farinografia</i>	85
5.3.6	<i>Avaliação de Microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos mix de farinhas</i>	87
5.3.7	<i>Espectroscopia de energia dispersiva - EDS (farinhas)</i>	88
5.3.8	<i>Grupo focal</i>	89
5.4	Conclusões	90
6	PRÉ-MISTURA PARA PÃES DE LONGA FERMENTAÇÃO: FARINHA DE AMÊNDOA DE CASTANHA DE CAJU (<i>ANACARDIUM OCIDENTALE L.</i>) COMO SUBSTITUTA TOTAL DE ÓLEOS E	

	GORDURAS E PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO	96
6.1	Introdução	97
6.2	Material e métodos	100
6.2.1	Material	100
6.2.2	Métodos	100
6.2.2.1	<i>Delineamento composto central (DCC)</i>	101
6.2.2.2	<i>Preparo das formulações de pré-misturas segundo o DCC</i>	102
6.2.2.3	<i>Avaliação das características tecnológicas dos pães produzidos com as pré-misturas geradas no DCC: volumes específicos e texturas (miolos)</i>	103
6.2.2.6	<i>Produção de pães (pré-misturas selecionadas no DCC), e avaliação de suas propriedades físicas e químicas</i>	104
6.3	Resultados	106
6.3.1	<i>Avaliação das características tecnológicas dos pães produzidos com as pré-misturas geradas no DCC: volumes específicos e texturas (miolos)</i>	106
6.3.2	Volumes específicos dos pães	106
6.3.3	Texturas dos miolos dos pães	109
6.3.4	Pré-misturas selecionadas no DCC	112
6.3.5	Avaliação da estabilidade (0, 30, 60 e 90 dias) microbiológica (bolores e leveduras) das pré-misturas selecionadas no DCC	112
6.3.6	Avaliação da estabilidade (0 e 30 dias) oxidativa (TBARS, acidez graxa, acidez alcóolica e pH) das pré-misturas selecionadas no DCC	113
6.3.7	Atividade de água e composição química dos pães das pré-misturas de longa fermentação	114
6.3.8	Ácidos graxos	115
6.3.9	Informação nutricional dos pães produzidos com as pré-misturas de longa fermentação selecionadas no DCC	117
6.4	Conclusões	118
7	CONCLUSÃO	125
	REFERÊNCIAS	126
	APÊNDICE A – FOTOS DA BAINHA, PECÍOLO, FOLHAS, FLORES, PEDÚNCULO E DA CASTANHA DE CAJU, IN NATURA	135
	APÊNDICE B – FOTO DA EXSICATA REGISTRADA NO HERBÁRIO PRISCO BEZERRA	136

APÊNDICE C – QUESTIONARIO DO PERFIL DOS PARTICIPANTES DO GRUPO FOCAL.....	137
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO APLICADO NO GRUPO FOCAL	138

1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) relataram que os hábitos alimentares nas últimas décadas aumentaram a desnutrição, o sobrepeso e a obesidade em países, desenvolvidos e em desenvolvimento, resultando no consumo elevado de lipídios, açúcares e adoçantes, e aumentando calorias e nutrientes de fontes animais em detrimento do consumo de frutas, grãos, cereais e leguminosas (FAO; OPAS, 2017).

Rego e Bucione (2016) afirmaram que a falta de informação, educação, e legislação e rotulagens nos alimentos são pertinentes, às dietas inadequadas da população. E ainda assim, o número de consumidores interessados em alimentos mais saudáveis, que repõem nutrientes e auxiliam na prevenção de enfermidades, tem sido crescente. Nesse público estão inclusos os praticantes de atividades esportivas, gestantes e nutrizas, terceira idade e outros que buscam características intrínsecas e peculiares de seus alimentos. Existe também uma maior demanda por alimentos processados, mais seguros, sensorialmente mais refinados, com maior transparência e, praticidade no preparo.

Medeiros *et al.* (2013, 2017) destacaram a importância da saudabilidade no desenvolvimento de alimentos relacionada às restrições alimentares devido a doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), intolerâncias e alergias alimentares, além dos aspectos estéticos, religiosos e os filosóficos, como o vegetarianismo e o veganismo, motivadores crescentes de pesquisas realizadas nas últimas décadas visando o aumento da variedade de alimentos destinados a esses públicos.

Segundo a FAO e WHO (2019) existe a necessidade de respeitar os aspectos socioculturais, de gêneros, cultura local e do conhecimento de práticas culinárias e comidas de origem, além dos alimentos precisarem ser acessíveis, desejáveis, sem excessos e desperdícios. Ressaltou-se também, que dietas saudáveis devem incluir mais frutas, cereais integrais, nozes e, moderadamente, legumes ricos em amido, como ovos, laticínios, aves, peixes e carne vermelha. Rego e Bucione (2016) ressaltaram que a dieta deve ser equilibrada em macros e micros nutrientes.

Balasteiro *et al.* (2017) verificaram que a inclusão de polpa de frutas em produtos de panificação, podem reduzir a glicemia pós-prandial como resultado da inibição de enzimas carbolíticas pelo conteúdo de polifenóis presentes. Os pães podem servir de base para novas composições nutricionais e inovadoras partindo-se de produtos seguramente viáveis.

Os pães são alimentos culturalmente bem aceitos e presentes nos hábitos alimentares mundiais. No Brasil, o setor de panificação está entre os seis maiores segmentos industriais com 36% de participação (SEBRAE, 2017). Desse modo, o desafio da indústria de panificação é continuar inovando e diversificando seus produtos, com opções mais saudáveis e atrativas que incentivem o consumo, além de atender aos acordos propostos pelo Ministério da Saúde, de reduzir sódio, gorduras *trans* e açúcar dos vários itens alimentícios (ABIMAPI, 2017).

Em geral, os pães são feitos de farinha de trigo. No entanto, o uso de farinhas alternativas ou funcionais, de outros cereais, raízes, tubérculos, sementes, frutos, leguminosas, oleaginosas, e amêndoas, tem aumentado em função de seus maiores teores de compostos bioativos como fibras, minerais, proteínas e lipídios mais saudáveis (REGO; BUCIONE, 2016).

Os produtos de panificação geralmente são fabricados com gordura vegetal hidrogenada, sendo apontados como uma das principais fontes de gorduras *trans* industriais da dieta (MULDER *et al.*, 2013), além de margarina e óleos vegetais, muito utilizados no Brasil. No preparo de pães tipo fôrma, geralmente são adicionados em média, três por cento de gorduras (CAUVAIN; YOUNG, 2009; DIAS, 2019).

Pré-misturas são opções práticas utilizadas em panificação, que otimizam a logística de estoques e manipulações de ingredientes, sendo compostas em sua maioria, por farinha de trigo, sal, açúcar, leite, aditivos e coadjuvantes de tecnologia e geralmente durante o preparo são adicionados apenas água e fermento (MIRANDA, 2009).

Tendo em vista que o mercado de alimentos apresenta alta demanda por produtos saudáveis, nutritivos e práticos, o objetivo dessa pesquisa foi desenvolver e avaliar o potencial nutricional e tecnológico de pré-misturas para pães, de curta e longa fermentação, com substituição total de óleos e gorduras e parcial de farinha de trigo, por farinha de amêndoas de castanhas de caju.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Hábitos alimentares

As mudanças e evoluções nos hábitos alimentares mundiais sempre se fizeram presentes e nas últimas décadas, a conscientização da população tem evoluído de forma satisfatória, com a crescente busca por alimentos mais saudáveis. E isso se aplica também dentre os tipos processados requerendo-se maior qualidade, praticidade e saudabilidade (REGO; BUCIONE, 2016).

Políticas públicas orientativas, legislações, rotulagens adequadas dos alimentos e atividade física aliada aos programas educacionais, cardápios escolares nutritivos, políticas institucionais de prevenção do sobrepeso e obesidade, além de produtores de alimentos que preservem os ecossistemas usando o solo e outros recursos naturais de forma eficiente e sustentável, e melhorias nas técnicas de produção, armazenamento, transformação e processamento dos alimentos, têm sido as mais eficazes e relevantes (FAO; OPAS, 2017).

No Brasil, entre 2008 e 2009 foi realizada uma pesquisa de orçamentos familiares (IBGE, 2011) citada por Santos *et al.* (2013), identificando os tipos de alimentos consumidos em domicílio. Os resultados mostraram aumento no consumo de alimentos industrializados: 1,3% de refeições prontas, 0,7% de pães, 0,4% de embutidos, 0,3% de biscoitos e de refrigerantes e mostrou ainda o perfil da distribuição de macronutrientes. Assim, do total de calorias, 59% estão representadas por carboidratos; 12% por proteínas; e 29%, por lipídios e, nas regiões economicamente mais desenvolvidas do Brasil (Sul, Sudeste e Centro-oeste), de modo geral, no meio urbano e entre famílias com maior renda, existia consumo elevado de gorduras, em especial as saturadas.

Nesse contexto, o Ministério da Saúde vem trabalhando em diferentes estratégias de promoção de alimentação adequada e saudável para melhorar o perfil alimentar da população brasileira. Para isso são necessárias diferentes ações que incluam a educação alimentar e nutricional, medidas que facilitam escolhas de alimentos mais saudáveis e que levem o setor de alimentos a ofertarem produtos saudáveis.

2.2 Lipídios na alimentação humana

Óleos e gorduras fazem parte de um grupo de compostos denominados lipídios. Estes constituem os principais componentes dos alimentos insolúveis em água. Cerca de

noventa por cento são encontrados na forma de triacilgliceróis compostos por ácidos graxos naturais de cadeias lineares e números pares de carbono. Além dos triglicerídios os alimentos também possuem outros tipos de lipídios, como os fosfolipídios, glicolipídios, esfingolipídios e lipoproteínas (ARAÚJO, 2008).

Quimicamente, os triacilgliceróis possuem uma molécula de glicerol e três de ácidos graxos (AG), os quais podem ser saturados ou insaturados com até seis duplas ligações, além do colesterol. Os principais AG saturados de cadeia longa são o mirístico (14:0, no leite e derivados), esteárico (18:0, gordura do cacau) e o palmítico (16:0). De modo geral, a gordura saturada (C12:0, C14:0 e C16:0) eleva a concentração plasmática de colesterol, especialmente o C14:0, enquanto o C18:0 é neutro em seus efeitos sobre este (SANTOS *et al.*, 2013).

A gordura de origem animal contém o colesterol cujo alto consumo está associado à aterosclerose. Entretanto, sabe-se que o colesterol alimentar exerce pouca influência sobre a concentração plasmática de colesterol e aterosclerose precoce. Aproximadamente, 56% do colesterol da dieta são absorvidos. Os AG exercem maior influência sobre a colesterolemia (SANTOS *et al.*, 2013).

Acredita-se que o consumo de AG saturados afeta significativamente os níveis de colesterol total circulantes, enquanto o consumo de monoinsaturados reduz o LDL-C. Os ácidos graxos ômega-3 compostos por ácido docosaexaenóico (DHA) e ácido eicosapentaenóico (EPA), de origem marinha e alfa-linolênico (ALA) de origem vegetal como os de soja e canola, exercem inúmeros efeitos fisiológicos e metabólicos benéficos ao desempenho cardiovascular (SANTOS *et al.*, 2013).

Os AG insaturados são classificados quanto ao número de duplas ligações, em mono (uma ligação dupla) ou poli-insaturados (mais de uma ligação dupla), que são encontrados em sua maioria na configuração *cis*. A localização da primeira dupla ligação da cadeia carbônica a partir do grupo metila identifica a série do AG, por meio da letra ω , sendo os principais ω -3, ω -6 e ω -9. O AG monoinsaturado mais comum encontrado na natureza é o oleico (C18:1), série ω -9, com maior concentração no óleo de oliva. Os ácidos graxos *cis* ocorrem predominantemente na natureza, decorrentes da especificidade das enzimas, durante a biossíntese dos lipídios (GURR, 2002 *apud* TREVIZAN; KESSLER, 2009).

Os AG ômega-6, linoleico, gamalinolênico e di-homogamalinolênico são essenciais ao organismo humano. O linoleico (C18:2) é o principal, encontrado especialmente em óleos vegetais, sendo essencial em muitas funções fisiológicas no ser humano. O ácido dihomogamalinolênico é convertido metabolicamente no ácido araquidônico (AA; 20:04 Ômega-6), atuando como substrato para uma grande variedade de importantes metabólitos,

especialmente de algumas moléculas pró-inflamatórias (GURR, 2002 *apud* TREVIZAN; KESSLER, 2009).

Os AG *trans* são isômeros geométricos dos AG insaturados, com dois átomos de hidrogênio ligados ao carbono na dupla ligação que está localizada em lados opostos, formando uma molécula mais rígida e com configuração retilínea, assemelhando-se, assim, ao AG saturado. Podem ser obtidos a partir da fermentação de bactérias em ruminantes, enzimaticamente ou quimicamente pela hidrogenação parcial, isomerização de ácidos graxos *cis*, induzidos termicamente através da desodorização industrial, e pela reutilização prolongada de óleos na fritura de alimentos. No entanto, aumentam os riscos cardiovasculares e a mortalidade. O tipo mais comum é o ácido elaídico (18:1,9t) (MARTIN; MATSHUSHITA; SOUZA, 2004; WOLFF, 1994).

Estão presentes em sorvetes e produtos de panificação em margarinas, massas instantâneas, sorvetes, *snacks*, bolos, chocolates, pratos congelados, biscoitos, pipoca de micro-ondas e frituras entre outros alimentos industrializados (GURR, 2002 *apud* TREVIZAN; KESSLER, 2009). Entretanto, desde 1990, estudos científicos associaram seu uso ao aumento do colesterol ruim LDL e à redução do colesterol bom HDL no organismo. Além de elevar o nível de triglicerídeos no sangue, e aumentando o risco de doenças coronárias do coração, diabetes, hipertensão e obesidade (FELLOWS, 2019; MERÇON, 2010; SARTORELLI; FRANCO, 2003; SCHERR; RIBEIRO, 2008).

Ao longo de décadas, a indústria alimentícia lançou no mercado de alimentos contendo gordura *trans* que eram considerados saudáveis, por derivarem de óleos vegetais hidrogenados, com reduzido teor de gordura saturada, era considerada uma opção mais saudável à gordura saturada animal (ANVISA, 2019; BURCH; LAWRENCE, 2010; SILVAPADILHA; JAMORI, 2019). No entanto, por causa dos malefícios à saúde dos consumidores, a ANVISA publicou a RDC 332, limitando o uso de gorduras *trans* industriais em alimentos e o banimento do uso da gordura parcialmente hidrogenada até 2023. A medida visa proteger a saúde da população, uma vez que o consumo elevado dessas gorduras é nocivo à saúde (ANVISA, 2019).

Gazzola e Depin (2015) reportaram que dietas ricas em gorduras *trans* estão associadas à maior incidência de doenças cardiovasculares, por isso sugeriram a modificação dos hábitos alimentares e à necessidade de reduzir ou eliminar o uso desse tipo de gordura como ingrediente em vários produtos.

Para garantir características organolépticas semelhantes às proporcionadas pelas gorduras *trans*, a indústria tem utilizado gorduras interesterificadas com maior ponto de fusão, mais consistente, com a introdução de ácidos graxos saturados sn-2 do glicerol, ao invés dos

ácidos graxos insaturados normalmente presentes nos óleos vegetais, como alternativa plausível, em razão de conferirem textura e sabor desejáveis. No entanto, embora sejam isentas de *trans*, aumentam AG saturados, além de outras modificações nos AGs 1, 2, e 3 da molécula de glicerol, que podem induzir o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (SANTOS *et al.*, 2013).

2.3 Pães na dieta alimentar

Segundo Senac DN (2005), o pão é uma preferência nacional seja no café da manhã, lanche e até como acompanhamento de alguns pratos, como sopas e caldos. Integral ou branco, multigrãos, de forma ou francês, opções não faltam para incluir o pão na dieta. De vários formatos, origens e sabores, frequenta democraticamente a mesa brasileira, como item principal em lanches, como acompanhamento e, em geral, como ingrediente básico em pratos tradicionais da nossa culinária e da cozinha dos imigrantes.

Na RDC nº 263, de 22 de setembro alusiva aos “produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos”, os pães são definidos como os produtos obtidos da farinha de trigo e/ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos e serem designados por denominações consagradas pelo uso, podendo ser acrescida de expressões relativas ao ingrediente que caracteriza o produto, processo de obtenção, forma de apresentação, finalidade de uso e ou característica específica (ANVISA, 2005a).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI), os pães industrializados são considerados aliados da vida moderna: são práticos e tem vida útil mais longa. O desafio da indústria é continuar inovando, agregando cada vez mais conceitos como saudabilidade e tornando-os indispensáveis no dia a dia. Em 2008, essa Associação formalizou com o Ministério da Saúde, compromisso para reduzir quantidades de gorduras, sódio e açúcar nos alimentos processados e representados por esta (ABIMAPI, 2017, 2019).

O primeiro acordo referiu-se às gorduras *trans*, baseado na sinalização da Organização Pan-Americana de Saúde, que estabelece valores inferiores a 5% do total de gorduras nos alimentos processados. As indústrias procuraram se adequar à norma, e, dois anos depois, o setor já havia reduzido 250 mil toneladas de gorduras *trans* de seus produtos, o que representou 93% de alcance das metas da ABIMAPI (2019).

Os pães industrializados no Brasil em 2019, responderam por R\$ 7,059 bilhões das vendas. Assim, o país ocupa um importante papel dentro do mercado global, visto que, perante os fabricantes de pães industriais mundiais, em 2019, ficou em quinto lugar com 6.764 milhões de toneladas de pães vendidas, perdendo somente para o México, Turquia, Rússia e Estados Unidos, importante marco para o setor industrial da panificação (ABIMAPI, 2020).

Para ser capaz de elaborar um tipo específico de pão industrializado, deve-se conhecer as interações complexas entre as matérias-primas e os métodos de conversão dos ingredientes em produtos assados, uma vez que estas se transformam, e os processos são sensíveis ao tempo e à temperatura (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

Segundo a RDC nº 263 de 22 de setembro, pães são produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não, e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos (ANVISA, 2005a). O pão de forma foi inventado em 1912, quando o norte-americano Otto Rohwedder criou a primeira máquina que chegava a cortar até quatro mil fatias por hora (SILVEIRA, 2017). No seu preparo são utilizados ingredientes básicos como a farinha de trigo e o fermento, podendo ser adicionado ainda de sementes, castanhas, frutas secas, entre outros complementos (LOALDI, 2013).

Várias propriedades físicas dos alimentos podem ser mensuradas em análises de textura, instrumental ou sensorial, importante parâmetro de qualidade. Segundo Lassoued *et al.* (2008), o consumidor associa a maciez de pães de fôrma, ao menor tempo de fabricação e ao frescor e essa característica é associada aos parâmetros de dureza, elasticidade, coesividade e adesividade. A textura pode variar em função do tempo de preparo do produto, do tipo de embalagem, e com a qualidade de ingredientes como as farinhas e amidos, do teor de açúcares, dos tipos de gorduras, dos aditivos e melhoradores de farinhas, além de constituintes do alimento como a umidade e o teor de fibras, esses associados a uma maior firmeza.

2.4 Processo de panificação

Mundialmente, a variedade de tipos de pães e processos de panificação é enorme, no entanto, artesanais ou industriais possuem em comum, etapas básicas de processo como o preparo da massa, divisão, modelagem, fermentação, cocção, resfriamento e embalagem. As variáveis nesses processos são os tipos, as quantidades de ingredientes, utensílios e os equipamentos utilizados.

Na fabricação de pães artesanais, normalmente as massas são preparadas com pequenas quantidades de farinha possibilitando o preparo manual sem o uso de equipamentos, diferente dos processos semi-industriais como as padarias e, os industriais como as fábricas, que devido ao grande volume de pães produzidos e a urgência da modernidade necessitam usar equipamentos e em alguns casos de automatização para atender e agilizar a demanda.

A primeira etapa de preparo do pão é o amassamento, que consiste em misturar a água, a farinha e os demais ingredientes e sová-los (VIANNA *et al.*, 2018). A quantidade de água absorvida pela farinha depende, da granulometria, do conteúdo de proteína, da umidade da farinha, da umidade relativa do ambiente e da consistência da massa. Reações de oxidação-redução formam pontes dissulfeto que favorecem a interação das proteínas gliadina e glutenina formando a rede de glúten e, o amido absorve água e se expande (GONZÁLEZ, 2002).

A etapa de amassamento possui as funções de misturar e hidratar os ingredientes, obter uma massa com estrutura viscoelástica capaz de reter o gás produzido sem rupturas e aerar a massa fornecendo oxigênio atmosférico e criando bolhas de ar com pontos de nucleação para a difusão do CO₂ e a expansão dos alvéolos durante a fermentação (DENDY; DOBRASZCZYK, 2001).

Na sequência, são realizadas a pesagem e a divisão da massa, etapas necessárias para assegurar uniformidade no peso dos pães, em porções unitárias padronizadas (em equipamentos de peso ou volume), destinadas à próxima etapa que é o boleamento, com a função de reconstituir a massa estressada durante a divisão (perda da flexibilidade, uniformidade e aumento da pegajosidade ao tato) e conferir formato esférico com a superfície lisa e seca para facilitar o seu manuseio nas operações seguintes (GONZÁLEZ, 2002).

Depois as porções boleadas seguem para o chamado repouso ou pré-fermentação período entre o boleamento e a modelagem, que assegura a recuperação da flexibilidade da massa (GONZÁLEZ, 2002). Os diferentes tipos de pães apresentam modelagens distintas que definem o seu perfil, sendo os tipos mais comuns os formatos de: baguete, bisnaga e bisnaguinha, bola, cordão, enrolado, filão, brioche, entre outras (VIANNA *et al.*, 2018).

Segundo Dendy e Dobraszczyk (2001), a fermentação é a principal etapa dos processos de panificação, sendo importante a velocidade de produção de gás pelas leveduras, a magnitude da retenção de gás, a mudança na distribuição do tamanho das bolhas devida à difusão do CO₂, e a velocidade de coalescência ou fusão destas.

A fermentação da massa ocorre desde a modelagem até a entrada no forno e, corresponde ao desenvolvimento da massa, até que alcance um volume considerado ótimo pelo padeiro. Sua duração é variável e depende muito do modo como a massa é manipulada, mas

também de outros fatores como as temperaturas da massa, do ambiente e da umidade relativa do ar, importante também nas etapas anteriores (GONZÁLEZ, 2002). Segundo Vianna (2018), a temperatura ideal gira em torno de 27 ° a 35 °C, com umidade entre 60 % e 85 % (para fermentos secos, a temperatura deve ser próxima do limite superior).

Após a fermentação, a massa é forneada. Nessa etapa o produto assado deverá obter digestibilidade, cor, textura e crocância, dependendo do tipo de pão. As temperaturas e a duração no forno variam segundo o tamanho e o tipo de pão, devendo-se levar em consideração que o interior da peça jamais supere os 98 °C. O pão geralmente perde em média 20% de seu peso em massa e, nos primeiros minutos após a saída do forno mais ou menos 3% (GONZÁLEZ, 2002). Os tipos de fornos também interferem nas temperaturas que variam de 170 °C a 210 °C (GONZALEZ, 2002; VIANNA *et al.*, 2018).

No forno, a atividade das leveduras aumenta e incrementa a produção de gás até serem destruídas entre 50 °C e 60 °C, além desse ponto o gás retido e o vapor ainda expandem a massa. O calor é transferido da superfície para o centro da massa, onde ocorre a coagulação do glúten e a completa gelatinização do amido (70 °C). O miolo adquire sua cor atrativa e a elasticidade da massa é perdida tornando-se rígida sem queimar ou tornar-se muito dura definindo o seu volume final. Ao atingir 90 °C – 92 °C a cocção é finalizada (DENDY; DOBRASZCZYK, 2001).

Em paralelo, na superfície da massa evaporação diminui formando a crosta e intensificando a cor pela reação de *Maillard* entre os açúcares e os aminoácidos, promovendo a caramelização dos açúcares e a oxidação dos ácidos graxos em aldeídos, lactonas, cetonas, álcoois e ésteres, gerando diferentes substâncias aromáticas (GONZALEZ, 2002; VIANNA *et al.*, 2018).

O resfriamento do pão é iniciado logo após a saída do forno. Os vapores gerados no interior do produto saem gradativamente à medida que o pão resfria e evaporam para o ambiente. Deve-se esperar que o pão esfrie completamente ou que o seu interior atinja 30 °C a 35 °C antes de ser embalado, para evitar a deposição de fungos e aumentar a conservação do produto final (VIANNA *et al.*, 2018).

Antes dos pães serem embalados, as padarias e indústrias usam *sprays* antimofos, para que o tempo de validade seja mantido. A grande maioria dos pães, principalmente os recheados, deve ser consumida no mesmo dia, outros como os de fôrma, têm prazo de validade maior dependendo, porém do processo produtivo. Os tipos industrializados, produzidos com automatização e aditivos, apresentam *shelf life* maior que os feitos em padarias (VIANNA *et al.*, 2018).

2.5 Pré-misturas para pães

Segundo a legislação, as misturas para o preparo de alimentos são obtidas pela homogeneização de ingredientes padronizados, destinados ao preparo de alimentos pelo consumidor com a adição de outro(s) ingrediente(s) e que podem requerer aquecimento ou cozimento (ANVISA, 2005b). As pré-misturas são padronizadas e pré-testadas pelos fabricantes, com o intuito de oferecer praticidade aos usuários (BRANDÃO; LIRA, 2011; MIRANDA, 2009).

Esses produtos, podem conter ingredientes, aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia, apropriados para a produção de pães, bolos tortas, massas, empadas, quitutes, pizzas ou outros produtos típicos de confeitaria, que com adição de água ou fermento ou ovos ou gordura ou outros ingredientes, e preparados segundo as instruções presentes na embalagem, devem produzir o produto típico designado na rotulagem, sem a necessidade de adição de outros aditivos alimentares” Resolução nº 53, de 07 de outubro (ANVISA, 2014).

No Brasil, o estado do Ceará possui a maior concentração de processamento de trigo do país, despontando em quarto lugar, logo depois de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, estados que possuem capacidade instalada de moagem bem mais elevada, além de população e consumo per capita maiores (CONAB, 2017).

Na moagem de trigo, o ideal seria a produção de farinhas padronizadas e constantes, adequadas a diferentes produtos, porém sempre podem ocorrer oscilações em função da qualidade do trigo (variedades plantadas, condições climáticas e de solo, modo de transporte e de armazenamento, em cada safra). Para sanar essas possíveis variações, os moinhos realizam a correção das farinhas, já fortificadas com ferro e ácido fólico como exige a legislação brasileira (MIRANDA, 2009).

2.5.1 Pré-misturas para pães: ingredientes

Segundo Williams e Pullen (2009), a massa de pão mais básica deve necessariamente conter os seguintes ingredientes: farinha, água, fermento e sal. No entanto, outros componentes funcionais podem compor essa massa e podem ser divididos em três grupos principais: ingredientes, aditivos e coadjuvantes de tecnologia.

2.5.1.1 Sal

O sal incluso nas pré-misturas além de contribuir com o sabor, reforça a estrutura do glúten, tornando-a mais elástica, melhorando a textura e a alveolagem do miolo dos pães. Segundo Vianna (2018), esse ingrediente também controla a fermentação, branqueia o miolo e atua como conservante. A falta de sal causa amolecimento excessivo da massa, fermentação rápida e redução do volume do pão, enquanto o excesso diminui a ação do fermento, deixa a massa mais firme e o pão fica mais pesado e duro.

Na presença do sal, o glúten armazena mais água e dióxido de carbono, fazendo a massa expandir mais, sem perder a sua estrutura. Controla também a atividade fermentativa das massas e previne o crescimento de leveduras indesejáveis. Em quantidade excessiva de sal, a fermentação é retardada devido à alta pressão osmótica que danifica as células das leveduras e quando é insuficiente acelera. As leveduras usam muito do açúcar presente na massa e, conseqüentemente a casca não doura bem. O sal atua clareando a cor do miolo e, também escurecendo a cor da casca do pão (GISSLEN, 2011).

2.5.1.2 Açúcares

Segundo Gisslen (2011), os açúcares adoçam, servem de alimento para o fermento biológico, conferem sabor e cor, proporcionam maciez e textura fina (em parte, porque enfraquecem as estruturas de glúten) e aumentam também a validade do produto, por conservarem a umidade. A atividade de água é reduzida, e a conservação é melhorada, devido ao aumento da pressão osmótica que reduz a ação da levedura.

2.5.1.3 Lipídios: óleos e gorduras

Os lipídios são substâncias graxas de origem animal, como por exemplo, a manteiga e a banha de porco, ou de origem vegetal, como o azeite, os óleos e as gorduras hidrogenadas. Proporcionam maciez, melhoram o manuseio da massa, retêm umidade, formam emulsão e interagem com o glúten e o amido melhorando a conservação, conferem aroma, sabor, textura e aumentam o valor nutricional do pão (VIANNA *et al.*, 2018).

Lindley (2011), ressaltou a importância de pesquisas voltadas à substituição de gorduras *trans* e, a redução de ácidos graxos saturados de origem animal em produtos alimentícios saudáveis, sugerindo a adição de fibras e o uso de lipídios mono e poli insaturados.

Substituí-los sem alteração das propriedades tecnológicas e sensoriais tem sido um grande desafio para as indústrias (DIAS *et al.*, 2019).

Do ponto de vista tecnológico, quanto mais ácidos graxos saturados, mais sólida será a gordura e quanto mais ácidos graxos insaturados, mais macia (GISSLEN, 2011). Em pães estocados por vários dias, como é o caso do pão de fôrma, a gordura é um ingrediente essencial, para que permaneçam macios e palatáveis (HOSENEY, 1998).

Rego, Vialta e Madi (2020), pesquisaram 70 marcas de pães industrializados e informaram que aproximadamente 67 por cento usam óleo de soja. Enquanto Dias (2019), informa que na panificação os lipídios mais usados são óleos, manteigas, margarinas e gordura vegetal hidrogenada, sendo as sólidas as mais usadas.

2.5.1.4 Farinha de trigo

Em 2019, os maiores produtores mundiais de trigo foram a China (132 milhões de toneladas), Índia (102,190 milhões de toneladas), Rússia (74 milhões de toneladas) e Canadá (33 milhões de toneladas). Na América do Sul, a Argentina com produção de 20 milhões de toneladas enquanto o Brasil contou com 5,3 milhões de toneladas (ABITRIGO, 2020), insuficientes ao consumo interno tornando-o um dos maiores importadores de trigo do mundo (6,46 milhões de toneladas).

Segundo a ABITRIGO (2020), as importações de trigo no Brasil em 2019, vieram da Argentina com mais de 5 milhões de toneladas, Estados Unidos, Canadá, Uruguai, Paraguai, França, Líbano e Rússia. Dentre os estados brasileiros, o Ceará é o segundo maior importador de trigo, estando em primeiro lugar o estado de São Paulo, e os estados da Bahia, Paraná, Pernambuco e Rio de Janeiro em terceiro, quarto, quinto e sextos lugares, respectivamente.

Farinhas, féculas e amidos formam a base das pré-misturas. Farinhas são obtidas das partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos, enquanto os amidos são os produtos amiláceos extraídos de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas (ANVISA, 2005a). Canela-Rawls (2014), complementou definindo o amido como produto extraído das partes aéreas de vegetais que crescem acima da terra (grãos ou sementes), e a fécula extraída das partes subterrâneas (tubérculos, raízes e rizomas).

Quanto aos constituintes químicos da farinha de trigo, Jaekel *et al.* (2012) encontraram 1,39% de cinzas, 1,32 % de lipídios, 13,97% de proteínas, 83,32% de carboidratos,

e 3,00% de fibras. As fibras presentes nos alimentos são: celulose, lignina, hemicelulose, pectina, gomas, mucilagens, alginatos, carragenanas, amido resistente, inulina e fruto-oligosídeos, além dos produtos da reação de *Maillard*, povidextrose e celulose modificada. Do total de fibras das farinhas de trigo aproximadamente 2-3% são arabinoxilanas, que atuam como substrato para a enzima xilanase (COLLINS *et al.*, 2006).

As farinhas de trigo brancas são os ingredientes mais utilizados no preparo de pães e, mundialmente, as de trigo (*Triticum Aestivum*) são as mais consumidas e apresentam boas fontes proteicas. Nem todas as proteínas têm a mesma capacidade de atender às necessidades fisiológicas para nitrogênio total e aminoácidos essenciais que garantem o aporte nutricional para fins de síntese proteica no organismo. As proteínas do trigo possuem aminoácidos limitantes, estando em primeiro lugar, a lisina, e respectivamente a metionina e o triptofano e estes aminoácidos limitam a utilização proteica do glúten para fins de síntese no organismo (TAGLE, 1981; YOUNG; REEDS, 2005).

A qualidade tecnológica da farinha é o fator mais importante na obtenção de produtos da indústria de panificação. Segundo Dendy e Dobraszczyk (2001), farinhas ditas compostas são misturas de farinhas de trigo e de outros cereais, destinadas à produção de produtos fermentados e não fermentados como as pastas. Essas farinhas geralmente são diferenciadas quanto aos seus constituintes químicos: umidade, cinzas, proteínas, lipídios, minerais, fibras e carboidratos.

Um constituinte muito importante presente nas farinhas são as proteínas vegetais que representam cerca de 60% a 80% do aporte total de proteína nas regiões em desenvolvimento (América Latina, Ásia, África), com os cereais sendo a fonte dominante. Daí a importância da contribuição relativa das proteínas do trigo para o suprimento proteico total na dieta dessas populações (YOUNG; REEDS, 2005).

Entretanto, nem todas as proteínas possuem a mesma capacidade de atender às necessidades fisiológicas para nitrogênio total e aminoácidos essenciais. A qualidade nutricional de uma proteína do alimento é dada pelo seu aporte de aminoácidos essenciais para fins de síntese proteica no organismo (TAGLE, 1981; YOUNG; REEDS, 2005).

Segundo Dubois (1996), em farinhas de trigo, as proteínas são os principais constituintes do ponto de vista qualitativo, pois formam a base da utilização no preparo de produtos de panificação. No trigo as proteínas são constituídas de aproximadamente 15% de albuminas e globulinas, e cerca de 85% de gliadinas (formam ligações intramoleculares) produzindo viscoelasticidade nas massas, principalmente a extensibilidade que proporciona volume ao pão) e gluteninas denominadas formadoras de glúten e responsáveis pela tenacidade

e elasticidade da massa podendo formar complexos com os lipídios. A relação entre glutenina e gliadina é um fator muito importante para caracterizar a qualidade de uma farinha.

Farinhas de trigo com elevados teores de proteínas formadoras de glúten (gliadinas e gluteninas) úmido são denominadas fortes, enquanto as de baixos teores, fracas (FARONI *et al.*, 2007; WIESIR, 2007). Segundo Haard (1992) e Wiesir (2007), o glúten forma uma massa viscoelástica tridimensional com características físicas e reológicas plásticas, viscosas e elásticas, importantes na produção de pães. Farinhas fortes produzem massas com maior absorção de água e maior elasticidade, necessárias a uma boa retenção de dióxido de carbono durante o processo de fermentação em pães (CALDEIRA *et al.*, 2000; SALES; VITTI, 1987).

Nos cereais, a maior parte das fibras (celulose e hemiceluloses insolúveis e não fermentescíveis) está concentrada na casca ou farelo. No endosperma, a parte mais interna e central dos grãos de onde são extraídas as farinhas, a quantidade de hemiceluloses solúveis e insolúveis é menor. Na moagem do trigo essas partes do grão são separadas e a farinha branca fica com menos fibras. O consumo de pães de outros tipos de farinhas mais ricas em fibras além das de cereais, oferece uma alternativa a mais além dos pães integrais de cereais (NAVÉOS, *et al.*, 2007).

Segundo Grosjean e Barrier-Guillot, (1996), nos cereais a maioria das fibras são das paredes celulares (10 a 16 g / 100 g do grão) situadas nas camadas externas dos grãos e constituídas por hemiceluloses lignificadas, insolúveis e pouco fermentescíveis. O albúmen amiláceo possui teor bem menor de fibra contendo especialmente hemiceluloses fermentescíveis, parcialmente solúveis e viscosas, são as arabinoxilanas no caso do trigo e do centeio e as beta-glucanas no caso da cevada e da aveia.

No processo de moagem da farinha de trigo, o farelo e o gérmen, separados do endosperma, reduzem significativamente a presença de alguns nutrientes do grão na farinha, diminuindo a qualidade nutricional com perdas de até 50% de proteínas, fibras dietéticas, vitaminas, minerais e fitoquímicos (VILLARINO *et al.*, 2015).

De modo complementar, é possível observar que vários minerais essenciais estão presentes na farinha de trigo refinada e são de interesse alimentar, devido às características funcionais, efeitos antioxidantes e no tratamento de doenças crônicas. Manganês, fósforo, magnésio, zinco entre outros compõe o perfil de minerais da farinha de trigo. De acordo com a ANVISA (2005c) podemos observar valores de ingestão diária recomendada (IDR) para adultos de 22% de manganês, 16% de fósforo, 12% de magnésio e 11% de zinco.

2.5.1.5 Farinha de amêndoas de castanhas de caju – ingrediente não convencional

Alencar *et al.* (2018), analisaram a produção da castanha de caju nas microrregiões do estado do Ceará no período de 1993 a 2016. E mostraram que o litoral de Camocim e Acaraú, obteve os maiores índices de produtividade de áreas de plantio e colheita, quantidades e valor da produção comparada às demais regiões do estado, destacando-se também a microrregião de Cascavel, que a partir de 1995 aumentou consideravelmente sua produção durante o período analisado.

O escoamento da produção no Ceará, ocorre em duas modalidades, amêndoas de castanhas de caju beneficiadas e *in natura* (CONAB, 2017). Na manipulação dessas amêndoas ocorrem quebras e desperdícios e suas frações de menores valores comerciais, são destinadas a consumo direto, indústrias de sorvetes e aproveitadas como farinha no setor de panificação tornando os produtos mais atrativos de forma sensorial e nutricional.

Farinhas compostas ou alternativas são mesclas de farinhas de trigo e de outros cereais ou de outras origens e, podem ter objetivos diferentes por razões econômicas e ou políticas para reduzir o consumo de trigo ou usando outra matéria-prima que substitua de forma parcial para mudar as características nutritivas do produto como, por exemplo, o enriquecimento com proteínas, vitaminas ou minerais (DENDY; DOBRASZCZYK, 2001). Produtos de panificação de farinhas mistas, comparados aos de farinha de trigo pura, apresentaram vantagens nutricionais e tecnológicas (EL-DASH; GERMAN, 1994).

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos na linha de substituição ou redução da farinha de trigo em pães. Dall'Asta *et al.* (2013) avaliaram pães com castanhas portuguesas, e concluíram que, um "pão funcional" poderia ser formulado com cinquenta por cento de castanha, visando maior capacidade antioxidante no produto final com maior teor de voláteis (compostos fenólicos - furanos, com notas tostadas, lenhosas e defumadas de nozes), conferindo "valor agregado" às preferências do consumidor, enquanto com vinte por cento de castanha apresentou alveolagem do miolo dos pães heterogênea, menor dureza e coesão, e cor mais clara.

Demirkesen *et al.* (2013), testaram a adição de zero a quarenta por cento de farinhas de castanhas portuguesas em um mix com farinha de arroz e avaliaram a influência destes no comportamento reológico das massas quanto ao pH, acidez titulável total (TTA), firmeza e volume. Paciulli *et al.* (2016), analisaram duas misturas comerciais para pão com farinha de tremoço adicionadas de dez e vinte por cento de farinha de castanha portuguesa (*chestnut*). Os pães com vinte por cento de castanhas obtiveram maior atividade antioxidante e percentual de fibras solúveis e insolúveis tecnologicamente com cor mais escura, menor volume, estrutura de

miolo mais aberta e menor tempo de armazenamento em função de maior dureza do miolo em função da coesão e resiliência.

Barbosa, Brondani e Farias (2013) avaliaram a composição química (umidade, resíduo mineral fixo – cinzas, lipídeos e proteínas) e pH, de pães de forma com cinquenta por cento de farinha de castanha de caju, e em virtude do alto teor de lipídios e carboidratos sugeriram que esse tipo de pão seja consumido com moderação, por aqueles que desejam perder peso corporal, podendo, no entanto, ser de grande valia se for aliado a uma alimentação balanceada e à prática de exercícios físicos.

Esse tipo de farinha proveniente da cajucultura, pode ser um ingrediente interessante em panificação. No Brasil essa atividade está concentrada no Nordeste, e possui elevada importância socioeconômica para a Região, principalmente para o semiárido, por gerar postos de trabalho e renda na época mais seca do ano. As agroindústrias beneficiadoras de castanha também são importantes geradoras de empregos diretos e indiretos (BRAINER; VIDAL, 2018).

O principal produto gerado é a amêndoa da castanha de caju (ACC), retirada do beneficiamento da castanha e da casca da castanha é obtido o líquido da castanha de caju (LCC), de elevado valor comercial. O pedúnculo, por sua vez, possibilita a produção de suco, cajuína e doces. Estima-se que mais de noventa por cento dos pedúnculos são desperdiçados, ou seja, trata-se de um subproduto pouco aproveitado na cadeia da produção de castanha. O caju é ainda vendido como fruto de mesa (LIMA, 2017).

Segundo a legislação, a classificação de amêndoas de castanha de caju é estabelecida em função dos seus requisitos de identidade e de qualidade, que são definidos em função do tamanho, da granulometria, da cor da amêndoa, bem como dos limites máximos de tolerância estabelecidos na legislação (BRASIL, 2017).

As amêndoas inteiras são tradicionalmente exportadas e as fragmentadas, de preço inferior, são comercializadas no mercado interno, especialmente os pedaços maiores, vendidos para as indústrias de sorvetes, bolos e chocolates. Mesmo de baixo valor comercial, o material quebrado (pedaços e bandas) não perde suas características primordiais (nutricionais e organolépticas), apresentando importante valor nutritivo, calórico e sensorial. Esse subproduto da agroindústria pode ser usado para a fabricação de outros produtos, pois permite um custo de produção reduzido (KROSS, 2008).

Várias pesquisas têm sido realizadas com a extração do óleo de amêndoas de castanhas de caju. Carvalho *et al.* (2017) extraíram esse tipo de óleo em amêndoas inteiras, bandas, batoques e pedaços, a frio e a quente (microondas). Os teores de lipídios variaram entre

51,6 e 57,6 g 100. g⁻¹ com acidez e índices de peróxidos baixos (boa qualidade química) em todos os tipos. Na extração a quente muitos componentes foram preservados e outros concentrados (compostos fenólicos e atividade antiproliferativa contra células cancerígenas).

O consumo de amêndoas de castanhas de caju foi recomendado por Amorim *et al.* (2018) e Morais *et al.* (2010), por ser nutricionalmente completa e considerada saudável, apresentando altos teores de proteínas, fibras e lipídios (ricos em ácidos graxos monoinsaturados, como o ácido oléico), que contribui na redução do teor de colesterol (KLUCZKOVSKI; MARTINS, 2016).

Além dos ácidos graxos benéficos, segundo Gonzáles (2002) e WHO (2007), a amêndoa da castanha de caju apresenta perfil de aminoácidos com bom suprimento de lisina, triptofano e, os sulfurados, metionina e cisteína. Por outro lado, a amêndoa da castanha de caju é deficiente em isoleucina, glutamina e asparagina, que estão presentes no trigo o qual é deficiente em triptofano, sugerindo um efeito positivo de complementação proteica, se essas farinhas forem utilizadas juntas numa pré-mistura.

Os alimentos funcionais são benéficos à saúde, devido ao seu valor nutritivo e bioativos presentes na redução dos riscos de doenças crônicas degenerativas (COELHO, 2014). Na panificação, os lipídios como manteiga e óleos enriquecem o pão tornando-o mais aerado, macio e atuam também como conservantes mantendo o pão fresco por mais tempo (LEWIS, 2008 *apud* REGO, BUCIONE, 2016).

2.5.1.6 Aditivos e coadjuvantes de tecnologia

Segundo a legislação brasileira, um aditivo ou coadjuvante só pode ser utilizado quando constar na legislação específica para a categoria de alimento, em suas respectivas funções e limites máximos, e está sujeita à atualização, conforme o avanço do conhecimento científico e tecnológico, visando a proteção e a saúde da população, podendo ser realizada pela própria Anvisa, por acordos do Mercosul ou por demanda do setor regulado, conforme procedimentos descritos no Guia para Pedidos de Inclusão e Extensão de Uso de Aditivos Alimentares e Coadjuvantes de Tecnologia de Fabricação na Legislação Brasileira (ANVISA, 2009).

2.5.1.6.1 Aditivos – Emulsificantes

Emulsificantes (EMU) são aditivos utilizados em panificação, classificados em duas grandes categorias, os condicionadores de massa e os amaciadores de miolo (TEJERO, 1996), podendo também prolongar a vida de prateleira de produtos que contêm amido, pois interagem com o glúten da farinha de trigo, melhorando a textura e a consistência de produtos à base de lipídeos, podendo solubilizar aromas (CARVALHO JÚNIOR, 2016). Como exemplos de emulsificantes podem-se citar a lecitina, ácido algínico, alginato de sódio, potássio, amônio, ágar, carragena e gomas guar e garrofina (ANVISA, 2009).

Os emulsificantes condicionadores, fortalecem a massa formando ligações entre os sítios polares destes e o das proteínas, reduzindo a repulsão eletrostática, e aumentando a agregação entre as moléculas de maior resistência da rede de glúten, enquanto os tipos amaciadores se complexam com a amilose após sua solubilização na gelatinização do amido, evitando durante o resfriamento que não haja a recristalização e o rápido endurecimento do miolo (TEJERO, 1996).

Emulsificantes como o estearoil-2-lactil lactato de cálcio (INS 482) – éster de lactilato sintetizado a partir de ácido graxo de qualidade alimentar e ácido láctico, são indicados para pães de fôrma por aumentar a estabilidade das emulsões, tornando-as mais estáveis e homogêneas. Reagem com as proteínas e reforçam a massa aumentando a viscosidade e melhorando a retenção de gás, conferindo maior volume ao pão e atuando assim, como agente antiendurecimento (REGO; VIALTA; MADI, 2020). Vale ressaltar que o uso desse aditivo em pães é regulamentado pela legislação brasileira (BRASIL, 2009).

2.5.1.6.3 Coadjuvantes de tecnologia com função oxidante

Agentes oxidantes são importantes na tecnologia de panificação. Eles atuam na estrutura proteica, reforçando a rede de glúten através da formação de ligações dissulfídicas. O reforço altera a reologia da massa, melhorando sua expansão e elasticidade, e no assamento o salto de forno (nos primeiros minutos). Assim, os volumes dos pães são otimizados (PAVANELLI, 2000).

O ácido ascórbico tem sido amplamente usado como oxidante na indústria de panificação (LOPES *et al.*, 2007).

Esse coadjuvante de tecnologia atua na formação da rede proteica do glúten, e na presença do oxigênio atmosférico, transforma-se no ácido deidroascórbico pela ação da enzima ascórbico oxidase agindo como um oxidante (JACKEL, 1977; RANUM, 1992).

Outros aditivos como vitaminas e minerais podem ser utilizados em pães para compensar deficiências em dietas ou por perdas de processamento, melhorando ou mantendo o valor nutricional como é o caso do ferro e do ácido fólico adicionados pelos moinhos às farinhas de trigo e de milho (BRASIL, 2017).

2.5.1.6.4 Coadjuvantes de tecnologia – Enzimas

Entre os coadjuvantes de tecnologia, as enzimas vêm se destacando no mercado em relação aos aditivos, principalmente por seu caráter sustentável (ação específica e em baixas concentrações além de não exigirem altas temperaturas para desempenhar suas funções) e da evolução da biotecnologia (NIONELLI *et al.*, 2020).

Segundo Belitz, Grosch e Schieberle (2009), as enzimas α - e β -amilase (do grupo das hidrolases) são mais antigas e comumente usadas na panificação. Esse grupo hidrolisa polissacarídeos ou oligossacarídeos (FELLOWS, 2019). De acordo com Cauvain e Young (2009), as α -amilases hidrolisam o amido hidratado em polímeros ramificados (amilopectinas) de cadeias longas compostos por D-glicoses unidas por α -(1-4) e α -(1-6), e em polímeros lineares de cadeia compostos por D-glicoses unidas por α -(1-4) como a amilose, diferente da beta-amilase que ataca somente ligações α -(1-4) das extremidades das cadeias de amilose e da amilopectina.

A ação conjunta dessas enzimas no amido provoca a sua quebra quase total produzindo maltose. Cada vez que uma cadeia de amido é quebrada pela alfa amilase, surgem dois locais, nos quais a beta-amilase que não hidroliza as ligações α -(1-6) pode agir. Portanto o nível da alfa-amilase é o que determina a velocidade enzimática do sistema (FELLOWS, 2019).

As enzimas podem ser de origem bacteriana (*Bacillus subtilis* 80 °C – 90 °C; *Bacillus licheniformis* 95 °C–105 °C), mais estáveis a altas temperaturas, dextrinizando excessivamente o amido e produzindo inconvenientes nos pães ou fúngica (*Aspergillus niger* 65-75°C) mais usuais (DRAPRON, 1996; POTUS *et al.* 1996). Durante o assamento dos pães, as amilases fúngicas são desnaturadas e inativadas, quando a temperatura interna do pão atinge 65-75°C, ou seja, antes da completa gelatinização do amido, sendo por esse motivo pouco importante na formação da cor da crosta (ADRIAN; POIFFAIT, 1996).

Outras enzimas importantes na produção de pães são as hemicelulases. Na farinha branca, as hemiceluloses representam cerca de 2 a 3%, sendo a mais importante a pentosana, devido à sua alta capacidade de absorver água, se comparada aos amidos e proteínas. As pentosanas absorvem 10 a 15 vezes seu peso em água, de modo que, mesmo estando presentes em pequenas quantidades, exercem efeitos consideráveis na formação da massa (GISSLEN, 2011).

O uso de celulasas e hemicelulasas em misturas prontas melhoram a qualidade de assamento de pães, produzindo hidrólise parcial das pentosanas. Atuam nas ligações α -(1-6) das unidades de glicose α -(1-6) em formas solúveis de celulose. A enzima pentosanase converte a pentosana em D-xilose e L-arabinose e esse efeito pode reduzir o envelhecimento do pão e a viscosidade da massa, clarear o miolo e evitar sua separação da crosta durante o assamento (BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2009).

Na aplicação em pães, no grupo das enzimas oxidoredutases destaca-se a glucose oxidase produzida por fungos (*Aspergillus niger* e *Penicillium notatum*), que catalisa a oxidação da glicose, resultando na formação de peróxido de hidrogênio, que é decomposto pela catalase, formando água e oxigênio (BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2009; FELLOWS, 2019). Essa enzima atua como oxidante reforçando a rede de glúten em massas de pães. Segundo Belitz, Grosch e Schieberle (2009), tecnologicamente o seu uso é mais vantajoso em relação aos antioxidantes químicos, pois não perde sua atividade com o passar do tempo, nem se auto-oxida.

2.5.2 Ingredientes adicionados à pré-mistura quando do preparo do pão

2.5.2.1 Líquidos

No uso de pré-misturas, durante o preparo do pão o consumidor poderá adicionar líquidos como água, leite, sucos, chás, entre outros. Segundo Dias *et al.* (2019), a água tem importância primordial na hidratação, das proteínas da farinha permitindo a formação do glúten na massa, do amido que umedecerá e intumescerá na gelatinização, além de controlar a consistência e a temperatura da massa, dissolver os sais e açúcares, suspender e distribuir melhor os ingredientes, possibilitar a ação das enzimas e leveduras e contribuir com a maciez e a palatabilidade do pão. A quantidade de água adicionada dependerá da capacidade de absorção de água da farinha, da composição dos outros ingredientes, dos tipos de processo e do tipo de pão.

2.5.2.2 Fermento biológico

O fermento biológico, capaz de produzir fermentação, é composto por levedura. Existem mais de oitocentos e cinquenta tipos de leveduras, sendo a *Saccharomyces cerevisiae* a mais utilizada na fabricação de pão (ZAVAREZE; BIDUSKI; DIAS, 2019). Durante o seu metabolismo, as leveduras fermentam os açúcares livres (glucose e sacarose) pré-existentes na massa e a maltose (da hidrólise enzimática) produzindo etanol e gás carbônico responsáveis pelo desenvolvimento da massa (DIAS *et al.*, 2019).

Na evolução dos processos produtivos, tornou-se possível a fabricação de fermento em escala industrial, com controles rígidos na obtenção de pasta concentrada de leveduras viáveis, comercializadas sob a forma de blocos úmidos e refrigerados (fermento biológico fresco) ou submetidas a um processo de secagem, obtendo-se assim o fermento biológico seco (VIANNA *et al.*, 2018).

2.5.2.3 Óleos e gorduras

Óleos e gorduras são caracterizados por sua baixa solubilidade em água e alta solubilidade em solventes orgânicos como acetona, éter, álcool e clorofórmio. São predominantemente ésteres obtidos pela condensação de uma molécula de glicerol e três de ácidos graxos, denominados triglicerídios. Segundo Dias *et al.* (2019), as gorduras são utilizadas na panificação para melhorar a maquinabilidade da rede de glúten, interagir com o amido modificando o seu potencial de hidratação e melhorar a retenção do ar e dos gases da fermentação refletindo na densidade e na viscosidade da massa. Influenciam na cor, no sabor e na textura (maior maciez), além de contribuir para uma maior vida útil por retardar a retrogradação do amido.

2.6 Outros ingredientes utilizados em pães: melhoradores de farinhas ou condicionadores de massas

Em processos de panificação que não utilizam pré-misturas, geralmente os aditivos e coadjuvantes de tecnologia são denominados de melhoradores ou condicionadores de massas de pães, comercializados na forma de pó, pasta ou óleo (sachês). No Brasil é mais comum o uso do tipo unificado em pasta (aditivos e coadjuvantes de tecnologia são homogeneizados, em

óleo, amido ou farinha) para uso em dose única, introduzidos na receita como um dos ingredientes, somente durante o preparo das massas de pães em padarias e fábricas.

Nos moinhos, os aditivos e coadjuvantes de tecnologia são adquiridos separados e a adicionados às farinhas através de dosadores, seguidos de misturadores. São substâncias adicionadas à farinha, para melhorar sua qualidade tecnológica nos fins a que se destina (ANVISA, 2009), como por exemplo, ácido ascórbico, ésteres de mono e diglicerídeos de ácidos graxos com ácido cítrico, cloreto de amônio, sulfatos de potássio, óxido de cálcio e enzimas amilases.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais e métodos dessa pesquisa estão apresentados em três partes, estruturadas em formatos básicos para posteriores divulgações científicas, de modo que possam ser ajustados conforme às normas de cada tipo de publicação. Apresentam: título, resumo, introdução, materiais e métodos, conclusões, e referências bibliográficas.

Primeira parte: Farinha de amêndoas de castanhas de caju (*Anacardium occidentale L.*): substituta total de gorduras e parcial de farinha de trigo, em pães com melhorador de farinha comercial. Nesse artigo foram avaliados as farinhas de trigo e de amêndoas de castanhas de caju e pães preparados com mixes contendo 0%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 70% de farinha de amêndoas de castanha de caju (FACC) substituindo parcialmente a farinha de trigo (FT) e totalmente a gordura e utilizando melhorador de farinhas comercial unificado.

Segunda parte: Pré-mistura para pães de curta fermentação: farinha de amêndoas de castanha de caju (*Anacardium occidentale L.*) como substituta total de gorduras e parcial de farinha de trigo. Foram avaliados os mix de farinhas, as pré-misturas (PM) e os pães das pré-misturas com 0%, 20%, 30%, 40%, 50% de (FACC) de farinha de amêndoas de castanha de caju (FACC) substituindo parcialmente a farinha de trigo (FT) e totalmente a gordura seguindo Delineamento inteiramente casualizado (DIC) com formulação de aditivos da pré-mistura, desenvolvida pela autora. Foram selecionadas duas formulações que apresentaram os melhores resultados quanto aos aspectos visuais, às texturas e aos volumes específicos dos pães.

Terceira parte: Pré-mistura para pães de longa fermentação: farinha de amêndoas de castanha de caju (*Anacardium occidentale L.*) como substituta total de gordura e parcial de farinha de trigo. Foram preparadas 20 formulações de pré-misturas (PM) e pães destas, com 20% e 30% de FACC substituindo parcialmente a farinha de trigo (FT) e totalmente a gordura, variando-se os percentuais das enzimas glucose oxidase e xilanase seguindo um Delineamento composto central (DCC).

As metodologias de análises da presente pesquisa foram aplicadas conforme resumo apresentado no quadro 1.

Quadro 1 – Resumo das metodologias aplicadas na pesquisa

Itens	Títulos	Atividade	Detalhamento
04	Farinha de amêndoas de castanhas de caju (<i>Anacardium Occidentale L.</i>): substituta total de óleos e gorduras e parcial de farinha de trigo, em pães com melhorador de farinha comercial	Obtenção da FACC	Registro da <i>exsicata</i> ; produção da FACC
		Avaliação centesimal, física, química e microscópica das farinhas (FACC e FT)	Umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibras, carboidratos, valor energético; Atividade de água, acidez, pH; MEV; EDS
		Avaliação das propriedades tecnológicas da farinha (FT)	Alveografia; cor; farinografia; falling number; glúten
		Avaliação microbiológica das farinhas (FACC e FT)	Pesquisa de <i>Salmonella</i> ; contagem de coliformes à 45 °C; contagem de bolores e leveduras
		Avaliação das propriedades tecnológicas dos pães: 0%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% e 70% de FACC	Preparo dos pães (DIC); Absorção de água (massa); volume específico; textura do miolo; aparência, aroma e sabor
05	Pré-mistura para pães de curta fermentação: farinha de amêndoas de castanha de caju (<i>Anacardium occidentale L.</i>) como substituta total de óleos e gorduras e parcial de farinha de trigo	Avaliação das propriedades tecnológicas das pré-misturas e dos pães: 0%, 20%, 30%, 40% e 50% de FACC	Preparo das pré-misturas (DIC); preparo dos pães (fermentação curta); absorção de água (massa); volumes específicos; aparência
		Seleção de 2 pré-misturas	Volumes específicos e à aparência dos pães
		Avaliação microbiológica das pré-misturas: 20% e 30% de FACC	Pesquisa de <i>Salmonella</i> ; contagem de coliformes à 45°C; contagem de bolores e leveduras
		Avaliação centesimal, física e química das pré-misturas (PMs): 20% e 30% de FACC	Preparo das pré-misturas; umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibras, carboidratos, valor energético; atividade de água; acidez; pH; MEV e EDS
		Avaliação das propriedades tecnológicas das pré-misturas (PMs): 20% e 30% de FACC	Cor; farinografia; falling number; glúten
		Pesquisa com consumidores	Grupo focal
06	Pré-mistura para pães de longa fermentação: farinha de amêndoas de castanha de caju (<i>Anacardium occidentale L.</i>) como substituta total de óleos e gorduras e parcial de farinha de trigo	Avaliação das propriedades tecnológicas de pães de pré-misturas segundo DCC	Preparo 20 formulações PMs (DCC); preparo dos pães (fermentação longa); volume específico; textura do miolo;
		Seleção de 2 pré-misturas	quanto aos volumes específicos e às texturas dos miolos dos pães
		Avaliação microbiológica das pré-misturas selecionadas no DCC	Estabilidade microbiológica de bolores e leveduras: 0, 30, 60 e 90 dias
		Avaliação química e oxidativa das pré-misturas selecionadas no DCC	Estabilidade (acidez titulável total, acidez graxa, pH, Tbars): 0 e 30 dias
		Avaliação centesimal, física e química dos pães das pré-misturas selecionadas no DCC	Preparo dos pães; umidade; cinzas; proteínas; lipídios; fibras totais, solúveis e insolúveis; carboidratos; valor energético; atividade de água; ácidos graxos

Fonte: elaborado pela autora.

4 FARINHA DE AMÊNDOAS DE CASTANHAS DE CAJU (*ANACARDIUM OCIDENTALE* L.): SUBSTITUTA TOTAL DE ÓLEOS E GORDURAS E PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO, EM PÃES COM MELHORADOR DE FARINHA COMERCIAL

Farinhas de amêndoas de castanhas de caju (FACC) são ricas em nutrientes. O objetivo do presente trabalho foi produzir pães, tecnologicamente viáveis, com 0 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60% e 70 % de FACC como substituta parcial de farinha de trigo (FT) e total de óleos e gorduras, utilizando melhorador de farinha comercial. As farinhas foram analisadas quanto às propriedades físicas, químicas, microbiológicas, colorimétricas, reológicas, de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e de energia dispersiva de raio x (EDS) para detecção de minerais e os pães quanto à absorção de água (massa), volume específico e textura do miolo. As amêndoas de castanhas de caju *in natura* foram adquiridas em uma Organização não governamental (ONG) e processadas em FACC. As farinhas, os mixes (definidos conforme delineamento inteiramente casualizado) das farinhas e os pães foram avaliados em triplicata e os resultados submetidos à análise de variância ANOVA – cálculos das médias e desvios padrões e ao teste de Tukey com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). No preparo dos pães, os ingredientes foram misturados, sem acréscimo de óleo ou gordura, exceto os da formulação padrão (FP) e acrescidos de água. A FACC e a FT não diferiram significativamente ($p > 0,05$) quanto ao pH e diferiram significativamente ($p < 0,05$) quanto à, granulometria, Aw, carboidratos, cinzas, fibras alimentares, lipídios, proteínas, umidade, valor energético e cor. A FT apresentou-se como farinha forte (glúten úmido e index; W; P/L; Ie; estabilidade, ITM), de média absorção de água (AA) e de baixa atividade enzimática (Falling number). As duas farinhas se mostraram seguras do ponto de vista microbiológico (Coliformes 45° C; *Salmonellas*). Na FACC e FT foram identificados: K, P, F, S, Mg, Cl, Mo e Al. Os pães com 20% e 30% de FACC diferiram ($p < 0,05$) da FP nas AA e nos VE. As texturas dos miolos dos pães com 20% e 30% de FACC não diferiram ($p > 0,05$) quanto à dureza, elasticidade e mastigabilidade dos pães das FPs. Concluiu-se que a FACC apresenta grande potencial nutricional e tecnológico como substituta parcial de farinha de trigo e total de gorduras tradicionais usados no preparo de pães. Uma vez que o melhorador de farinhas não possibilita ajustes finos de aditivos e coadjuvantes de tecnologia em função da qualidade dos mixes de farinhas, recomenda-se o desenvolvimento de pré-misturas com essa finalidade.

Palavras-chave: Ingredientes alternativos. Nutrição. Tecnologia. Amêndoas.

4.1 Introdução

A desnutrição e a deficiência de micronutrientes, o sobrepeso e a obesidade têm aumentado mundialmente, em todos os segmentos das populações, em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Dietas inadequadas independem da classificação de renda e podem ser melhoradas com educação e legislações que informem e conscientizem adequadamente a população (REGO; BUCIONE, 2016).

O consumo elevado de lipídios, açúcares, adoçantes e nutrientes de fontes animais, frente à diminuição do consumo de frutas, grãos, cereais integrais, nozes e leguminosas, dentre outros alimentos saudáveis, tem contribuído para esses problemas de saúde pública (FAO; OPAS, 2017).

Os pães são alimentos consumidos pelo público em geral, podem apresentar funcionalidades nutricionais extras e possuem excelente aceitabilidade sensorial. No desenvolvimento de produtos, são excelentes suportes de macro e micronutrientes para atender às necessárias alegações nutricionais e de saúde (DIAS *et al.*, 2019).

Através do beneficiamento da castanha de caju obtêm-se as amêndoas *in naturas* e torradas. Durante as operações de cocção, secagem, corte, decorticação, descamação, classificação, torra e/ou adição de sal (não aplicadas para as *in natura*) e embalagem, podem ocorrer quebras e desperdícios, e as frações de menores valores comerciais, são destinadas ao consumo direto em lanches e aperitivos ou como ingrediente em indústrias de sorvetes, bebidas lácteas e chocolates (FAGUNDES, 2020; KLUCZKOVSKI; MARTINS, 2016).

O termo “farinhas alternativas” designa àquelas que podem substituir total ou parcialmente a farinha de trigo. Geralmente, atuam como alimentos funcionais, por possuírem compostos bioativos, que podem contribuir para reduzir os riscos de doenças crônicas degenerativas proporcionando diversos benefícios à saúde, além do valor nutritivo inerente à sua composição química, potencialmente benéfica na redução dos riscos de doenças crônicas degenerativas (COELHO, 2014; JESUS JÚNIOR *et al.*, 2020).

As farinhas de castanhas de caju apresentam altos teores de proteínas, lipídios (21,53% de ácido linoleico e 60,30% de ácido oleico), fibras (AMORIM *et al.*, 2018; PACIULLI *et al.*, 2018), e vitaminas (CARVALHO *et al.*, 2017). Soares *et al.* (2012) encontraram cálcio, cobalto, magnésio, potássio, e zinco em castanhas de caju, de cultivo orgânico e convencional, e o teor de cobre foi de 47,5% da IDR para adultos.

Na fabricação de pães, depois da farinha, a água é o segundo ingrediente mais importante no preparo da massa, na formação do glúten e na incorporação dos outros

ingredientes. O sal regula a ação das leveduras, fortalece a rede de glúten, além de realçar o sabor (ZAVAREZE; BIDUSKI, DIAS, 2019).

No preparo de pães tipo fôrma, geralmente são adicionados em média, 3 % de gorduras. Embora as empresas em acordo com o Ministério da Saúde (ANVISA, 2002) tenham reduzido sua utilização, as gorduras *trans* ainda estão presentes em produtos de panificação, sendo indicada sua substituição, por lipídios mais saudáveis contendo ácidos graxos mono e polinsaturados, presentes nas amêndoas de castanhas de caju. Portanto, em virtude do alto teor de lipídios insaturados, benéficos à saúde, das farinhas de amêndoas de castanhas de caju, o objetivo do presente trabalho foi produzir e avaliar tecnologicamente pães com 0 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 % e 70 % de farinha de amêndoas de castanhas de caju, como substituta total de gorduras e parcial de farinha de trigo, utilizando melhorador de farinha comercial.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Matérias-primas e insumos

As farinhas de trigo (FT) e de amêndoas de castanhas de caju (FACC) foram os ingredientes básicos das pré-misturas objeto dessa pesquisa. A farinha de trigo utilizada foi tipo I, adquirida no comércio local de Fortaleza-CE, acondicionada em embalagens de papel (originais do fabricante) e guardadas dentro de sacos plásticos de polietileno, em freezer tipo doméstico, até a utilização para análises.

Na instrução normativa nº 02 de 06 de fevereiro, as amêndoas de castanha de caju classificadas como bandas “S” e pedaços “P” (BRASIL, 2017), em estado natural sem torragem e adição de sal, foram adquiridos na Organização Não Governamental Associação Comunitária de Cajazeira, no Município de Barreira-CE. As castanhas utilizadas foram colhidas entre os meses de setembro e dezembro de 2017.

Outros ingredientes como o açúcar e o sal refinados, o fermento biológico tipo seco, a margarina (com 70% de lipídios) usada apenas na formulação padrão e, o melhorador de farinhas em pasta, foram adquiridos no comércio local de Fortaleza-CE, armazenados em suas embalagens originais e acondicionados em caixas plásticas à temperatura de 6 °C.

As embalagens adquiridas foram sachês (*stand-up*) aluminizados com zíper medindo 140 x 220 mm.

4.2.2 Registro da *exsicata* do cajueiro

Foi coletada a castanha, o pecíolo, a bainha, a flor e a folha, de um cajueiro do sítio da ONG (Associação Comunitária de Cajazeira, no Município de Barreira-CE) e tais produtos foram enviados ao Herbário Prisco Bezerra da Universidade Federal do Ceará, para identificação e catalogação da *Exsicata*. O projeto também foi cadastrado no Sistema Nacional de gestão do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado (SISGEN).

4.2.3 Produção da farinha de amêndoas de castanhas de caju

Os pedaços e as bandas das amêndoas de castanhas de caju *in natura* foram embalados em sachês (*standup*) aluminizados e congelados a menos 5 °C em freezer vertical. A cada programação de sequência de análises, as amêndoas foram descongeladas, pesadas, distribuídas em bandejas e espalhadas em camadas de modo que as amêndoas não ficassem sobrepostas umas nas outras, secas a 55 °C / 24 h, (em estufa com circulação e renovação de ar forçada, marca SOLAB modelo SL-102), depois resfriadas por 4 h em temperatura ambiente (27 °C), pesadas em balança semi-analítica, embaladas e armazenadas nos sachês a 27 °C até a produção da FACC. O cálculo da perda de peso durante a secagem foi conforme a equação 1:

Equação 1:

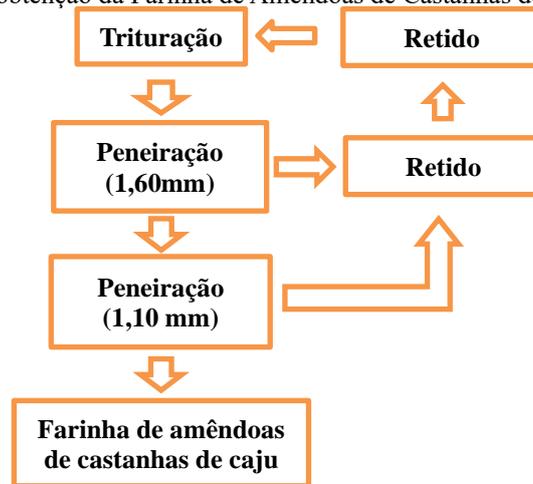
Pi= peso inicial da amostra (amêndoas de castanhas de caju) *in natura*

Pf= peso final da amostra (amêndoas de castanhas de caju) após a secagem

$$\text{Perda de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

O fluxograma de obtenção da Farinha de Amêndoas de Castanhas de Caju (FACC) está apresentado na figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de obtenção da Farinha de Amêndoas de Castanhas de Caju (FACC)



Fonte: elaborado pela autora.

As bandas (S) e os pedaços (P) secos foram pesados, triturados em liquidificador (1200W, seis lâminas) na velocidade dois de um total de doze, durante 30 segundos. O triturado, foi peneirado em malhas de 1,60 mm seguida de malha de 1,10mm. As porções retidas foram separadas e trituradas novamente – adaptação do método granulométrico nº 965.22 (AOAC, 1997a). O rendimento em farinha foi determinado por diferenças de pesos entre as bandas (S) e os pedaços (P) de amêndoas de castanhas de caju (secas) antes da trituração e os pesos dos totais de farinhas, que passavam nas peneiras (malhas de 1,60 mm e 1,10 mm).

4.2.4 Avaliação: centesimal, física e química

As amêndoas das castanhas de caju foram analisadas quanto à atividade de água e as farinhas quanto à umidade, cinzas, fibras alimentares (totais, solúveis e insolúveis), lipídios, proteínas, carboidratos, valor energético, acidez graxa, e pH. A umidade em estufa com circulação de ar foi determinada pelo método nº 934.06 (AOAC, 2016b) a 105 °C /8 h, cinzas segundo o método nº 923.03 (AOAC, 2016a), fibras alimentares (frações insolúveis – FDI e solúveis – SDF) pelo método nº 991.43 (AOAC, 2010), lipídios – ANKOM, método nº 5-04 (AOCS, 2005), proteínas conforme metodologia NDA 701 – VEPP método nº 960.552 (AOAC, 2016c), carboidratos totais calculados por diferença (100 - totais de umidade, proteína, lipídios e cinzas) incluindo a fração fibra alimentar, segundo Instituto Adolfo Lutz (1985) e ANVISA (2003) e acidez graxa método 02-02A (AACC, 1995) e Brasil (2005a).

Na determinação dos valores energéticos foram utilizados os coeficientes de ATWATER: 4 kcal.g⁻¹ para proteínas, 4 kcal g⁻¹ para carboidratos e 9 kcal.g⁻¹ para lipídios, de acordo com a Resolução RDC n° 360 (ANVISA, 2003), acidez graxa método 02-02A AACC (1995), pH segundo o método n° 981.12 AOAC (1997b), com potenciômetro modelo Q400 RS previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e pH 7,0, a atividade de água (amêndoas e farinhas) foi realizada a 25,5 °C ± 0,60 em triplicata no aparelho AquaLab-4TE CX-2.

As análises foram realizadas em triplicata. Os resultados das análises, foram submetidos a processamento estatístico por análise de variância ANOVA, cálculos das médias e desvios padrões e ao Teste de Tukey (1949) com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

4.2.5 Avaliação das propriedades tecnológicas das farinhas

A cor instrumental foi medida conforme o método n° 14-22, (AACC, 2000b). em colorímetro (chroma meter CR-410 – Konica Minolta® Sensing Inc., Osaka, Japão), padronizado com fonte de luz D65 (luz do dia incluindo a radiação UV) e sistema de cor CIELab de coordenadas cartesianas em espaço tridimensional. As propriedades alveográficas foram determinadas em alveógrafo (modelo NG, marca Chopin®, França) de acordo com o método n° 54-30.02 (AACC, 1999a) e as propriedades farinográficas em farinógrafo (marca Brabender®, Alemanha) pelo método n° 54-21.02 (AACC, 2011). Os percentuais de glúten úmido, index e seco foram determinados pelos métodos n°s 38-12.02 da AACC (2000c) e n° 155 do ICC (1994) nos equipamentos glutomatic (modelo 2200, marca Perten®), centrífuga modelo 2015, marca Perten® (4000 rpm / 4 m) e secadora glutork 2020, de marca Perten®). O índice de queda que avalia a atividade enzimática da enzima α -amilase, foi obtido no equipamento falling number (marca Perten®), pelo método n° 56-81.03 da AACC (1999b).

4.2.6 Avaliação da microscopia eletrônica de varredura (MEV) e energia dispersiva de raios X (EDS)

Foram aplicadas as técnicas de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e de espectroscopia por energia dispersiva (EDS), nas farinhas de amêndoas de castanhas de caju e de trigo, para observação comparativa das imagens das microestruturas e da presença de elementos químicos minerais (percentuais em relação à área mapeada) nesses materiais, de forma a verificar as performances das substituições da farinha de amêndoas de castanhas de

caju à farinha de trigo nos mixes usados nas pré-misturas, com as quais os pães foram produzidos.

As amostras foram incineradas em análise de cinzas, método nº 923.03 (AOAC, 2016a) e os resíduos foram fixados em suportes cilíndricos (*stubs*), e em seguida metalizadas pelo sistema de preparação de amostras QUORUM® Q150T ES, escaneadas em microscópio eletrônico de varredura (marca QUANTA 450 - FEG) e os resultados analisados pelo programa XT Microscope Control, com resolução de leitura de 25 µm.

4.2.7 Avaliação microbiológica

As farinhas acondicionadas em sachês aluminizados com zíper plástico foram submetidas às análises microbiológicas, de contagem de coliformes a 45° C (NMP/g), *Salmonella sp*/25 g (ausência) e de bolores e leveduras em farinhas (BRASIL, 2001). Os métodos utilizados foram do compêndio de métodos para análises microbiológicas de alimentos da American Public Health Association (APHA), Washington, 2001 (DOWNES; ITO, 2001).

4.2.8 Preparo dos pães e avaliação das propriedades tecnológicas

A formulação padrão dos testes de panificação adaptada de Gutkoski e Jacobsen Neto (2002) e das demais formulações estão apresentadas nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Formulações, referência e adaptada (padrão), dos pães tipo fôrma

Ingredientes	Formulação referência¹ (%)	Formulação Adaptada / Padrão² (%)
Farinha de trigo Tipo 1	100	100
Água	53-57	50
Açúcar refinado	5	5
Fermento biológico Fresco	3	-
Fermento biológico Seco	-	3
Margarina (70% lipídios)	-	3
Gordura vegetal hidrogenada	3	-
Ácido ascórbico	100ppm	-
Sal refinado	1,75	1,75
Melhorador de farinha unificado em pasta ³	-	0,3

Fonte: ¹Gutkoski e Jacobsen Neto (2002); ²adaptada de Gutkoski e Jacobsen Neto (2002): formulação padrão.

³Melhorador de farinha unificado em pasta: contém amido de milho e/ou mandioca, estabilizantes polisorbato 80 (INS 433) e estearoil 2-lactil lactato de cálcio, ácido ascórbico (INS 300) e enzima alfa amilase (INS 1100).

Na formulação padrão foi utilizado melhorador de farinha comercial (aditivo unificado em pasta) ao invés de ácido ascórbico, fermento biológico seco ao invés do fresco (devido à praticidade e disponibilidade no mercado) e margarina (70% de lipídios) mais usada em padarias, substituindo a gordura vegetal hidrogenada, enquanto nas outras formulações (tabela 2) não foram utilizadas margarina e nem gordura vegetal hidrogenada, uma vez que a farinha de amêndoas de castanhas de caju (FACC) é rica em lipídios e atuou como substituta de gordura (objetivo dessa pesquisa).

Tabela 2 – Formulações usadas na produção dos pães

Formulações	Água (%)	Açúcar (%)	Fermento biológico tipo seco (%)	Margarina 70% lipídios (%)	Sal (%)	Melhorador de farinhas (%)
F01*= 0% FAAC 100% FT	56	5	3	3	1,75	0,3
F02= 20% FAAC 80% FT	56	5	3	-	1,75	0,3
F03= 30% FAAC 70% FT	56	5	3	-	1,75	0,3
F04= 40% FAAC 60% FT	56	5	3	-	1,75	0,3
F05= 50% FAAC 50% FT	56	5	3	-	1,75	0,3
F06= 60% FAAC 40% FT	56	5	3	-	1,75	0,3
F07= 70% FAAC 30% FT	56	5	3	-	1,75	0,3

Fonte: dados da pesquisa.

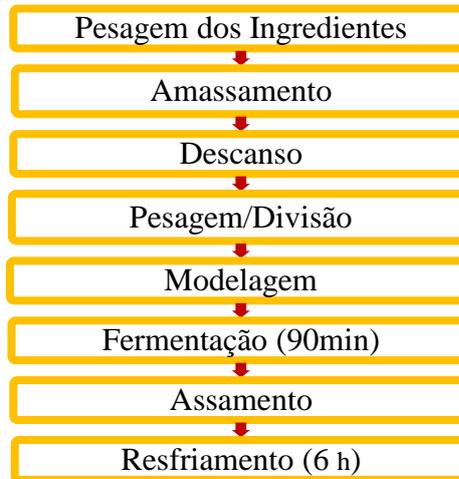
(*) adaptada de Gutkoski e Jacobsen Neto (2002) = padrão.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Melhorador de farinhas unificado em pasta: contém amido de milho e/ou mandioca, estabilizantes polisorbato 80 (INS 433) e estearoil 2-lactil lactato de cálcio, ácido ascórbico (INS 300) e enzima alfa amilase (INS 1100).

Os pães foram produzidos na padaria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE / *Campus* Baturité), conforme formulações da tabela 2 e comparados à uma formulação padrão com 100% FT (F1) e com adição de margarina (70% de lipídios) segundo adaptação da formulação de Gutkoski e Jacobsen Neto (2002), tabela 1. As etapas do processo estão esquematizadas no fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma de processamento dos pães tipo forma com farinhas, de amêndoas de castanhas de caju e de trigo, usando melhorador de farinhas comercial



Fonte: elaborada pela autora.

No preparo das massas, os ingredientes foram pesados e colocados em batedeira, primeiro os secos, farinhas, sal, açúcar e o fermento biológico, homogeneizados (1 minuto / velocidade 1), depois o melhorador de farinha (pastoso), seguidos da água, adicionada aos poucos conforme a consistência ideal de cada massa determinada pela observação tátil e visual de cada uma delas. Na formulação padrão, a margarina foi adicionada após o desenvolvimento do glúten, visualizado no “ponto de véu” – teste empírico com uma pequena porção de massa estendida manual e delicadamente até ficar semi transparente e lisa sem romper facilmente.

Após o preparo da massa foram pesadas 480 g de massa, divididas em 3 peças de 160 g, para cada formulação, modeladas em formato de baguete e colocadas em formas de aço inoxidável, retangular sem tampa com dimensões padronizadas, altura: 3,5 cm; comprimento: 7,0 cm na borda superior e 6,5 cm na base; largura: 4,0 cm na borda superior e 3,5 cm na base (EL-DASH, 1978), untadas com óleo de girassol.

A fermentação foi realizada à temperatura ambiente de $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 90 minutos. Em seguida, as massas foram assadas a $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 12 minutos. Após o tempo de resfriamento de 6 horas, os pães foram embalados em filmes plásticos e avaliados no dia seguinte por dois especialistas em panificação.

4.2.8.1 Absorção de água (massa) e volume específico (pães)

A água foi pesada em quantidades iguais para todas as formulações (56%) conforme adaptação de Gutkoski e Jacobsen Neto (2002), e adicionada aos poucos conforme a

consistência ideal de cada massa determinada pela observação tátil e visual. A absorção de água foi determinada percentualmente em função da quantidade de água utilizada.

Os pães foram pesados e os volumes determinados em triplicata. O volume foi medido usando deslocamento de miçangas de porcelana (diâmetro de 2 mm) - adaptação da autora, do método nº 10-11 da AACC (2000a). Os volumes específicos foram calculados dividindo-se os volumes (mL) pelos pesos (gramas) dos pães expressos em mL.g⁻¹.

4.2.8.2 *Aroma, sabor e aparência*

Os pães foram avaliados subjetivamente quanto ao aroma, sabor e aparência (formato, expansão e cores da casca e do miolo) por duas especialistas em pães.

Na avaliação da aparência, os pães de cada formulação foram analisados comparativamente aos pães da formulação padrão com 100% de farinha de trigo (FT). Os parâmetros avaliados foram:

- Características externas: formato, expansão quebra e cor, da crosta
- Características internas: cor, alveolagem e textura, do miolo
- Fotos: melhor definição das avaliações

4.2.8.3 *Análise instrumental de Textura*

As texturas dos miolos das fatias dos pães de forma foram determinadas no Laboratório da EMBRAPA-CE, em texturômetro TA–XT2i (*Stale Micro Systems*) com o auxílio do *software* fornecido com o equipamento, utilizando método nº 74-09 (AACC, 2000d), com probe de alumínio (P/35), pelo método de TPA (Texture Profile Analysis) aplicável para pão. Os testes foram realizados sob as seguintes condições: Velocidade do Pré-Teste: 2,0 mm/s; Velocidade do Teste: 1,7 mm/s; Velocidade do Pós-Teste: 10,0 mm/s; Distância: 10 mm; Tempo: 5 segundos; Gatilho (tipo): *auto (force)*; Gatilho (força): 0,04903N. Para a análise, foram utilizadas três fatias centrais de 2,5 cm de espessura, sobrepostas em dois ciclos que simularam a ação da mandíbula durante a mastigação. Foram realizadas 30 repetições por tratamento, considerando a elaboração de três pães para cada tratamento. Os pães foram cortados e as suas fatias avaliadas subjetivamente quanto às cores da crosta e dos miolos, as simetrias e as expansões, bem como os aspectos dos alvéolos.

4.2.9 Análises estatísticas dos resultados

Os resultados das análises, foram submetidos ao tratamento estatístico ANOVA – cálculos das médias e desvios padrões e ao teste de Tukey (1949) com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). As análises foram realizadas em triplicata.

4.3 Resultados

4.3.1 Registro da *exsicata* do cajueiro e cadastro no Sistema Nacional de gestão do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado (SISGEN)

O registro da *exsicata* do cajueiro (bainha, pecíolo, folhas, pedúnculo e a castanha de caju), no Herbário Prisco Bezerra da Universidade Federal do Ceará está apresentado no quadro 2, e a fotos nos apêndices A e B.

Quadro 2 – Registro da catalogação da *exsicata* no Herbário Prisco Bezerra – UFC

<p>PLANTAE ANARCARDIACEAE</p> <p>Anacardium occidentale L..Det.:Medeiros, M.M.L. 29/09/2018</p> <p>EAC 61762 Coleta: Medeiros, M.M. L. s.n.29/09/2018</p> <p>Loc: Barreira, Ceará, Brasil Cód. Barras: EAC0061762.</p> <p>Coord. Orig. [lat: -4.485833 long: -39.075278WGS84]</p> <p>Tipo de registro: PreservedSpecimen</p> <p>®Herbário Prisco Bezerra (EAC)</p>
--

Fonte: INCT- Herbário Virtual da Flora e dos Fungos (HERBÁRIO PRISCO BEZERRA, 2018).

O projeto foi cadastrado no Sistema Nacional de gestão do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado (SISGEN) sob o número A53FE99.

4.3.2 Produção da farinha de amêndoas de castanhas de caju

Na secagem das bandas (S) e pedaços (P) de amêndoas de castanhas de caju a 55 °C / 24 h houve perda de peso de 2,4% e o rendimento obtido foi de 90% de farinha. Freitas e Naves (2010) torraram castanhas de baru, também designado de cumaru (*Dipteryx alata*) a 140 °C por 30 minutos em forno elétrico doméstico e verificou que as castanhas torradas, em comparação às castanhas *in natura* não tiveram sua composição química alterada.

No entanto, Silva *et al.* (2015) avaliaram o efeito da temperatura e do tempo de secagem (57 °C/4h à 100 °C/7h), em amêndoas de castanhas de caju (ACC) inteiras, sobre as variáveis umidade, proteínas, cinzas e lipídios e concluíram que a temperatura influenciou a maioria das respostas mesmo que em algumas delas, o efeito não tenha apresentado significância estatística. O tempo apresentou maior influência no teor de proteína e no pH e a interação entre estas duas variáveis influenciou a acidez.

Jesus Júnior *et al.* (2020) avaliaram a composição centesimal da ACC crua e torrada como matéria-prima para a produção de FACC e concluíram que houve pouca alteração da sua composição após a torra, provavelmente devido ao tratamento da matéria-prima não envolver processos destrutivos agressivos, enquanto Mendes (2018) verificou que castanhas ultra processadas apresentaram menores teores de proteínas totais comparadas às amostras *in natura* e processadas.

No presente estudo a opção por secagem ao invés de torra foi em função da indicação da farinha de amêndoas de castanhas de caju como ingrediente substituto de gordura em produtos panificáveis, que normalmente são assados com temperaturas acima de 150 °C, sendo desnecessária a aplicação de duas etapas de altas temperaturas que possam comprometer a qualidade nutricional dos produtos.

O aspecto visual das bandas e pedaços de amêndoas de castanhas de caju e da farinha obtida no presente estudo pode ser observado na figura 3.

Figura 3 – Bandas de amêndoas de castanhas de caju (qualidade-S1) e pedaços (qualidade – P) (à esquerda), e, processadas - farinha (à direita)



Fonte: foto da pesquisa.

A farinha resultante da trituração foi peneirada em malhas de 1,60 mm e 1,10 mm estando em conformidade com o Regulamento Técnico da Amêndoa de Castanha de Caju da Instrução Normativa nº 2, de 06 de fevereiro – MAPA, que define a granulometria da farinha da amêndoa da castanha de caju como o produto que vazar na peneira de malha 14 ou 1,19 mm (BRASIL, 2017).

Essa granulometria foi a mais adequada para evitar o empastamento e entupimento das peneiras, uma vez que não houve extração do óleo das amêndoas de castanhas de caju visto o seu alto teor de lipídios (mantido e necessário) para atender a um dos objetivos da presente pesquisa em usar essa farinha como substituta de óleos ou gorduras comerciais na formulação dos pães.

Segundo o MAPA (BRASIL, 2005a), as farinhas de trigo devem passar em malha de 250 microns (0,25 mm). Comparando as duas legislações do MAPA, quanto à granulometria das farinhas de trigo e de amêndoas de castanhas de caju (ACC) verifica-se que a dessa última é quatro vezes maior que a de trigo.

4.3.3 Atividade de água

Os resultados de atividade de água das farinhas, de trigo e de amêndoas de castanhas de caju (*in natura* e após a secagem), estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Atividade de água das farinhas, de trigo e de amêndoas de castanhas de caju (*in natura* e secas)

Análises	FT	FAAC (de amêndoas <i>in natura</i>)	FACC (de amêndoas secas)
Atividade de água	0,58 ^b ± 0,00	0,60 ^a ± 0,00	0,36 ^c ± 0,00

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

A atividade de água, da farinha de amêndoas de castanhas de caju, reduziu em sessenta por cento com a secagem (55 °C /24hs) e diferiu significativamente ($p < 0,05$) da farinha de trigo. Carvalho *et al.* (2017) encontraram valores médios de 0,51.

4.3.4 Avaliação microbiológica

Os resultados da avaliação microbiológica das farinhas, de trigo e de amêndoas de castanhas de caju, estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Análises microbiológicas das farinhas, de trigo e de amêndoas de castanhas de caju

Análises	FT	FAAC <i>in natura</i>
Coliforme a 45 °C (NMP/g)	<3	<3
Salmonella sp/25g	ausência	ausência
Bolores e leveduras (UFC/g)	<10	<10

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Os resultados das análises microbiológicas de Coliformes, *Salmonella* e apresentadas na tabela 4 estão em conformidade com a RDC nº 12 de 02 de janeiro (ANVISA, 2001). No entanto, essa legislação não estabelece padrões para bolores e leveduras, microrganismos indicadores de higiene e segurança alimentar. Moura *et al.* (2014) encontraram entre 223,93 e 379,20 UFC/ g de bolores e leveduras em amostras de farinha de trigo de cinco marcas mais comercializadas no município de Cascavel (Paraná), valores superiores aos encontrados nesse estudo.

4.3.5 Composição química e nutricional

A composição química e nutricional das farinhas de trigo e de amêndoas de castanhas de caju estão apresentadas na tabela 5.

Tabela 5 – Composição física, química e nutricional das farinhas, de trigo e de amêndoas de castanhas de caju

Análises	FT	FACC
Umidade (g / 100 g)	11,23 ^a ± 0,13	3,70 ^b ± 0,03
Cinzas (g / 100 g)	0,68 ^b ± 0,14	2,34 ^a ± 0,15
Lipídios (g / 100 g)	0,73 ^b ± 0,09	35,18 ^a ± 0,56
Proteínas* (g / 100 g)	13,28 ^b ± 0,05	25,97 ^a ± 0,01
Fibras dietética solúveis (g / 100 g)	0,05 ^b ± 0,00	3,90 ^a ± 0,17
Fibras dietéticas insolúveis (g / 100 g)	1,50 ^b ± 0,26	8,60 ^a ± 0,29
Fibras dietéticas totais (g / 100 g)	1,55 ^b ± 0,26	12,50 ^a ± 0,12
Carboidratos (g / 100 g) b.s.	72,53 ^a ± 0,08	20,31 ^b ± 0,74
Valores energéticos (Kcal.100 ⁻¹)	350,09 ^b ± 0,92	501,71 ^a ± 2,41
pH	6,50 ^a ± 0,06	6,50 ^a ± 0,06
Acidez (mg KOH/100 g)	6,28 ^a ± 0,59	7,17 ^a ± 0,54

Fonte: dados da pesquisa.

Carboidratos = 100 – somatório de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e fibras (ANVISA, 2005).

Valor energético = somatório (4 x proteínas + 4 x carboidratos + 9 x lipídios).

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Em farinhas, a umidade é um parâmetro importante sob o ponto de vista de conservação. Todas as amostras estavam em conformidade com a legislação brasileira, que permite máximos de 5% para a FACC e 15% para a FT (BRASIL, 2005a, 2017). A FACC diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) apresentando menor umidade e maiores teores de cinzas, fibras, lipídios e proteínas em relação a FT, rica em carboidratos.

Conforme a instrução normativa nº 8, de 02 de junho sobre o regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo, a farinha de trigo é classificada como tipo I, quando o teor de cinza máximo é 0,87% e o teor mínimo de proteína é 7,5% (BRASIL, 2005a) confirmando o informado no rótulo. Boita (2015) encontrou 12,89% de umidade, 13,99% de

proteína, 0,75% de cinzas em FT, resultados próximos aos encontrados nesse estudo e, 1,46% de lipídios acima, além de 0,40% de fibra alimentar inferior ao aqui apresentado. Essas variações podem ocorrer em função de condições diversas de plantio.

Silva *et al.* (2015) analisaram amêndoas de castanhas de caju secas entre 57 °C e 100 °C em intervalos de 4 h à 7 h, e a FACC não desengordurada apresentou percentuais de proteínas (20,23%), carboidratos (11,39%), lipídios (45,17%), umidade (12,40%) e cinzas (6,26%) superiores aos encontrados nesse estudo. Nesse estudo a FACC apresentou-se a maior em relação à FT, com 51% de proteínas, 88% de fibras e 98% de lipídios.

Quanto aos teores de cinzas, fibras, lipídios e proteínas, não há legislação específica para FACC, porém de acordo com o regulamento técnico sobre informação nutricional e complementar (BRASIL, 2005a), essa farinha seria categorizada como um produto com alto teor de: fibras totais (mínimo de 6 g de fibra/100g), lipídios (> 3 g/100 g) e proteínas (mínimo de 12 g de proteínas/100 g).

O teor de cinzas é similar ao de farinha de trigo integral. Conforme o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO, 2012), a castanha de caju apresenta menor teor de lipídios totais (47,73 g/100g) quando comparada ao amendoim, avelã, castanha do Pará, macadâmia e nozes.

Araújo *et al.* (2012) caracterizaram FACC (torradas) e encontraram valores de pH de 5,51 e acidez de 1,09%. Silva *et al.* (2015) encontraram pH de amêndoas de castanhas de caju entre 6,4 e 6,9, valores próximos aos encontrados nesse estudo. Segundo Mendes (2018), as proteínas da castanha de caju apresentam menor solubilidade em pH 3 e as de castanha-do-pará em pH 4, próximo aos pontos isoelétricos das proteínas de sua composição e maior solubilidade em pH alcalinos.

A acidez da farinha de trigo deve apresentar valores inferiores a 100 mg de KOH.100g⁻¹ em base seca, portanto, o resultado apresentado está de acordo com a legislação (BRASIL, 2005a). Na literatura, a acidez da farinha de amêndoas de castanhas de caju é determinada no óleo extraído da amêndoa, no entanto, nesse trabalho a acidez foi determinada pela mesma metodologia indicada para a farinha de trigo. Akinhanmi, Atasie e Akintokun (2008) encontraram entre 2,1 e 15,4 mg KOH/g em óleo de castanha de caju, e Carvalho *et al.* (2017) 0,70 g/100g de ácido oleico.

4.3.6 Avaliação das propriedades tecnológicas

4.3.6.1 Cor (FACC e FT), glúten e falling number (FT)

Os parâmetros de cor instrumental, glúten e *falling number* (FN) das farinhas de trigo e de amêndoas de castanhas de caju estão demonstrados na tabela 6.

Tabela 6 – Análises de cor (farinhas, de amêndoas de castanhas de caju e de trigo), glúten e falling number (farinha de trigo)

Amostras	Cor			% Glúten		FN
	L*	a*	b*	Úmido	Index	(seg)
FT	93,42 ^a ±0,24	-0,98 ^a ±0,05	9,68 ^a ±0,08	25,83±0,12	97,33±0,58	417±0,00
FAAC	83,08 ^b ±0,08	0,26 ^b ±0,07	16,94 ^b ±0,23	*	*	*

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo; FN: falling number.

Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

A cor é uma indicadora de qualidade em farinhas. Deriva da coloração do endosperma e da presença de farelo, podendo ser influenciada pela variedade da planta, contaminação fúngica, condições de moagem e armazenamento (DENDY; DOBRASZCZYK, 2001). Na análise de cor (parâmetros L*, a*, b*) FT e FACC diferiram ($p < 0,05$) entre si. Esses resultados são em função da FACC ser menos clara (L* mais distante de 100) e mais amarelada em comparação à FT. A cor da FACC apresentada nesse estudo ficou mais clara do que a farinha de castanha (*chestnut flour*) encontrada por Paciulli *et al.* (2018), com L* entre 57,5 e 59,7; a* entre 8,00, e 8,1 e b*entre 16,6 e 18,1.

Altos teores de glúten úmido estão relacionados às farinhas fortes e o oposto produz farinhas fracas, com baixa elasticidade e baixo teor de proteínas (FARONI *et al.*, 2007; WIESIR, 2007). Ribeiro (2009) encontrou glúten úmido em farinha de trigo na faixa de 24% a 36% e os recomendou para uso em panificação, enquanto Aplevic *et al.* (2015) encontraram 27,3 a 28,95, tendo referido também teores de glúten index na faixa de 87,23 a 94,45% coerentes com a faixa encontrada no presente trabalho. A classificação para farinha de trigo quanto ao índice de glúten proposta por Pizzinatto (1999) utiliza valores acima de 90 (muito boas), entre 60 e 90 (boas), entre 40 e 60 (médias) e menores que 40 (fracas).

Segundo a IN nº 08, do Ministério da Agricultura, os valores de FN para trigo denominados pão e melhorador devem ter entre 220 s e 250 s, respectivamente (BRASIL, 2005a), para Bertolino e Braga (2017), os valores ideais para pães estão em maior amplitude,

na faixa de 200 a 350 segundos e, Aplevic *et al.* (2015) encontraram valores mais altos de FN de 355 s a 384 s.

O resultado obtido nesse estudo indicou que a FT analisada possui baixa atividade enzimática. Não foi possível obter resultados com a FACC, provavelmente em função do baixo teor de carboidratos e dos tipos de enzimas apresentados nessa farinha.

4.3.6.2 Alveografia e farinografia (FT)

Os parâmetros alveográficos e farinográficos da farinha de trigo estão demonstrados na tabela 7.

Tabela 7 – Alveografia e farinografia da farinha de trigo

Alveografia	FT
W	290 ± 0,20
W40	260 ± 0,25
P	149 ± 0,35
L	46 ± 0,30
P/L	3,24 ± 0,30
G	15,1 ± 0,20
Ie	61,3 ± 0,10
Farinografia	
Absorção de água (%)	61,00 ± 0,01
Estabilidade (min)	13,00 ± 1,41
Tempo de desenvolvimento (min)	3,00 ± 1,21
Índice de tolerância à mistura - ITM	8,00 ± 3,54

Fonte: dados da pesquisa.

FT: farinha de trigo.

Conforme a Instrução Normativa nº 38 de 30 de novembro (BRASIL, 2010) a estabilidade apresentada, ficou acima da faixa de 10 a 14 min correlacionada com trigos pão e melhorador e a absorção adequada, portanto, uma farinha considerada forte segundo os padrões da legislação brasileira.

A FT apresentou W: 290 10^{-4} Joules; P: 149 mm; L: 46 mm; P/L: 3,24; G:15,1; IE: 61,3% e 61,0% absorção de água; 13,00 min de estabilidade; tempo de desenvolvimento 3,00 min; índice de tolerância à mistura (ITM) de 8,00 UF. Conforme a IN nº 38 (BRASIL, 2010), a estabilidade de FT mostrou-se entre 11,59 e 14,41 min, condizente com a classe de trigo melhorador, confirmando por W (290) próximo de 300 e absorção adequada, considerada farinha forte.

A FT apresentou tenacidade (P) de 149 mm, mostrando correlação positiva com sua capacidade de absorção de água. A extensibilidade (L) da FT foi 46. Alto L implica em maior volume do pão e baixo rendimento da farinha (MÓDENES; SILVA; TROGUEIROS, 2009).

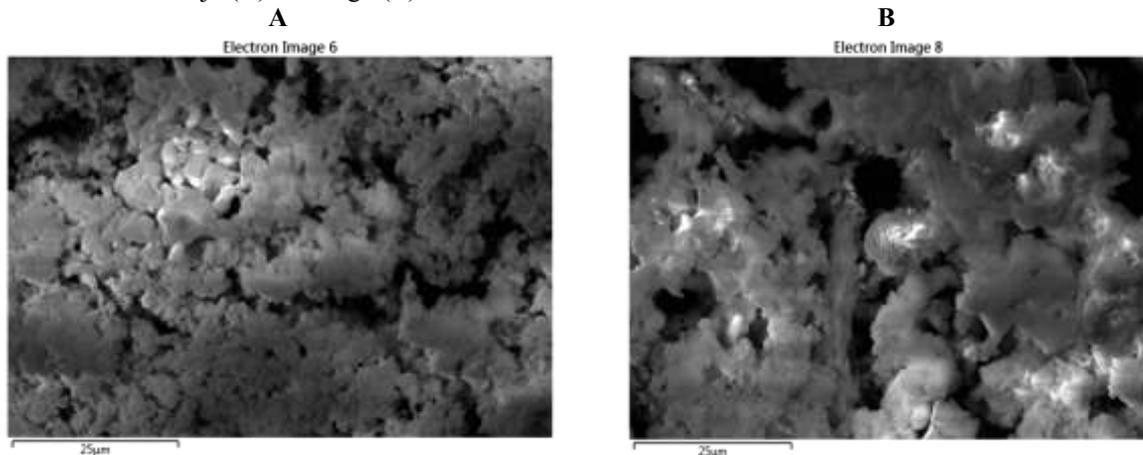
A FT apresentou (P/L) de 3,24, considerado alto segundo Módenes, Silva e Trogueiros (2009), que indicou para a fabricação de pães um P/L entre 0,50 e 1,20, e para massas alimentícias secas, farinha tenaz (P/L > 1,21). No entanto, em se tratando de farinha de trigo misturada, com FACC, que não possui proteínas com propriedades de formar massas elásticas, é um ótimo resultado.

O índice de intumescimento (G) foi 15,1, relacionando-se ao volume do pão e à extensibilidade das massas. O índice de elasticidade (IE) de 61,3% está de acordo com Kitissou (1995), quanto mais próximo de 100% for o índice de elasticidade (Ie), maior será a resistência elástica, e entre 50-55% são ideais para panificação industrial.

4.3.7 Microscopia eletrônica de varredura – MEV (farinhas)

As imagens microscópicas eletrônicas das farinhas de amêndoas de castanhas de caju e de trigo estão apresentadas na figura 4.

Figura 4 – Micrografias em microscopia eletrônica de varredura (MEV) 25 μ m, das farinhas de amêndoas de castanhas de caju (A) e de trigo (B)



Fonte: dados da pesquisa.

As análises morfológicas mostram, na estrutura granular, formas de padrão semelhante à estrutura das matrizes globulares de proteínas e de amidos. A imagem microscópica da FACC (figura 4A), apresentou estrutura mais uniforme que FT, provavelmente devido ao seu maior teor de proteínas (estruturas menores) e lipídios e menor de amido, gerando maior agregação. Santos (2012) observou em microfotografia de matriz de castanha do Brasil, aspecto esponjoso da superfície esférica ou oval com estruturas irregulares e formas indefinidas, com cavidades e lacunas estruturais de tamanhos variados.

Na microfotografia da FT há majoritariamente grânulos maiores, de amido, ligados aos de proteínas (Figura 4B). Na FACC (A) mais homogênea, observa-se predominantemente, estruturas proteicas. Nossos resultados são similares aos encontrados por Vieira *et al.* (2010).

4.3.8 Espectroscopia de energia dispersiva – EDS (farinhas)

O escaneamento por espectroscopia de energia dispersiva, identificou elementos químicos que estão presentes nas farinhas de amêndoas de castanhas de caju e de trigo, estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Análise de minerais por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) das farinhas

Minerais	FT %	FACC %
Potássio (K)	70,9 ^a + 2,30	9,9 ^b + 0,00
Cálcio (Ca)	10,6 ^a + 0,10	35,5 ^b + 0,10
Magnésio (Mg)	8,5 ^a + 0,00	16,2 ^b + 0,10
Sódio (Na)	3,0 ^a + 0,00	26,9 ^b + 0,10
Flúor (F)	2,9 ^a + 0,00	3,5 ^a + 0,10
Zinco (Zn)	0,8 ^a + 0,10	1,5 ^b + 0,10
Selênio (Se)	0,8 ^a + 0,10	1,2 ^b + 0,10
Ferro (Fe)	0,7 ^a + 0,10	2,2 ^b + 0,10
Alumínio (Al)	0,6 ^a + 0,10	0,8 ^a + 0,00
Cloro (Cl)	0,5 ^a + 0,10	1,2 ^b + 0,00
Cobre (Cu)	0,2 ^a + 0,10	0,2 ^a + 0,10
Arsênio (As)	0,5 ^a + 0,10	0,8 ^a + 0,10
Cromo (Cr)	0,1 ^a + 0,00	0,1 ^a + 0,00
Níquel (Ni)	-	0,1 + 0,00

Fonte: dados da pesquisa.

Os percentuais são referentes à área escaneada de resíduos de análise de cinzas.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Na área escaneada da farinha de amêndoas de castanhas de caju, foram identificados treze elementos químicos minerais destacando-se o cálcio, sódio, magnésio, flúor, ferro, zinco, selênio e cloro. Segundo a Tabela brasileira de composição de alimentos (UNICAMP, 2011), amêndoas de castanhas de caju torradas possuem os minerais cálcio, magnésio, manganês, fósforo, ferro e potássio na sua composição.

Com relação ao EDS, na farinha de trigo destacaram-se o potássio, cálcio, magnésio, sódio e o flúor. Por diferentes técnicas de análises de elementos minerais, González (2002) analisou farinha de trigo e relatou que além dos minerais encontrados no presente estudo, destacaram-se também silício e outros elementos.

Araújo (2007) ressaltou a presença de zinco, enquanto Ertl e Goessler (2018), encontraram 27 elementos, inclusive os destacados no presente estudo, em farinhas de trigo austríacas. Vale ressaltar que a composição em minerais pode variar em função do solo onde os vegetais foram cultivados.

4.3.9 Avaliação das propriedades tecnológicas dos pães

4.3.9.1 Absorção de água das massas e volumes específicos dos pães

Os percentuais de absorção de água das massas durante o preparo dos pães e os seus volumes específicos estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9 – Absorção de água das massas dos pães e seus volumes específicos

Amostras	Absorção de água (%)	Volume específico (cm ³ .g ⁻¹)
F01: 0%FAAC 100%FT	56 ^a ± 0,00	2,11 ^a ± 0,03
F02: 20%FAAC 80%FT	50 ^b ± 0,00	2,04 ^d ± 0,02
F03: 30%FAAC 70%FT	45 ^c ± 0,00	2,05 ^d ± 0,02
F04: 40%FAAC 60%FT	40 ^d ± 0,00	1,88 ^b ± 0,02
F05: 50%FAAC 50%FT	35 ^e ± 0,00	1,66 ^e ± 0,03
F06: 60%FAAC 40%FT	30 ^f ± 0,00	1,33 ^c ± 0,02
F07: 70%FAAC 30%FT	25 ^g ± 0,00	1,19 ^f ± 0,01

Fonte: dados da pesquisa.

FAAC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Os percentuais de absorção de água satisfatórios para cada formulação diferiram significativamente ($p < 0,05$). El-Dash (1978) e Gutkoski, Antunes e Roman (1999) reportaram valores entre 53% e 57% em relação ao peso da farinha em formulações de pães de forma.

Para Gutkoski, Antunes e Roman (2002) e Módenes, Silva e Trogueiros (2009), a força de uma farinha é designada pela maior ou menor capacidade de resistir ao tratamento mecânico, durante o amassamento. Estando também associada à maior ou menor capacidade de absorção dessa água pelas proteínas formadoras de glúten, combinadas às suas capacidades de retenção do gás carbônico, resultando em um pão de bom volume, textura interna sedosa e de granulometria adequada.

Em geral, as fibras tendem a absorver mais água, no entanto, associadas ao alto teor lipídico da FACC e conseqüentemente das formulações, as absorções de água ficaram limitadas por excesso de lubrificação das massas (40%, 50%, 60% e 70% FACC).

Os volumes específicos dos pães de todas as formulações foram inferiores ao da formulação padrão ($2,11 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$), no entanto os pães das formulações com vinte e trinta por cento de FACC foram aceitáveis, considerando-se a incorporação dessa farinha que aumentou os teores de lipídios e fibras (cisalham a rede de glúten) e a menor quantidade de proteínas formadoras de glúten, os pães ainda mantiveram bons volumes.

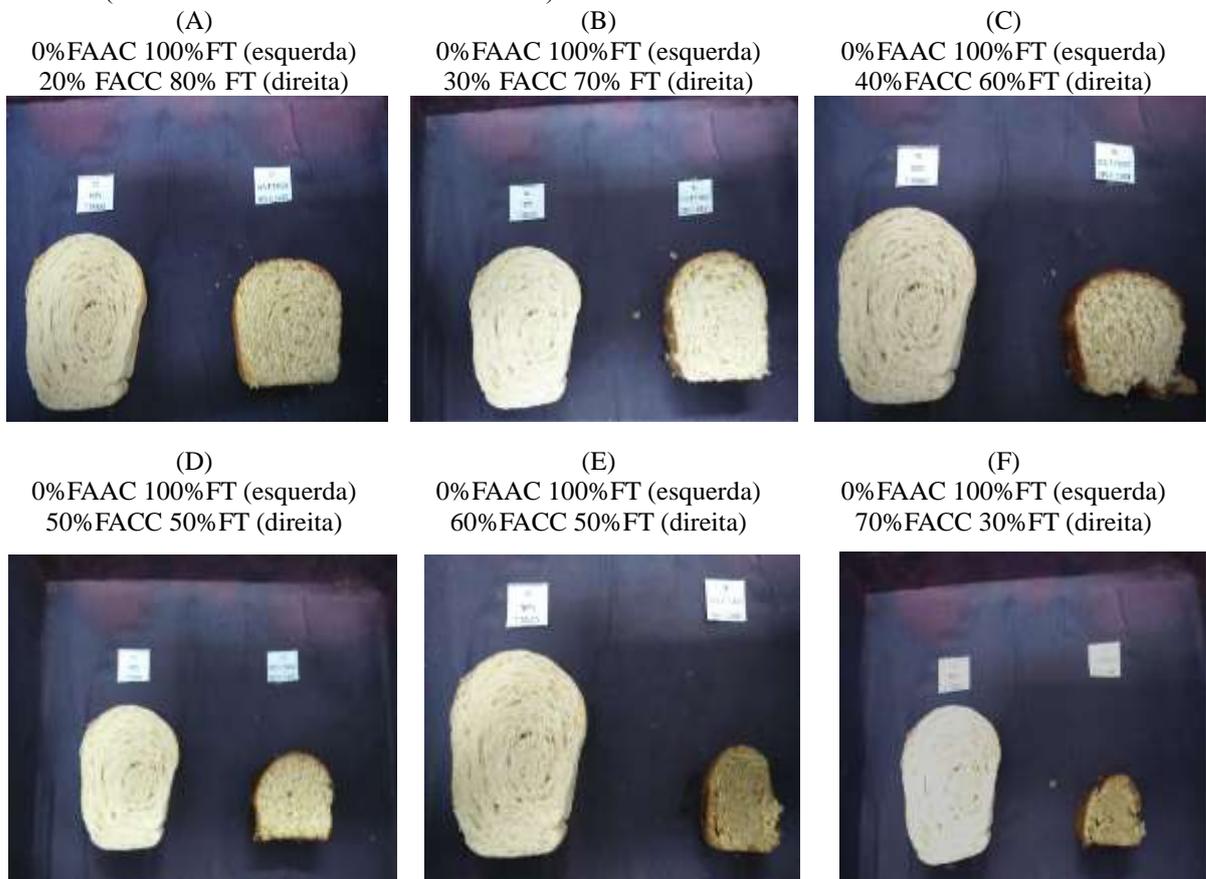
4.3.9.2 Aroma e sabor

Os pães adicionados de FACC ficaram bem aromatizados com a composição dessas farinhas, provavelmente por apresentarem maiores teores de lipídios solubilizando-os bem nas temperaturas de cocção ($180 \text{ }^\circ\text{C}$) e permanecendo após o resfriamento. O sabor apresentou leve residual das amêndoas de castanhas de caju.

4.3.9.3 Aparência

Os pães foram avaliados visualmente e as fotos estão dispostas no quadro 2.

Quadro 2 – Fotos comparativas das fatias de partes centrais dos pães de farinhas, de trigo e de misturas de farinhas (usando melhorador de farinha comercial)



Fonte: fotos da pesquisa.

Os pães que apresentaram melhores cores, volumes, formatos, estruturas e alveolagens dos miolos, em comparação aos pães da formulação padrão (100% FT) foram os das formulações com 20% (foto A) e 30% de FACC (foto B).

À medida que o percentual de FACC aumentou, os pães apresentaram menores volumes, no entanto não apresentaram relaxamento lateral e excesso de fermentação (alveolagem do miolo excessivamente aberta) na estrutura e formato dos pães conforme pode ser visualizado nas fotos do quadro 3. Essas performances podem estar relacionadas ao excesso de lipídios (massas mais pesadas) e fibras, e não à deficiência na qualidade proteica.

A aparência dos pães, contendo farinha de amêndoas de castanhas de caju, sugere a possibilidade de ajustes na aditivação. No entanto, como foi utilizado melhorador de farinha comercial, com formulação fixa, não são possíveis ajustes individuais quanto às proteínas, fibras e lipídios das massas, enriquecidas com esses constituintes nos mixes das farinhas (FT e FACC).

Barbosa, Brondani e Farias (2013) avaliaram a aparência de pães de forma com adição de 50% de farinha de castanha de caju e verificaram que os pães apresentaram estruturas dos miolos mais compactas e escuras, e volumes menores, em relação aos pães brancos.

As crostas dos pães com FACC escureceram mais rápido, no forno, em relação aos pães da formulação padrão, provavelmente, devido à maior oleosidade apresentada e percebida no tato durante o preparo das massas. Os miolos também ficaram mais escuros, em função da cor da farinha de amêndoas de castanha de caju e da menor expansão do volume.

Em geral substituições de farinhas de trigo, por outros tipos, requerem ajustes finos em suas características tecnológicas. No presente estudo foi usado melhorador de farinha que geralmente é produzido e padronizado baseado numa média das características de FTs do mercado. Os percentuais de FACC utilizados, produziram especificidades nas massas as quais os aditivos contidos no melhorador não conseguiram ajustar a contento.

4.3.9.4 Textura instrumental das fatias dos miolos dos pães

Os resultados da análise de textura instrumental das fatias dos pães de forma estão apresentados na tabela 10.

Tabela 10 – Textura instrumental dos miolos dos pães

Formulações	Dureza	Elasticidade	Mastigabilidade
F01: 0%FAAC 00%FT	1171,40 ^{cde} ± 70,23	0,83 ^a ± 3,63	377,89 ^a ± 26,20
F02: 20%FAAC 80%FT	1037,74 ^{cde} ± 120,32	0,89 ^a ± 0,05	485,63 ^a ± 59,55
F03: 30%FAAC 70%FT	1239,38 ^{de} ± 217,82	0,81 ^a ± 0,08	416,98 ^a ± 160,13
F04: 40%FAAC 60%FT	1166,14 ^{cde} ± 205,04	0,84 ^a ± 0,02	454,54 ^a ± 105,42
F05: 50%FAAC 50%FT	1409,62 ^{bde} ± 161,87	0,86 ^a ± 0,04	474,05 ^a ± 105,70
F06: 60%FAAC 40%FT	2168,84 ^a ± 249,31	0,76 ^a ± 0,08	531,42 ^a ± 110,78
F07*: 70%FAAC 30%FT	710,44 ^c ± 94,09	0,95 ^a ± 0,08	406,22 ^a ± 77,60

Fonte: dados da pesquisa.

FAAC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

(*) pão se esfarelou durante a análise/obtenção de apenas 1 medição;

Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

A dureza dos miolos dos pães não apresentou um comportamento definido de aumento ou redução, uma vez que não houve diferença significativa até o percentual de 50% de FAAC. Na medição da textura do miolo dos pães da formulação com 70% de FAAC houve rompimento imediato ao ser tocado pelo probe, pois estava muito fibroso. A formulação com 60% de FAAC 40% de FT diferiu significativamente de todas as outras formulações quanto à maior dureza, provavelmente, por conter mais fibras em relação às outras, prejudicando a rede de glúten. Para Paz, Marques e Schumann (2015) descontinuando a rede de glúten, os pães ficam menos aerados e mais firmes.

Nas medições da elasticidade e mastigabilidade, não houve diferenças significativas entre as formulações analisadas. A textura do pão depende da sua formulação, qualidade e quantidade da farinha, gorduras, emulsificantes, açúcares, enzimas e melhoradores, da umidade da massa e sua conservação. Os benefícios pelo aumento no teor de fibras podem compensar a diminuição da qualidade (SANTOS *et al.*, 2018).

4.4 Conclusões

Os mixes das farinhas, de amêndoas de castanhas de caju e de trigo apresentaram padrão microbiológico satisfatório. A adição de maiores teores da farinha de amêndoa favoreceu os valores nutricionais dos mixes quanto aos teores de fibras, proteínas, lipídios insaturados.

As substituições da farinha de trigo por farinha de amêndoas de castanhas de caju não interferiram nos parâmetros de textura, e destacaram-se os percentuais de 20% e 30% com os melhores volumes específicos, dos pães avaliados.

A farinha produzida de bandas e pedaços de amêndoas de castanhas apresenta grande potencial tecnológico como ingrediente inovador na substituição de óleos e gorduras tradicionalmente utilizadas em preparações industriais e caseiras e do ponto de vista nutricional favorecendo a saudabilidade de produtos de panificação.

Referências

AACC. **Method 02-02A**. Saint Paul: AACC, 1995. v. 1. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Method 38-12.02**. 8. ed. Saint Paul: AACC, 2000c. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Method 54-21.02**. 11. ed. Saint Paul: AACC, 2011. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Method 54-30.02**. 11. ed. Saint Paul: AACC, 1999a. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Method 56-81.03**. 11. ed. Saint Paul: AACC, 1999b. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Method 74-09**. 11. ed. Saint Paul: AACC, 2000d. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Método 10-11**. Saint Paul: AACC, 2000a. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Método 14-22**. Saint Paul: AACC, 2000b. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AKINHANMI, T. F.; ATASIE, V. N.; AKINTOKUN, P. O. Chemical composition and physicochemical properties of cashew nut (*Anacardium occidentale*) oil and cashew nut shell liquid. **J. Agric. Food Environ. Sci.**, Amsterdam, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2008. ISSN 1934-7235.

AMORIM, M.; PEREIRA, J. O.; SILVA, L. B.; ORMENESE, R. C. S. C.; PACHECO, M. T. B.; PINTADO, M. Use of whey peptide fraction in coated cashew nut as functional ingredient and salt replacer. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 92, p. 204-421, jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.075>.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico: sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2001. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b. Acesso em: 20 jan. 2018.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Brasília, DF: ANVISA, 2005. Disponível em: <https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjI%20wMw%2C%2C>. Acesso em: 7 dez. 2019.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Regulamento técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Brasília, DF: ANVISA, 2003. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0360_23_12_2003.html. Acesso em: 7 dez. 2019.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Regulamento Técnico Mercosul sobre informação nutricional: declarações de propriedades nutricionais. Brasília, DF: ANVISA, 2012. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0054_12_11_2012.html. Acesso em: 12 dez. 2017.

AOAC. **Crude fiber analysis in feeds by filter bag technique**: method nº 991.43. Gaithersburg: AOAC, 2010. Disponível em: https://agronomy.ifas.ufl.edu/pdfs/crudefiber120606_2000.pdf. Acesso em: 10 dez. 2017

AOAC. **Official methods of analysis**: method nº 923.03. 20. ed. Gaithersburg: AOAC, 2016a.

AOAC. **Official methods of analysis**: method nº 934.06. 20. ed. Gaithersburg: AOAC, 2016b.

AOAC. **Official methods of analysis**: method nº 960.552. 20. ed. Gaithersburg: AOAC, 2016c.

AOAC. **Official methods of analysis**: method nº 965.22: granulometry. 20. ed. Gaithersburg: AOAC, 1997a.

AOAC. **Official methods of analysis**: method nº 981.12. 16th ed. Gaithersburg: AOAC, 1997b.

AOCS. **Method 5-04 lipids analysis in feeds**. Aberdeen: AOCS, 2005.

APLEVIC, K. S.; SOUZA, S.; NALEVAIKO, F. S. Avaliação de amostras de farinha de trigo para uso na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 263-270, 2015.

ARAÚJO, N.; BARBOSA, R.; PIRES, V.; RAMOS, M. Elaboração de pães enriquecidos com farinha da amêndoa de castanha de caju (*anacardium occidentale* L.). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 52., 2012, Recife. **Anais eletrônicos** [...]. Rio de Janeiro: ABQ, 2012. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2012/trabalhos/10/112-13371.html>. Acesso em: 20 jan. 2016.

ARAÚJO, R. G. O. **Otimização de métodos analíticos e caracterização da farinha de trigo refinada**: uma contribuição à Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Orientador: Sérgio Luís Costa Ferreira. 2007. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007. Disponível em:

file:///C:/Users/User/Desktop/Dt/analises%20de%20farinha%20doutorado/Tese_de_Doutorado_Rennan_G_O_Araujo.pdf. Acesso em: 20 ago. 2019.

BARBOSA, B. E. M.; BRONDANI, F. M. M.; FARIAS, G. J. Caracterização físico-química do pão de forma enriquecido com farinha de castanha de caju (*anacardium occidentale l.*) physico-chemical characterization of bread enriched with cashew nut (*anacardium occidentale l.*) flour. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, ano 4, v. 2, p. 49-64, jul./dez. 2013. Disponível em: <http://www.faema.edu.br/revistas/index.php/Revista-FAEMA/article/view/191>. Acesso em: 24 jan. 2018.

BERTOLINO, M. T.; BRAGA, A. **Ciência e tecnologia para a fabricação de biscoitos**: handbook do biscoiteiro. São Paulo: Livraria Varela, 2017.

BOITA, E. R. de F. **Propriedades da matéria prima e da massa de farinha de trigo elaborada pela incorporação de farelo de granulometria fina**. 2015. Dissertação (Mestrado em Bioexperimentação) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/46/1/2015ElisReginaBoita.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005**. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Brasília, DF: MAPA, 2005a. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-8-2005_75598.html. Acesso em: 2 maio 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 31, de 18 de outubro de 2005**. Define a referência para métodos analíticos que passam a constituir padrões oficiais para análises físico-químicas de conformidade da Farinha de Trigo ao Padrão de Identidade e Qualidade do MAPA. Brasília, DF: MAPA, 2005b. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=379797359>. Acesso em: 12 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 2, de 6 de fevereiro de 2017**. Aprova o Regulamento Técnico da amêndoa da castanha de caju. Brasília, DF: MAPA, 2017. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/in_2_acc-2017%20(2).pdf. Acesso em: 14 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 38, de 01 dez 2010**. Aprova o Regulamento Técnico do Trigo, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem, nos aspectos referentes à classificação do produto. Brasília, DF: MAPA, 2010. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=358389789>. Acesso em: 14 abr. 2020.

CARVALHO, J. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; LUNA, F. M. T.; MAIA, G. A. Cashew nut oil: effect of kernel grade and a microwave preheating extraction step on chemical composition, oxidative stability and bioactivity. **International Journal of Food Science & Technology**, Medford, v. 53, p. 1-8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13665>.

COELHO, M. S. **Pão enriquecido com chia (*Salvia hispanica L.*)**: desenvolvimento de um produto funcional. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande, Porto Alegre, 2014.

DENDY, D. A, V.; DOBRASZCZYK, B. J. **Cereales y productos derivados**: química y tecnología. Zaragoza: Editorial Acribia, 2001. 537 p.

DIAS, A. R. G.; COLUSSI, R.; ZAVAREZE, E. da R.; EL HALAL, S. L. M. (org.). **Ciência e tecnologia de panificação**. Pelotas: Cópia Santa Cruz, 2019. 324 p. ISBN 978-85-479-0093-9.

DOWNES, F. P.; ITO, K. (ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th ed. Washington: APHA, 2001. 676p.

EL-DASH, A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000087&pid=S0103-8478200200050002100006&lng=pt. Acesso em: 30 dez. 2017.

ERTL, K.; GOESSLER, W. Grains, whole flour, white flour, and some final goods: an elemental comparison. **Eur. Food Res. Technol.**, Berlin, v. 244, issue 11, p. 2065-2075, nov. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3117-1>. Acesso em: 10 dez. 2019.

FAGUNDES, M. H. **Análise mensal**: castanha de caju. Brasília, DF: CONAB, 2020. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/CastanhaZdeZCajuZZ-ZAnaliseZMensalZ-ZFevereiroZ2020%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/CastanhaZdeZCajuZZ-ZAnaliseZMensalZ-ZFevereiroZ2020%20(1).pdf). Acesso em: 20 out. 2020.

FAO; OPAS. **2017 2016 América Latina e o Caribe**: panorama da segurança alimentar e nutricional: sistemas alimentares sustentáveis para acabar com a fome e a má nutrição: sumário executivo. Santiago: FAO: OPAS, 2017.

FARONI, L. R. D. *et al.* Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2007. Disponível em: <http://www.sidalc.net/cgi-in/wxis.exe/?IsisScript=SCBR.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=0> 19984. Acesso em: 10 jan. 2017.

FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde1 Chemical composition of nuts and edible seeds and their relation to nutrition and health. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 269-279, mar./abr. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rn/v23n2/v23n2a10.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2018.

GONZÁLEZ, M. J. C. **Industries de cereales y derivados**. Madrid: Ediciones Mundi-prensa, 2002. (Colección Tecnología de alimentos).

GUTKOSKI, L. C.; ANTUNES, E.; ROMAN, I. T. Avaliação do grau de extração de farinhas de trigo e de milho em moinho tipo colonial. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 153-166, 1999.

GUTKOSKI, L. C.; JACOBSEN NETO, R. Procedimento para teste laboratorial de panificação: pão tipo forma. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 873-879, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782002000500021. Acesso em: 16 dez. 2017.

HERBÁRIO PRISCO BEZERRA. **Registro de catalogação: *plantaie anarcardiaceae, Anacardium occidentale L.*** Detentora: M. M. L. Medeiros. 29/09/2018, EAC 61762. Tipo de registro: Preserved Specimen. Fortaleza: Herbário Prisco Bezerra, 2018.

ICC. **ICC Standard No 155**: determination of wet gluten quantity and quality (gluten index ac. to perten) of whole wheat meal and wheat flour (triticum aestivum): standard methods of the international association for cereal chemistry (icc). Detmold: Verlag Moritz Schafer, 1994.

INMETRO. **Relatório sobre análise de teor de gordura e fitosteróis em nuts**: amêndoa, Amendoim, avelã, castanha, do Pará, macadâmia e nozes. Brasília, DF: INMETRO, 2012. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/p_rodutos/nuts.pdf. Acesso em: 10 jan. 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos físicos e químicos para análises de alimentos. 3. ed. São Paulo: IAL, 1985. v. 1.

JESUS JÚNIOR, I. R. de; ROCHA, A. B.; FREIRE, F. da P.; MACEDO, J. M.; REIS, M. de L. A. dos; MORAES, T. S.; SOUSA, M. S. C.; MIRANDA, J. A. de; OLIVEIRA, I. B.; CALAZANS, C. L.; SILVA, A. M. T. A.; SILVA, A. R. da; ALENCAR FILHO, J. M. T. de. Análise da composição centesimal da amêndoa do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) crua e torrada como matéria-prima para a produção da farinha da castanha de caju. *In*: SILVA, Flávio Ferreira (org.). **Prática e pesquisa em ciência e tecnologia de alimentos**. Ponta Grossa: Atena, 2020. cap. 1, p. 1-13.

KITISSOU, P. Un nouveau paramètre alvéographique: l'indice d'élasticité (Ie). **Industries des Céréales**, Paris, p. 9-14, avr./juin 1995.

KLUCZKOVSKI, A. M.; MARTINS, M. **Cashew nuts**. Manaus: Elsevier, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00123-9>.

MENDES, M. K. de A. **Estudo da solubilidade de proteínas e avaliação dos compostos fenólicos em castanhas in natura, processadas e ultraprocessadas**. Orientador: Edivan Carvalho Vieira. 2018. Tese (Doutorado em Química) – Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018. Disponível em: https://sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/defesas.jsf?lc=lc=en_US&id=146. Acesso em: 2 fev. 2020.

MÓDENES, A. N.; SILVA, A. M. da; TRIGUEROS, D. E. G. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 508-512, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000300008>.

MOURA, A. C. de; TASCA, A. C.; PINTO, F. G. da S.; SOARES, I. A.; ASSUMPÇÃO, R. B. Qualidade microbiológica de farinhas de trigo (*Triticum aestivum*) comercializadas na cidade de Cascavel (Paraná). **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 499-504, 2014.

PACIULLI, M.; RINALDI, M.; CAVAZZA, A.; GANINO, T.; RODOLF, M.; CHIANCONE, B.; CHIAVARO, E. Effect of chesnut flour supplementation on physico-chemical properties and oxidative stability of gluten-free biscuits during storage. **LWT – Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 98, p. 451-457, 2018.

PAZ, M. F. da; MARQUES, R. V.; SCHUMANN, C. Características tecnológicas de pães elaborados com farelo de arroz desengordurado Technological characteristics of bread prepared with defatted rice bran. **Brasil Journal of food Technology**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 128-136, abr./jun. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bjft/v18n2/1981-6723-bjft-18-2-128.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2018.

PIZINNATTO, A. **Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação e controle**. Campinas: ITAL, 1999.

REGO, R. A.; BUCIONE, A. O setor de ingredientes. In: VIALTA, A.; REGO, R. A. (ed.). **Brasil ingredients trends 2020**. 1. ed. Campinas: ITAL, 2016. cap. 1. Disponível em: <https://alimentacaoemfoco.org.br/wp-content/uploads/2016/11/Brasil-Ingredientes-Trends-2020.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2017.

RIBEIRO, M. N. **Influência do tempo de condicionamento do trigo na qualidade tecnológica da farinha**. 2009. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

SANTOS, C. M. dos; ROCHA, D. A.; MADEIRA, R. A.V.; QUEIROZ, E. de R.; MENDONÇA, M. M.; PEREIRA, J.; ABREU, C. M. P. de. Preparation, characterization and sensory analysis of whole bread enriched with papaya byproducts flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, e2017120, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.12017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/bjft/v21/1981-6723-bjft-21-e2017120.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2019

SANTOS, O. V. dos. **Estudo das potencialidades da castanha-do-Brasil: produtos e subprodutos**. Orientadora: Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes. 2012. Tese (Doutorado em em Tecnologia Bioquímica-Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímica-Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-10092012-110036/publico/Tese_Orquidea_Vasconcelos_dos_Santos.pdf. Acesso: 17 abr. 2020.

SILVA, C. M. S. DA; MARTINS, G. A. de S.; ALVES, D. G.; CONTE, C. G.; ADORNO, W. T.; SOUSA, J. P. Otimização do processamento da amêndoa da castanha de caju torrada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 65-74,

2015. ISSN 1517-8595. Disponível em:

<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev171/Art1717.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2017.

SOARES, D. J.; SABINO, L. B. de; SOUSA, M. S. M. L. de; MAGALHÃES, C. E. C.; ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W. de. Teor de minerais, baseado na Ingestão Diária Recomendada, em castanhas de caju obtidas dos cultivos convencional e orgânico em diferentes etapas de processamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1869-1876, set./out. 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33n5p1869. Disponível em:

<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/11517/11566>. Acesso em: 2 dez. 2017

TUKEY, J. W. Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. **Biometrics**, Medford, v. 5, n. 2, p. 99-114, June 1949. Disponível em:

<http://webspaceship.edu/pgmarr/Geo441/Readings/Tukey%201949%20-%20Comparing%20Individual%20Means%20in%20the%20Analysis%20of%20Variance.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2017.

UNICAMP. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela brasileira de composição de alimentos TACO**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA, 2011. Disponível em:

http://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 12 dez. 2017.

VIEIRA, J. C.; MONTENEGRO, F. M.; LOPES, A. S.; PENA, R. DA S. Influência da adição de fécula de mandioca nas características do pão tipo chá. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 37-48, jan./jun. 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/17895-63935-1-PB.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2017.

VIEIRA, L. P.; ÁVILA, A. L. E. Doenças cardiovasculares. *In*: TADDEI, J. A. de A. C. *et al.* **Nutrição em saúde pública**. Rio de Janeiro: Rubio, 2011. cap. 21, p. 326-336. Disponível em: https://social.stoa.usp.br/articles/0028/5686/Westphal_MF_et_al_2011.pdf. Acesso em: 25 jun. 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/17895-63935-1-PB.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2017.

WIESIR, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiol.**, Illinois, v. 24, n. 2, p. 115-119, 2007.

ZAVAREZE, E. da R.; BIDUSKI, B.; DIAS, A. R. G. Principais ingredientes na panificação. *In*: DIAS, A. R. G.; COLUSSI, R.; ZAVAREZE, E. da R.; EL HALAL, S. L. M. **Ciência e tecnologia de panificação**. Pelotas: Cópia Santa Cruz. 2019. cap. 3, p. 85-114.

5 PRÉ-MISTURA PARA PÃES DE CURTA FERMENTAÇÃO: FARINHA DE AMÊNDOAS DE CASTANHA DE CAJU (*ANACARDIUM OCCIDENTALE* L.) COMO SUBSTITUTA TOTAL DE GORDURAS E PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO

Pré-misturas para pães são práticas e possibilitam ajustes finos nas características das farinhas com o uso de oxidantes e enzimas. Farinhas de amêndoas de castanhas de caju (FACC) possuem alto teor de lipídios insaturados. O objetivo desse trabalho foi desenvolver pré-misturas (PMs) para pães de fermentação curta, com a FACC substituindo totalmente gorduras comerciais e parcialmente a farinha de trigo (FT). Foram preparadas PMs, e pães destas com 0%, 20%, 30%, 40% e 50% de FACC complementadas com FT seguindo delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os pães foram avaliados quanto à aparência e volume específico (VE), e selecionadas as duas melhores PMs, avaliadas quanto à atividade de água (Aw), Coliformes a 45 °C, *Salmonella sp.* e Bolores e leveduras, cor, glúten, falling number (FN), farinografia, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS). As análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Todas as amostras diferiram ($p < 0,05$) quanto às absorções de água das massas, e os volumes específicos dos pães diferiram entre si e das formulações de 20% e 30% que não diferiram entre si ($p > 0,05$). Essas PMs estavam microbiologicamente conformes à legislação brasileira, e diferiram significativamente ($p < 0,05$) quanto aos teores de carboidratos, fibras (totais, e solúveis), lipídios, proteínas, umidades, valor energético e acidez (mg KOH/100g), glúten (úmidos e index) e na farinografia (absorção de água, estabilidade, tempo de desenvolvimento e ITM), não diferindo ($p > 0,05$) nas cinzas, pH, cor e FN. Na MEV os mixes de farinhas com 20% e 30% de FACC apresentaram-se estruturalmente diferentes e no EDS o mix com 30% de FACC, apresentou maiores teores dos minerais K, F, P, e Mg do que no mix com 20% de FACC, que apresentou maiores percentuais de Cl, S, Cu, Ca e Fe. Concluiu-se que as pré-misturas com 20% e 30% de FACC substituindo totalmente gorduras comerciais e parcialmente a farinha de trigo, produziram pães de fermentação curta com melhores qualidades tecnológicas. Recomenda-se avaliar esses percentuais de farinhas de amêndoas de castanhas de caju em pré-misturas de fermentação longa.

Palavras-chave: Pré-mix. Mistura pronta. Aditivos. Enzimas.

5.1 Introdução

A castanha de caju (*Anacardium L.*) é uma amêndoa nativa do Brasil, reconhecida por altos teores de lipídios e proteínas, servindo ainda como fonte dietética de compostos fenólicos, minerais, ácidos graxos e aminoácidos essenciais. A farinha de trigo (FT) refinada, apresenta elevados teores de carboidratos e glúten, sendo consumida mundialmente.

Um dos desafios da indústria de panificação é se adequar continuamente às exigências do mercado usando inovações, renovações, melhoria da qualidade, criatividade, marketing e cada vez mais conceitos de saudabilidade, tornando seus produtos indispensáveis no dia a dia. Esse mercado requer produtos diferenciados e de maior valor agregado, que apresentem em sua composição compostos importantes para a nutrição humana, como vitaminas, fibras, minerais e grãos integrais (ABIMAPI, 2017; ABIP, 2019).

Os pães são alimentos universais, bem aceitos e de baixo custo. Os tipos industrializados são de consumo prático e possuem vida útil mais longa. Em 2018 no Brasil, foram comercializadas, 458 mil toneladas desses pães (ABIMAPI, 2019), sendo o pão de forma um dos mais consumidos (ABIP, 2018). São obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (ANVISA, 2005) podendo ser adicionado ainda de sementes, castanhas, frutas secas, entre outros complementos (LOALDI, 2013).

Em todo o Brasil, os processos de panificação variam consideravelmente conforme a cultura local, infra-estrutura e existência ou não do turno da noite nas padarias, além de variações nas temperaturas ambiente. Segundo Zavareze, Biduski e Dias (2019), os aditivos são utilizados para compensar as variações nas características das farinhas provenientes de diferentes tipos de trigos, com o intuito de se obter um produto de melhor qualidade. A produção de pães usando mecanização em larga escala, e as exigências dos consumidores por alta qualidade, conveniência e maior vida útil dos produtos, demandam o uso de aditivos alimentares.

Exemplos de aditivos são os emulsificantes, que apresentam propriedades lipofílicas e hidrofílicas, capazes de formar emulsão entre dois líquidos imiscíveis (água / óleo ou gordura), que naturalmente não se misturam (DIAS *et al.*, 2019). Esses tipos de aditivos geralmente melhoram: as propriedades de manipulação, taxa de hidratação e absorção de água, tolerância na fermentação aumentando a retenção de gás e o desempenho da massa no assamento, o que eleva o volume e melhora a textura do miolo e a conservação dos pães.

O ácido ascórbico é um coadjuvante de tecnologia – quimicamente é um agente redutor mas no processo de mistura de massas panificáveis, o oxigênio atmosférico o converte em ácido deidroascórbico, que é um agente oxidante. Seu efeito sobre o glúten é reduzir a extensibilidade e aumentar a elasticidade, proporcionando melhor volume, formato e textura mais fina aos pães (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

Nas últimas décadas, outros coadjuvantes de tecnologia, vêm sendo utilizados. As enzimas oxiredutases relacionadas às reações de oxirredução e transferências de elétrons, ou seja, com processos de respiração e fermentação. Na panificação, é fundamental uma rede de glúten tenaz, obtida através da oxidação dos grupos sulfídricos promovendo a formação de ligações dissulfeto e unindo as cadeias de proteínas formando, assim, uma rede tridimensional.

A glicose oxidase é uma enzima que atua sobre a β -D-glicose, na presença de oxigênio, formando glucona- γ -lactona, sendo esta convertida em ácido glucônico e peróxido de hidrogênio na presença de água. Assim, o peróxido de hidrogênio formado pode reagir e oxidar indiretamente com os grupos sulfidrílicos do glúten adjacentes para as ligações dissulfeto. Essa enzima é também vista como melhoradora de massa em decorrência da fortificação da rede de glúten (DIAS *et al.*, 2019).

As enzimas hemicelulases decompõem, de maneira controlada, o componente de pentosana da hemicelulose. Essa ação perdura durante o processo de mistura, na fermentação e nos primeiros estágios de assamento, gerando uma massa macia, mas não pegajosa, e que produz pão com volume e textura melhores. São úteis em todas as farinhas, mas de benefício específico nas que contêm altas porcentagens de hemicelulose (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

Uma das principais hemicelulases utilizadas em panificação são as xilanases que possuem endo-atividade cuja principal função é catalisar a clivagem da hemicelulose na farinha de trigo, possibilitando uma melhor qualidade do pão no que diz respeito à maquinabilidade da massa (DIAS *et al.*, 2019).

A produção de pré-misturas para pães permite os ajustes necessários às formulações baseados nas características das farinhas utilizadas, das funções dos aditivos e coadjuvantes de tecnologia e da aplicação desse produto no mercado. A farinha de amêndoa de castanha de caju (FACC) é rica em fibras, lipídios, proteínas e minerais, e pode substituir parcialmente a farinha de trigo (FT) e totalmente gorduras em pães. No entanto, requer ajustes que os aditivos melhoradores de farinhas unificados comerciais não são capazes de corrigir em função das especificidades que esse tipo de farinha produz na massa. Portanto, o objetivo desse trabalho foi desenvolver pré-misturas para pães de curta fermentação, com substituição parcial da

farinha de trigo e total de gorduras por farinha de farinha de castanha de caju, levando em conta a melhoria da qualidade nutricional, sem prejuízo das características tecnológicas dos produtos.

5.2 Material e métodos

Os materiais utilizados foram bandas e pedaços de amêndoas de castanhas de caju (FACC), adquiridos na ONG Associação comunitária de Cajazeira em Cascavel (CE), para a produção da farinha, no laboratório de Cereais da Universidade Federal do Ceará (secagem, trituração, tamização e envase), além de farinha de trigo tipo I, açúcar e sal refinados, fermento biológico, margarina 70% de lipídios (formulação padrão) e antimoho adquiridos no comércio de Fortaleza-CE. A FACC e os mixes de farinhas foram embalados em sachês (*Stand-up*) aluminizados e guardados em armários à temperatura ambiente, entre 28 °C e 30 °C. As amostras de aditivos e coadjuvantes de tecnologia (oxidante e enzimas) foram doadas pela empresa VITANOR.

As metodologias foram utilizadas na avaliação das propriedades tecnológicas, microbiológicas, centesimal, física e química, de microscopia e espectroscopia eletrônicas e grupo focal.

As análises foram realizadas em triplicata. Os resultados das análises, foram submetidos a processamento estatístico por análise de variância ANOVA, cálculos das médias e desvios padrões e ao Teste de Tukey (1949) com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

5.2.1 Avaliação das propriedades tecnológicas

As formulações dos mixes de farinhas foram compostas segundo delineamento inteiramente casualizado (DIC).

5.2.1.1 Preparo das pré-misturas

No preparo das pré-misturas, os micros ingredientes ácido ascórbico, enzimas glucose oxidase e xilanase foram pesadas separadamente e adicionados cada um em 10 g de farinha de trigo da própria formulação, misturados e adicionados em 100 g de farinha unificando-os. Quando do preparo das massas os 100 g de farinha contendo os aditivos foram adicionados a 900 g da farinha de trigo utilizada na formulação, acondicionadas em saco plástico, fechado e agitado vigorosamente, manualmente por 2 minutos e depois misturados em

batedeira (tipo planetária), na velocidade mais baixa, durante 4 minutos, quando então foram adicionados: o sal, o açúcar, o antimfofo e o emulsificante, e misturados por mais 4 minutos. E por último foi adicionada a farinha de amêndoas de castanhas de caju e misturados por mais 6 minutos, finalizando assim o preparo da pré-mistura. Em seguida foram pesadas e embaladas em sachês aluminizados, identificados e armazenados em geladeira até a utilização (no máximo 15 dias) nas análises da pesquisa.

5.2.1.2 Preparo dos pães

Foram testadas cinco formulações de pré-misturas de pães de forma: com 0% (formulação padrão), 20%, 30%, 40%, e 50% de FACC seguindo delineamento inteiramente casualizado (DIC), que foram analisados quanto ao aspecto visual, odor, sabor e volume, conforme apresentado na tabela 11.

Tabela 11 – Formulações das pré-misturas segundo Delineamento Inteiramente Casualizado

Ingredientes	PM 0%FAAC 100%FT(*)	PM 20%FAAC 80%FT	PM 30%FAAC 70%FT	PM 40%FAAC 60%FT	PM 50%FAAC 50%FT
Pré-mistura					
Açúcar (%)	5	5	5	5	5
Sal (%)	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Ácido ascórbico	**	**	**	**	**
Emulsificante, glucose oxidase, xilanase (%)	**	**	**	**	**
Complementos no preparo					
Água (%)	50	50	50	50	50
Margarina (%)	3	-	-	-	-
Fermento biológico seco (%)	2	2	2	2	2

Fonte: dados da pesquisa.

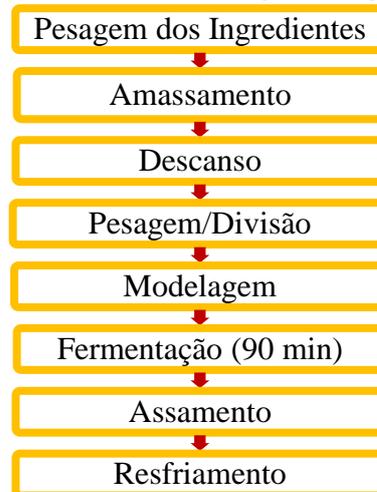
(*) Padrão: adaptada de Gutkoski e Jacobsen Neto (2002).

(**) Não informados em virtude de pedido de registro de patente.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Os pães foram produzidos no laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade de Fortaleza, segundo adaptação da formulação de Gutkoski e Jacobsen Neto (2002) tabela 11. As etapas do processo estão esquematizadas no fluxograma apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de processamento dos pães com pré-misturas de farinhas, de amêndoas de castanhas de caju e de trigo



Fonte: elaborada pela autora.

No preparo das massas, as pré-misturas, a água (gradativamente conforme a capacidade de absorção de cada massa), o fermento biológico seco e a margarina (só na formulação padrão) foram pesados e colocados na tigela da batedeira. Na formulação padrão foi acrescentada também a margarina. Após o preparo da massa foram pesadas 480 g de cada massa deixadas em “descanso” por 15 minutos, cobertas com plástico e depois divididas em 3 peças de 160 g, modeladas em formato de baguete e colocadas em formas de aço inoxidável, retangulares sem tampa com dimensões padronizadas (EL-DASH, 1978), untadas com óleo de girassol. A fermentação foi realizada em armários ($26\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$) por 90 minutos. Em seguida, as massas foram assadas a 160 °C durante 12 minutos. O tempo de resfriamento foi de quatro horas. Os pães foram embalados em filmes plásticos.

5.2.1.3 Absorção de água no preparo das massas dos pães, seus volumes específicos e aparências

No preparo das massas dos pães, a absorção de água foi analisada segundo a consistência das massas. Os pães foram pesados e os volumes determinados em triplicata. O volume foi medido usando deslocamento de miçangas de porcelana (diâmetro de 2 mm), adaptação da autora do método AACC (2000a). Os volumes específicos foram calculados dividindo-se os volumes (mL) pelos pesos (gramas) dos pães expressos em $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$. Os pães também foram avaliados quanto à aparência (formato, expansão e cores da casca e do miolo) utilizando também fotos para comparação. Esta avaliação foi realizada por dois especialistas em pães.

5.2.1.4 Seleção de formulações de pães do Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

Em função dos resultados de absorção de água nas massas, volumes e aspectos visuais dos pães obtidos no DIC, o valor médio de absorção de água selecionado entre as formulações do DIC foi o de 45% de água e os percentuais de 20% e 30% de FACC para compor as misturas de farinhas: 20%FACC/80%FT e 30%FACC/70%FT.

5.2.2 Avaliação microbiológica das pré-misturas (20% e 30% de FACC)

A pré-mistura se encaixa na categoria 10, item h, da RDC nº 12 de 2001. As pré-misturas foram submetidas às análises microbiológicas, de coliformes a 45 °C (NMP/g), Bolores e leveduras (UFC / g) e *Salmonella sp* /25g (ausência) em farinhas conforme os métodos do compêndio de métodos para análises microbiológicas de alimentos da American Public Health Association (APHA).

5.2.3 Avaliação, centesimal, física e química das pré-misturas (20% e 30% de FACC)

A atividade de água foi medida no equipamento AquaLab-4TE CX-2 a $25,5 \pm 0,60$ °C, a umidade em estufa com circulação de pelo método nº 934.06 (AOAC, 2016b) a 105 °C /8 h, cinzas conforme o método nº 923.03 (AOAC, 2016a), fibras alimentares (frações insolúveis – FDI e solúveis – SDF) pelo método nº 991.43 (AOAC, 2010), lipídios pelo método nº Am 5-04 (AOCS, 2005), usando o sistema de extração sob alta pressão e alta temperatura em equipamento XT-15 Ankom, proteínas pelo método 960.552 (AOAC, 2016c) foram determinadas, conforme a metodologia NDA 701 – VEPP, carboidratos totais foram calculados por diferença (100 - totais de umidade, proteína, lipídios e cinzas) incluindo a fração fibra alimentar (ANVISA, 2005).

Na determinação dos valores energéticos foram utilizados os coeficientes de ATWATER: 4 kcal.g⁻¹ para proteínas, 4 kcal g⁻¹ para carboidratos e 9 kcal.g⁻¹ para lipídios, de acordo com a RDC nº 360 (ANVISA, 2003), acidez graxa AACC (1995) método 02-02A e ANVISA (2005). A leitura do pH foi efetuada segundo o método nº 981.12 AOAC (1997) com potenciômetro modelo Q400 RS previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e pH 7,0.

5.2.4 Avaliação tecnológica de cor, farinografia, glúten e falling number dos mixes das pré-misturas (20% e 30% de FACC)

As cores instrumentais das pré-misturas foram medidas em colorímetro (Chroma Meter CR-410 – Konica Minolta® Sensing Inc., Osaka, Japão), padronizado com fonte de luz D65 (luz do dia incluindo a radiação UV) - sistema de cor CIELab pelo método nº 14-22, (AACC, 2000b). As propriedades farinográficas foram determinadas em farinógrafo (marca Brabender®, Alemanha), método nº 54-21.02 (AACC, 2011), enquanto os percentuais de glúten (úmido, index e seco) foram determinados pelo método nº 38-12.02 da AACC (2000c) e método nº 155 ICC (1994) no equipamento Glutomatic (modelo 2200, marca Perten®), centrífuga modelo 2015, marca Perten®: 4000rpm / 4 min) e Glutork 2020, e o índice de queda (atividade da enzima α -amilase) foi obtido em equipamento *Falling Number* (marca Perten®) pelo método nº 56-81.03 (AACC, 1999).

5.2.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de energia dispersiva de raio x (EDS)

Foram aplicadas as técnicas de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e de espectroscopia por energia dispersiva (EDS), nas pré-misturas (20% e 30% de FACC), para observação comparativa das imagens das microestruturas e da presença de elementos químicos minerais (percentuais em relação à área mapeada) nesses materiais, de forma a verificar as performances das substituições da farinha de amêndoas de castanhas de caju à farinha de trigo nos mixes usados nas pré-misturas, com as quais os pães foram produzidos.

As amostras foram incineradas em análise de cinzas (método nº 923.03, AOAC, 2016a) e os resíduos foram fixados em suportes metálicos cilíndricos (*stubs*) com fita de carbono de dupla face e revestidas por uma camada de 35 nm de ouro (metalização) - sistema de preparo de amostras QUORUM® Q150T ES. As amostras foram escaneadas em microscópio eletrônico de varredura (marca QUANTA 450 – FEG) e os resultados analisados pelo programa XT Microscope Control, com resolução de leitura de 25 μ m.

5.2.6 Grupo focal

O grupo focal foi realizado sem os produtos, com o intuito de verificar se os participantes sabiam o que são pré-misturas e sobre as expectativas deles em relação a esse tipo

de produto, toda a sessão transcorreu baseada no conhecimento, memória e hábitos alimentares dos participantes.

A sessão foi realizada no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFC, em torno de uma mesa redonda que possibilitou interação adequada entre os participantes, voluntários estudantes dos Cursos de Engenharia de Alimentos e de Gastronomia da Universidade Federal do Ceará, um moderador e dois assistentes, utilizando a metodologia descrita por Minim (2006).

Os participantes se apresentaram e o moderador iniciou a sessão explicando a metodologia de grupo focal, enfatizando a importância da opinião de todos os participantes estimulando-os a expressarem suas respostas de modo subjetivo adicionando comentários, observações e argumentações, não importando se houvesse divergências no grupo.

Os participantes também responderam um breve questionário (APÊNDICE C) sobre a idade, sexo, escolaridade, frequência de consumo de pão de fôrma e se eram alérgicos ao glúten e à castanha de caju e hábitos de consumo de pães. A sessão durou em média 60 minutos seguindo um roteiro de perguntas conforme apresentado no apêndice D. No decorrer da sessão foram esclarecidos os termos aditivos, coadjuvantes de tecnologia, melhorador de farinhas unificado e pré-mistura e castanhas de caju.

5.3 Resultados e discussões

5.3.1 Avaliação das propriedades tecnológicas

5.3.1.1 Absorção de água no preparo dos pães

Os resultados de absorção de água nas massas durante o preparo dos pães estão apresentados na tabela 12.

Tabela 12 – Absorção de água no preparo dos pães conforme DIC

Pré-misturas	% Absorção de água
0%FAAC 100%FT(*)	56 ^a ± 0,00
20%FAAC 80%FT	50 ^b ± 0,00
30%FAAC 70%FT	45 ^c ± 0,00
40%FAAC 60%FT	40 ^d ± 0,00
50%FAAC 50%FT	35 ^e ± 0,00

Fonte: dados da pesquisa.

(*) Gutkoski e Jacobsen Neto (2002).

FAAC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

À medida que se aumentou o percentual de FACC nas pré-misturas, as massas dos pães ficaram mais oleosas devido ao alto teor de lipídios e variaram em 30% a absorção de água, diferindo significativamente entre si ($p < 0,05$). Em geral, na literatura, massas de pães contendo ingredientes ricos em lipídios, reduzem a absorção de água se comparadas a outras sem esses ingredientes.

Gutkoski e Jacobsen Neto (2002) sugeriram absorção de água entre 55% e 57% no preparo de pães de farinha de trigo branca, enquanto Osuna *et al.* (2018), recomendaram 55%, em pães produzidos com farinhas integrais e óleos vegetais. Em contrapartida, Dias *et al.* (2019) relataram percentuais entre 50 e 60, afirmando que esses percentuais são variáveis em função das características das farinhas. Levando em consideração esses relatos as melhores formulações foram as de 20% e 30% de FACC.

5.3.1.2 Aparências e volumes específicos dos pães

A aparência e os volumes específicos dos pães preparados com as pré-misturas utilizando 0%FACC100%FT (padrão), 20%, 30%, 40% e 50% FACC, podem ser visualizados no quadro 4.

Quadro 3 – Pães preparados com pré-misturas com 0%, 20%, 30%, 40% e 50% de farinhas, de amêndoas de castanhas de caju e de trigo

Fotos de fatias dos miolos dos pães	Amostras	Volume específico mL.g ⁻¹
	PM 0%FACC100%FT	2,40 ^c ± 0,03
	PM20%FACC 80%FT	3,20 ^a ± 0,02
	PM30%FACC 70%FT	3,55 ^a ± 0,02
	PM 40%FACC60%FT	2,96 ^b ± 0,04
	PM 50%FACC50%FT	1,74 ^d ± 0,03

Fonte: produção e fotos da pesquisa.

FACC: Farinha de amêndoa de castanha de caju / FT: Farinha de trigo.

Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras no parâmetro analisado.

Conforme a aparência dos pães produzidos com as pré-misturas (DIC), apresentados no quadro 4, todos apresentaram alveolagens satisfatórias bem distribuídas e cascas finas, porém as pré-misturas com 20%, 30% e 40% ficaram com os alvéolos mais abertos e a de 50% mais fechados, em relação à formulação padrão. Ao serem pressionados apresentaram-se flexíveis. Quanto à cor, à medida que o percentual de FACC aumentou a coloração dos miolos e das cascas, ficaram levemente mais escuros.

Em relação ao formato do pão, os das formulações com 0%, 20% e 30% ficaram mais expandidos quando comparados com os pães das outras formulações, podendo ser observado que o da formulação com 30% de FACC teve um pouco de colapso nas laterais (parâmetro de quebra) em relação às demais formulações, podendo ser indicativo de menor resistência à expansão dos gases da fermentação. Essas características podem variar conforme a força de glúten, atividade enzimática entre outras variáveis significativas (SAIRAM; GOPALA KRISHNA; UROOJ, 2011) provenientes das farinhas utilizadas.

Com relação à cor, o pão da formulação padrão apresentou coloração típica de pães feitos só com farinha de trigo, enquanto os pães das formulações enriquecidas, apresentaram colorações mais escuras de casca e miolo em função do aumento dos percentuais de FACCs adicionados.

No volume específico (VE) dos pães, as amostras com 0 %, 40 % e 50 % diferiram ($p < 0,05$) significativamente das amostras com 20 % e 30% que não diferiram entre si ($p > 0,05$) e apresentaram os maiores valores.

Segundo Oro (2013), o teor de fibras influencia negativamente a qualidade panificável, por diferentes causas envolvidas nas características reológicas da massa, como alteração das forças intermoleculares e coesividade das massas formadas.

No entanto, o uso da enzima xilanase (XIL) nas pré-misturas tem a função de hidrolisar as fibras e melhorar a expansão das massas, e a glucose oxidase (GOX) e o ácido ascórbico (AA) de interagirem reforçando a rede de glúten proporcionando um adequado volume dos pães, o que foi observado, no presente estudo, nos pães das pré-misturas com 20 % e 30 % de FACC.

Silva, Almeida e Chang (2016) avaliaram a interação entre XIL, GOX e AA na qualidade de pães integrais e também verificaram que a XIL melhorou a expansão das massas e os volumes dos pães.

Os menores volumes dos pães de 40% e 50% de FACC com maiores teores de fibras podem estar associados a uma hidrólise insuficiente das fibras para esses percentuais, em função da quantidade de XIL utilizada, demonstrando que é limitante para a qualidade dos pães sob as

condições aplicadas nesse estudo, o que pode ser ajustado e otimizado na aditivação em pesquisas posteriores.

Outro fator observado é que as massas com 40% e 50% de FACC, ficaram mais oleosas e pesadas em relação às de 20% e 30%, dificultando suas expansões na fermentação, não tendo, porém, interferido na aeração e flexibilidade dos miolos dos pães e associados a defeitos.

5.3.2 Seleção de formulações de pães produzidos segundo o DIC

Foram selecionadas então as formulações dos pães feitos com as pré-misturas de 20% e 30% de substituição da FT por FACC para as avaliações microbiológicas, físicas, químicas, reológicas, microscopia de varredura eletrônica (MEV) e espectroscopia de energia dispersiva de raio x – EDS.

5.3.3 Avaliação centesimal, física e química das pré-misturas

5.3.3.1 Atividade de água (A_w)

Os dados das atividades de água das pré-misturas estão apresentados na tabela 13.

Tabela 13 – Atividade de água das pré-misturas

Amostras	A_w (%)
PM 20% FACC 80% FT	0,63 ^b ± 0,02
PM 30% FACC 70% FT	0,54 ^a ± 0,00

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo; PM: pré-mistura.

Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

A maioria dos microrganismos cresce em meio à atividade de água (A_w) entre 0,90 e 0,99. Todavia, vários microrganismos, às vezes, permanecem vivos, por muito tempo em baixa A_w , embora não se multipliquem nesse meio. Enquanto a maioria das leveduras e fungos miceliais cresce em meio com A_w entre 0,86 e 0,88, alguns fungos filamentosos podem crescer em até 0,80 (FERREIRA NETO; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2005).

Carvalho *et al.* (2017) encontrou A_w de castanhas de caju *in natura* entre 0,50 e 0,53, estando abaixo dos limites máximos críticos, que favorecem o desenvolvimento de microrganismos. Os resultados de atividades de água das pré-misturas diferiram

significativamente ($p < 0,05$) entre si. A pré-mistura (PM) com 20% de FACC apresentou-se atividade de água maior que a de 30%FACC. Levando-se em consideração que as castanhas foram secas e a atividade de água de FT conforme Ferreira Neto (2016), ficaram entre 0,54 e 0,60 os dados encontrados estão coerentes.

5.3.3.2 Composição física e química

Os resultados das médias e do teste de tukey, da composição física e química das pré-misturas com FT e FACC, estão apresentados na tabela 14.

Tabela 14 – Composição física, química e nutricional das pré-misturas

Constituintes	PM	
	20%FAAC 80% FT	30%FAAC 70% FT
Umidade (g / 100 g)	7,75 ^a ± 0,09	6,78 ^b ± 0,06
Cinzas (g / 100 g)	1,30 ^a ± 0,31	1,48 ^a ± 0,23
Lipídios (g / 100 g)	8,11 ^b ± 0,25	11,46 ^a ± 0,25
Proteínas* (g / 100 g)	16,00 ^b ± 0,50	16,77 ^a ± 0,01
Fibras Dietética Solúveis (g/ 100 g)	1,40 ^b ± 0,07	1,80 ^a ± 0,50
Fibras Dietéticas Insolúveis (g / 100 g)	2,10 ^a ± 0,26	2,60 ^a ± 0,25
Fibras Dietéticas Totais (g / 100 g)	3,50 ^b ± 0,29	4,40 ^a ± 0,28
Carboidratos (g / 100 g) b.s.	79,18 ^a ± 0,49	59,11 ^b ± 0,49
Valores energéticos (Kcal.100 ⁻¹)	390,35 ^b ± 2,45	406,66 ^a ± 1,15
pH	6,30 ^a ± 0,02	6,30 ^a ± 0,01
Acidez mg KOH/100g	6,14 ^a ± 0,16	20,22 ^b ± 0,70

Fonte: dados da pesquisa.

Carboidratos = (100 – somatório de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e fibras) (ANVISA, 2003).

Valor energético = (%proteínas x 4) + (% carboidratos x 4) + (% de lipídios x 9) (ANVISA, 2003).

FACC: farinha de amêndoas de castanha de caju; FT: farinha de trigo; PM: pré-mistura.

Médias de letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Os teores de umidade das amostras diferiram significativamente, mas estão em acordo com a RDC nº 263, para farinhas, que determina máximo de 15% (ANVISA, 2005), ressaltando-se que para a FACC o máximo permitido para o teor de umidade é 5% (BRASIL, 2017). Como os valores encontrados para este parâmetro, ficaram medianos entre aqueles preconizados por essas duas legislações, acredita-se poder considerá-los em conformidade.

Os teores de cinzas estão coerentes levando em consideração teores de cinzas de 2,66% para FACC citados por Freitas e Naves (2010) e teores máximos de 0,80% para farinha de trigo tipo I (ANVISA, 2005). O mix com maior percentual de FACC apresentou maiores teores de fibras, lipídios e maior valor energético.

Conforme a RDC 54, de 12 de novembro – Regulamento técnico sobre informação nutricional e complementar, as informações constantes no rótulo para a comercialização destes

mixes seriam consideradas de alto conteúdo de: lipídios (> 3 g/100 g) e proteínas (mínimo de 12 g de proteínas/100g), devendo constar na rotulagem a seguinte frase “Este não é um alimento baixo ou reduzido em valor energético (ANVISA, 2012).

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores de pH e estão na faixa média entre 5,97 e 7,03 encontrados por Gomes *et al.* (2014) em pré-misturas de bolo com farinhas de arroz e de feijão. A acidez representa a degradação dos lipídeos (gorduras), que sofrem alterações dependendo das condições do produto e do armazenamento. Os resultados de acidez graxa diferiram significativamente entre as amostras estando, porém, abaixo do valor permitido pela Instrução Normativa nº 8 do MAPA, para farinhas de trigo e produtos preparados à base de farinha de trigo para a alimentação humana, máximo de 100 mg de KOH/100 g do produto (BRASIL, 2005a).

5.3.4 Avaliação microbiológica

Os resultados das análises microbiológicas das pré-misturas estão apresentados na tabela 15.

Tabela 15 – Análises microbiológicas das pré-misturas

Pré-misturas	Coliforme à 45 °C (NMP/g)	Salmonella sp / 25g	Bolores e leveduras (UFC/g)
PM 20% FACC 80% FT	< 3 ^a	ausência ^a	< 10 ^a
PM 30% FACC 70% FT	< 3 ^a	ausência ^a	< 10 ^a

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo; PM: pré-mistura.

Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Os resultados das análises microbiológicas de coliformes e salmonela apresentadas na tabela 15, estão em conformidade com a RDC nº 12 de 02 de janeiro (BRASIL, 2001). Embora os bolores e leveduras não estejam contemplados nessa RDC, conforme dados de várias pesquisas estão em níveis aceitáveis.

5.3.5 Avaliação das propriedades tecnológicas de cor, falling number, glúten e farinografia

Os resultados da avaliação da cor instrumental e glúten dos mixes de farinhas das pré-misturas estão demonstrados na tabela 16, e os de farinografia e falling number na tabela 16.

Tabela 16 – Parâmetros de cor (L*, a*, b*) e glúten dos mixes de farinhas das pré-misturas

Mixes de farinhas	Cor			% Glúten	
	L*	a*	b*	Úmido	Index
20%FACC80%FT	91,09 ^b ± 0,14	0,68 ^b ± 0,25	10,60 ^b ± 0,12	22,80 ^b ± 2,00	87,00 ^b ± 0,30
30%FACC70%FT	91,35 ^b ± 0,38	0,67 ^b ± 0,36	10,62 ^b ± 0,02	20,60 ^a ± 2,00	42,50 ^a ± 6,36

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Na análise de cor (parâmetros L*, a*, b*) dos mixes de farinhas das pré-misturas não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre elas.

Os resultados de glúten úmido dos mixes de farinhas variaram entre 20,6% e 22,8% valores inferiores aos encontrados por Silva (2017) em farinhas de trigo com percentuais entre 23,4 e 30,3. Misturas de FT com a de outro vegetal sem glúten resultam em valores mais baixos, o que ficou evidenciado nos resultados de glúten index onde as amostras diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$), e no mix de 30% de FACC. A qualidade do glúten foi reduzida em mais de 50%.

Tabela 17 – Parâmetros de farinografia e falling number dos mixes de farinhas das pré-misturas

Mixes de farinhas	Absorção de água (%)	Estabilidade (min)	Tempo de desenvolvimento (min)	Índice tolerância à mistura(UF)	Falling Number (seg)
20%FAAC 80%FT	45,00 ^a ±0,00	19,00 ^a ±0,41	11,10 ^a ±1,56	17,50 ^a ±3,54	403 ^a ±3,00
30%FAAC 70%FT	40,00 ^b ±0,00	15,00 ^a ±0,41	9,00 ^a ±1,41	27,50 ^b ±3,54	425 ^a ±2,00

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo; UF: unidades farinográficas.

Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Silva (2017) relatou percentuais de 51,9% a 63,8% de absorção de água, tempo de desenvolvimento entre 1,3 e 12,5 minutos, estabilidade entre 2,1 a 37,3 minutos, e índice de tolerância à mistura entre 0,6 a 88,6 UF em farinhas de trigo puras.

A absorção de água dos mixes diferiu significativamente entre si em função dos diferentes percentuais de FACC substituindo a FT e conseqüentemente, maior teor de lipídios incorporados. Por serem hidrófobos, reduziram a absorção de água, e deixaram as massas mais lubrificadas com menores resistências ao trabalho mecânico da masseira, reduzindo a estabilidade, o tempo de desenvolvimento e o ITM entre os mixes. Apesar da absorção de água ter sido baixa, típica de farinhas com altos teores de lipídios, os outros parâmetros apresentaram-se adequados à panificação.

Segundo Aplevic, Souza e Nalevaiko (2015), a estabilidade da massa consiste no intervalo de tempo durante o qual ela mantém a máxima consistência, sendo que o ideal para a panificação é de aproximadamente de 12 a 13 minutos, inferior aos encontrados nesse estudo indicando que apesar da adição de FACC, as estabilidades ainda ficaram altas, típicas de farinhas fortes e adequadas à panificação.

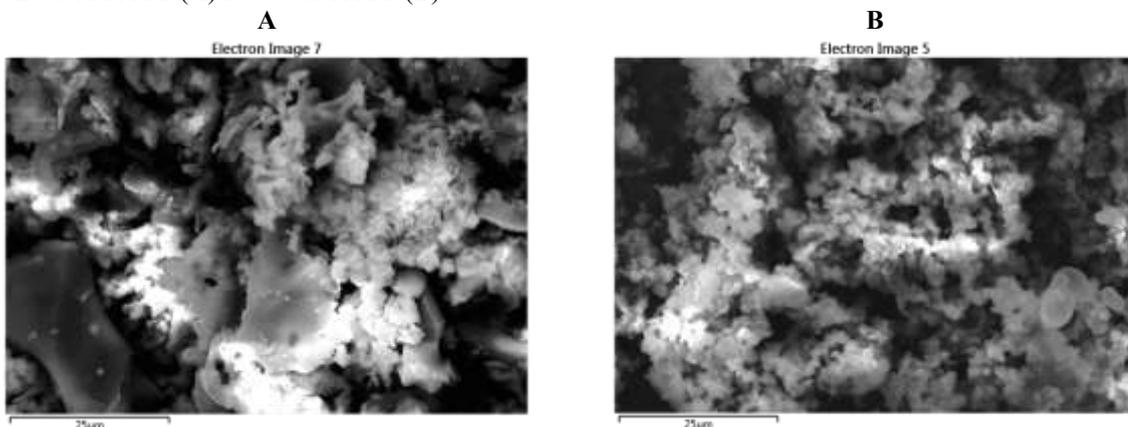
Bertolino e Braga (2017) apresentaram faixas de classificação de farinhas segundo a farinografia, variando de muito fraca a muito forte, assim uma farinha pode ser classificada como de força média à forte com tempos de desenvolvimentos (TD) entre 6,1 e 8,0 minutos, estabilidades entre 7,1 e 10,0 minutos e índice de tolerância das misturas (ITM) entre 50 e 99 e, como forte, quando ficam com TD entre 8,1 e 10,0 minutos, estabilidade entre 10,1 e 15,0 minutos e ITM entre 0 e 49 UF. Nesse caso, os mixes de farinhas com 20% e 30% de FACC podem ser considerados como fortes.

Os resultados de falling number não diferiram significativamente ($p > 0,05$) entre as amostras. Aplevic, Souza e Nalevaiko (2015) encontraram valores mais altos de FN, entre 355 e 384 segundos. Os resultados indicam baixas atividades de enzimas alfa amilase, provavelmente devida à adição de FACC com menores, teor de amido e hidrólise deste. Baixa atividade enzimática, pode interferir negativamente na fermentação, cor e volume do pão.

5.3.6 Avaliação de Microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos mix de farinhas

As imagens microscópicas eletrônicas dos mixes de farinhas estão apresentadas na Figura 6.

Figura 6 – Micrografias em microscópica eletrônica de varredura (MEV) 25 μ m, das pré-misturas com 20% de FACC (A) e 30% de FACC (B)



Fonte: dados da pesquisa.

A micrografia (figura 6A) da morfologia da PM com 20% de FACC mostra estruturas maiores de amido em relação às matrizes globulares de proteínas, enquanto na PM com 30% de FACC (figura 6B) os grânulos de amido aparecem em menor proporção, o que condiz com o maior percentual da FACC mais rica em proteínas do que a FT, resultados similares aos encontrados por Vieira *et al.* (2010).

5.3.7 Espectroscopia de energia dispersiva - EDS (farinhas)

O escaneamento por espectroscopia de energia dispersiva, identificou elementos químicos presentes nas pré-misturas com 20% e 30% de FACC, apresentados na tabela 18.

Tabela 18 – Análise de minerais por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) das farinhas

Minerais	PM 20%FACC IRP	PM 30%FACC IRP
Potássio (K)	75,0 ^a + 0,20	13,6 ^b + 0,10
Cálcio (Ca)	9,3 ^a + 0,10	24,3 ^b + 0,10
Magnésio (Mg)	9,2 ^a + 0,00	21,5 ^b + 0,10
Sódio (Na)	0,4 ^a + 0,00	29,1 ^b + 0,20
Flúor (F)	2,7 ^a + 0,10	3,8 ^a + 0,10
Zinco (Zn)	0,6 ^a + 0,10	1,1 ^b + 0,10
Selênio (Se)	0,7 ^a + 0,10	0,9 ^a + 0,20
Ferro (Fe)	0,6 ^a + 0,10	1,7 ^b + 0,10
Alumínio (Al)	0,6 ^a + 0,10	0,5 ^a + 0,10
Cloro (Cl)	0,5 ^a + 0,10	2,9 ^b + 0,00
Cobre (Cu)	0,2 ^a + 0,10	0,2 ^a + 0,10
Arsênio (As)	0,5 ^a + 0,10	0,8 ^a + 0,10
Cromo (Cr)	-	0,1 + 0,00

Fonte: dados da pesquisa.

IRP= Intensidade Relativa Percentual dos picos identificados na área escaneada dos resíduos da análise de cinzas FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras nos parâmetros analisados.

Na área escaneada da PM com 20% de FACC, foram identificados doze elementos químicos minerais destacando-se o potássio, cálcio, magnésio e o flúor, além de menores quantidades de ferro, zinco, selênio, cloro e cobre. Segundo a Tabela brasileira de composição de alimentos (UNICAMP, 2011), amêndoas de castanhas de caju (torradas) possuem os minerais: cálcio, magnésio, manganês, fósforo, ferro e potássio na sua composição.

Com relação ao EDS, na PM com 30% de FACC destacaram-se o sódio, cálcio, magnésio, potássio, flúor e o cloro. Por diferentes técnicas de análises de elementos minerais,

González (2002) analisou farinha de trigo e relatou que além dos minerais encontrados no presente estudo, destacaram-se também silício e outros elementos, e apresentou composição de matérias minerais encontradas em trigo com os maiores percentuais de potássio, fósforo, enxofre, magnésio e cálcio.

Araújo (2007) ressaltou a presença de zinco, enquanto Ertl e Goessler (2018), que analisaram farinhas de trigo austríacas encontraram 27 elementos estando inclusos os encontrados no presente estudo. Vale ressaltar que a composição em minerais pode variar em função do solo onde os vegetais foram cultivados.

5.3.8 Grupo focal

Participaram do grupo focal, quatro provadores do sexo masculino e dez do sexo feminino com faixa etária até quarenta anos, graduandos de nível superior e pós-graduação, utilizando a metodologia descrita por Minim (2006). Uma mulher informou ser alérgica ao glúten e nenhum dos participantes informou ser alérgico à amêndoa de castanha de caju. Treze dos participantes informaram gostar de pães e de consumirem com maior frequência os de fôrma, e nunca consumiram pão com farinha de amêndoas de castanhas de caju. Um participante informou nunca consumir pão de fôrma (o que é alérgico ao glúten), três informaram consumir diariamente, três semanalmente, cinco mensalmente e dois trimestralmente.

Todos os participantes informaram conhecer farinha de amêndoas de castanhas de caju e quando foram questionados em que produtos alimentícios essa farinha poderia ser consumida, indicaram produtos de panificação e confeitaria como pães, bolos, tortas, e aplicação em pratos da cozinha quente como farofa e cobertura de empanados em peixes. A princípio pensaram na utilização de cem por cento da farinha de amêndoas de castanhas de caju em produtos destinados a celíacos, mas quando questionados se seria aceitável substituir ou complementar parcialmente a farinha de trigo todos, disseram que sim.

Ao serem questionados sobre a possibilidade do consumo de pão de forma com farinha de amêndoas de castanha de caju e quais as expectativas para esse produto, citaram a obtenção de pão com maior funcionalidade para a saúde, sabor e aroma de castanha acentuado, cor do miolo tendendo para o caramelo, com crosta mais escura e textura mais macia tendo sido citada também a possibilidade de contraste de crocância com grânulos de castanhas torrados e distribuídos no pão. Foi falado também sobre os alvéolos do miolo que devem ser uniformes e mais fechados pois, se forem abertos, deixam a textura áspera.

Quando questionados também sobre a expectativa do preço de pães feitos com essa pré-mistura caso sejam ofertados no mercado local, informaram que pagariam até quatro vezes além do preço de um pão normal, se comprovada a sua funcionalidade e apelo nutricional em função da adição da farinha de amêndoas de castanhas de caju, com os seus benefícios nutricionais já conhecidos e ressaltaram que a aceitação seria ainda maior com a informação de que essa farinha substitui gorduras como margarinas, gorduras hidrogenadas e a manteiga de origem animal, tradicionalmente usadas nos pães.

No entanto, quando questionados sobre uma possível compra e preparo de pré-mistura para pão, todos informaram não ter interesse em virtude de não possuírem o hábito de preparar pães em casa por se tratar de processo demorado.

Embora tenha sido explanado sobre a maior praticidade do uso de pré-mistura, continuaram com a mesma opinião, expressando que as pré-misturas devem ser direcionadas às padarias e supermercados que comercializam pães ou, que caso sejam comercializadas como pré-misturas nesses estabelecimentos, o interesse na aquisição seria de pessoas que têm mais tempo e paixão pelo preparo de pães em casa.

A opinião do grupo confirmou a concepção desse estudo em desenvolver as pré-misturas para atender às indústrias, moinhos, grandes fábricas e empresas intermediárias como as padarias, sendo importante saber a opinião do consumidor final sobre o preparo caseiro, que pode ser atendido também com a comercialização de mixes sem o uso de aditivação.

A prática de preparo de pães caseiros fermentados biologicamente é mais comum nas regiões sul e sudeste do Brasil, enquanto na norte, nordeste e centro-oeste, é habitual preparar em casa a tapioca (pão plano de fécula de mandioca não fermentado biologicamente), e o cuscuz (pão de farinha de milho enformado em cuscuzeira).

5.4 Conclusões

As pré-misturas com 20% e 30% de farinhas de amêndoas de castanhas de caju foram selecionadas como melhores nutricionalmente, quanto aos teores de fibras, proteínas, bons lipídios insaturados e minerais e, tecnologicamente, quanto aos volumes específicos dos pães produzidos por curta fermentação, substituindo parcialmente a farinha de trigo e totalmente gorduras tradicionalmente utilizadas em panificação, sem prejuízos aos aspectos tecnológicos.

Os aditivos e coadjuvantes de tecnologia aplicados nas pré-misturas, foram tecnologicamente eficazes.

Os pães com 40% e 50% de FACC apresentaram boa aparência, podendo ser aceitos por consumidores que valorizam os aspectos nutricionais em detrimento dos tecnológicos.

A realização do grupo focal mostrou que o consumidor não tem o hábito consolidado do preparo de pães em casa, no entanto, pagariam um valor quatro vezes maior do que pagam pelo pão de fôrma comercial e acreditam que as pré-misturas com farinha de amêndoas de castanhas de caju serão bem aceitas e incrementarão as opções do mercado de panificação com boa performance nutricional direcionadas às padarias e fábricas de pães de médio a grande porte.

Referências

AACC. **Method 02-02A**. Saint Paul: AACC, 1995. v. 1. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Method 38-12.02**. 8. ed. Saint Paul: AACC, 2000c. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Method 54-21.02**. 11. ed. Saint Paul: AACC, 2011. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Method 54-30.02**. 11. ed. Saint Paul: AACC, 1999. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Método 10-11**. Saint Paul: AACC, 2000a. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

AACC. **Método 14-22**. Saint Paul: AACC, 2000b. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

ABIMAPI. **Anuário 2019**. 3. ed. São Paulo: Editora Definição, 2019.

ABIMAPI. **Como o brasileiro vai ter qualidade de vida em 2020?:** conheça as tendências que prometem ajudar. São Paulo: ABIMAPI, 3 mar. 2017. Disponível em: <https://abimapi.com.br/noticias-detalle.php?i=Mzk1OQ==>. Acesso em: 6 mar. 2020.

ABIMAPI. **Pães e bolos industrializados**. São Paulo: ABIMAPI, 2020. Disponível em: <https://www.abimapi.com.br/estatisticas-paes-e-bolos.php>. Acesso em: 13 maio 2020.

ABIP. Indicadores. **Indicadores da panificação e confeitaria 2018**. Brasília, DF: ABIP, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Desktop/Dt/paes/ABIP%20INDICADORES-DA-PANIFICA%C3%87%C3%83O-E-CONFEITARIA%20BRASILEIRA%202018.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ABIP. **Indicadores**: o que esperar da panificação e confeitaria brasileira em 2019. Brasília, DF: ABIP, 2019. Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2019/02/RELATORIODETENDE%CC%82NCIAS2019.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

ANVISA (Brasil). **RDC N° 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Brasília, DF: ANVISA, 2005. Disponível em: <https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjI%20wMw%2C%2C>. Acesso em: 7 dez. 2019.

ANVISA (Brasil). **RDC N° 360, de 23 de dezembro de 2003**. Regulamento técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Brasília, DF: ANVISA, 2003. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0360_23_12_2003.html. Acesso em: 7 dez. 2019.

ANVISA (Brasil). **Resolução RDC N° 12, DE 02 de janeiro de 2001**. Aprova o Regulamento Técnico: sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2001. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b. Acesso em: 20 jan. 2018.

ANVISA (Brasil). **Resolução RDC N° 54, de 12 de novembro de 2012**. Regulamento Técnico Mercosul sobre informação nutricional: declarações de propriedades nutricionais. Brasília, DF: ANVISA, 2003. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/%2033880/2568070/rdc0054_12_11_2012.pdf/c5ac23fd-974e-4f2c-9fbc-48f7e0a31864. Acesso em: 17 dez. 2019.

AOAC. **Crude fiber analysis in feeds by filter bag technique**: method n° 991.43. Gaithersburg: AOAC, 2010. Disponível em: https://agronomy.ifas.ufl.edu/pdfs/crudefiber120606_2000.pdf. Acesso em: 10 dez. 2017.

AOAC. **Official methods of analysis**: method n° 923.03. 20th ed. Gaithersburg: AOAC, 2016a.

AOAC. **Official methods of analysis**: method n° 934.06. 20th ed. Gaithersburg: AOAC, 2016b.

AOAC. **Official methods of analysis**: method n° 960.552. 20. ed. Gaithersburg: AOAC, 2016c.

AOAC. **Official methods of analysis**: method n° 981.12. 16th ed. Gaithersburg: AOAC, 1997.

AOCS. **Method 5-04 lipids analysis in feeds**. Aberdeen: AOCS, 2005.

APLEVIC, K. S.; SOUZA, S.; NALEVAIKO, F. S. Avaliação de amostras de farinha de trigo para uso na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 263-270, 2015.

ARAUJO, R. G. O. **Otimização de métodos analíticos e caracterização da farinha de trigo refinada**: uma contribuição à Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Orientador: Sérgio Luís Costa Ferreira. 2007. Tese (Doutorado em Química) – Pós-Graduação em Química. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007. Disponível em file:///C:/Users/User/Desktop/Dt/analises%20de%20farinha%20doutorado/Tese_de_Doutorado_Rennan_G_O_Araujo.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

BERTOLINO, M. T.; BRAGA, A. **Ciência e Tecnologia para a fabricação de biscoitos**: handbook do biscoiteiro. São Paulo: Livraria Varela: Revista Higiene Alimentar, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005**. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. Brasília, DF: MAPA, 2005a. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-8-2005_75598.html. Acesso em: 2 maio 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 31, de 18 de outubro de 2005**. Define a referência para métodos analíticos que passam a constituir padrões oficiais para análises físico-químicas de conformidade da Farinha de Trigo ao Padrão de Identidade e Qualidade do MAPA. Brasília, DF: MAPA, 2005b. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=379797359>. Acesso em: 2 maio 2017.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 2, de 06 de fevereiro de 2017**. Aprova o regulamento técnico da amêndoa da castanha de caju. Brasília, DF, MAPA, 2017. Disponível em: <https://alimentusconsultoria.com.br/instrucao-normativa-2-fev-2017/>. Acesso em: 17 maio 2018.

CARVALHO, J. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; LUNA, F. M. T.; MAIA, G. A. Cashew nut oil: effect of kernel grade and a microwave preheating extraction step on chemical composition, oxidative stability and bioactivity. **International Journal of Food Science & Technology**, London, v. 53, p. 1-8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13665>.

CAUVAIN, S. P.; YONG, L. S. **Tecnologia da panificação**. 2. ed. Barueri: Manole, 2009. 418 p.

DIAS, A. R. G.; COLUSSI, R.; ZAVAREZE, E. da R.; EL HALAL, S. L. M. (org.). **Ciência e tecnologia de panificação**. Pelotas: Cópia Santa Cruz, 2019. 326 p. ISBN 978-85-479-0093-9.

EL-DASH, A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000087&pid=S0103-8478200200050002100006&lng=pt. Acesso em: 30 dez. 2017.

ERTL, K.; GOESSLER, W. Grains, whole flour, white flour, and some final goods: an elemental comparison. **Eur. Food Res. Technol.**, Berlin, v. 244, issue 11, p. 2065-2075, nov. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3117-1>. Acesso em: 10 dez. 2019.

FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas Sensory evaluation and water activity of the seasoned cassava flour. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 795-802, jul./ago. 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542005000400011&script=sci_arttext. Acesso em: 12 mar. 2019.

FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde1 Chemical composition of nuts and edible seeds and their relation to nutrition and health. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 269-279, mar./abr. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rn/v23n2/v23n2a10.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2018.

GOMES, L. de O. F.; SANTIAGO, R. de A. C.; KOAKUZU, S. N.; BASSINELO, P. Z. Estabilidade microbiológica e físico-química de misturas para bolo sem glúten e qualidade dos bolos prontos para consumo. **Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 283-295, out./dez. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/121334/1/bjft.pdf>. Acesso em: 12 out. 2019.

GONZÁLEZ, M. J. C. **Industrias de cereales y derivados**. Madrid: Ediciones Mundi-prensa, 2002. (Colección tecnología de alimentos).

GUTKOSKI, L. C.; JACOBSEN NETO, R. Procedimento para teste laboratorial de panificação: pão tipo forma. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 873-879, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782002000500021. Acesso em: 16 dez. 2017.

ICC. **ICC Standard No 155**: determination of wet gluten quantity and quality (gluten index ac. to perten) of whole wheat meal and wheat flour (triticum aestivum): standard methods of the international association for cereal chemistry (icc). Detmold: Verlag Moritz Schafer, 1994.

LOALDI, P. **Pão feito em casa**. São Paulo: Escala, 2013.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial**: estudos com consumidores. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

ORO, T. **Adaptação de métodos para avaliação da qualidade tecnológica de farinha de trigo integral**. 2013. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/107225/319262.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2017.

OSUNA, M. B.; ROMERO, C. A.; ROMERO, A. M.; JUDIS, M. A.; BETOLA, N. C. Proximal composition, sensorial properties and effect of ascorbic acid and α -tocopherol on oxidative stability of bread made with whole flours and vegetable oils. **LWT – Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 98, p. 54-61, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643818306649>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SAIRAM, S.; GOPALA KRISHNA, A. G.; UROOJ, A. Physico-chemical characteristics of defatted rice bran and its utilization in a bakery product. **Journal of Food Science and Tecnology Karnataka**, Chicago, v. 48, n. 4, p. 478-483, 2011.

SILVA, C. B. da; ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K. Interaction between xylanase, glucose oxidase and ascorbic acid on the technological quality of whole wheat bread. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n.12, p. 2249-2256, dez. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20151587>.

SILVA, K. A. da. **Análises reológicas e físico-químicas da farinha de trigo de seis diferentes cultivares recomendadas para o estado do Paraná (safra 2016)**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8948/1/PG_COALM_2017_2_09.pdf. Acesso em: 2 abr. 2019.

TUKEY, J. W. Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. **Biometrics**, Medford, v. 5, n. 2, p. 99-114, June 1949. Disponível em: <http://webspaceship.edu/pgmarr/Geo441/Readings/Tukey%201949%20-%20Comparing%20Individual%20Means%20in%20the%20Analysis%20of%20Variance.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2017.

UNICAMP. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela brasileira de composição de alimentos TACO**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA, 2011. 161 p. Disponível em: http://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 12 dez. 2017.

VIEIRA, J. C.; MONTENEGRO, F. M.; LOPES, A. S.; PENA, R. DA S. Influência da adição de fécula de mandioca nas características do pão tipo chá. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 37-48, jan./jun. 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/17895-63935-1-PB.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2017.

ZAVAREZE, E. da R.; BIDUSKI, B.; DIAS, A. R. G. Principais ingredientes na panificação. *In*: DIAS, A. R. G.; COLUSSI, R.; ZAVAREZE, E. da R.; EL HALAL, S. L. M. **Ciência e tecnologia de panificação**. Pelotas: Cópia Santa Cruz, 2019. cap. 3, p. 85-114.

6 PRÉ-MISTURA PARA PÃES DE LONGA FERMENTAÇÃO: FARINHA DE AMÊNDOA DE CASTANHA DE CAJU (*ANACARDIUM OCIDENTALE L.*) COMO SUBSTITUTA TOTAL DE ÓLEOS E GORDURAS E PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO

As pré-misturas para pães permitem ajustes finos em farinhas, usando aditivação, destinadas a processos de longas fermentações. A farinha de amêndoas de castanhas de caju (FACC) é rica em fibras, lipídios insaturados e proteínas. O objetivo desse trabalho foi desenvolver pré-misturas (PMs) com 20% e 30% de FACC como substituta total de gorduras e parcial de FT em pães de longa fermentação. Foram produzidas 20 pré-misturas com 20% e 30% de FACC complementados com FT e aditivação (com variação dos percentuais das enzimas glucose oxidase e xilanase), e preparados pães de fôrma, segundo delineamento composto central (DCC) avaliados quanto ao volume específico (VE) mL.g⁻¹ e à textura dos miolos (dureza, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade). Dentre as quais foram selecionadas duas formulações de PMs e com estas preparados pães que foram avaliados quanto à composição física, química, e de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia (EDS). Essas PMs foram analisadas quanto à estabilidade microbiológica (bolores e leveduras) nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias e quanto à estabilidade oxidativa (acidez graxa, pH e TBARS) nos tempos 0 e 30 dias. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados submetidos à ANOVA – cálculos das médias e desvios padrões e ao teste de Tukey com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Entre as 20 PMs a que apresentou maiores VEs e maciez foi a F6 com 30% de FAAC, que não diferiu significativamente ($p > 0,05$) das formulações F17 e F20 com 25% e da F5 com 20%. Foram selecionados os percentuais de 20% e 30% com as aditivações das formulações F5 e F6 respectivamente. Os pães não diferiram ($p > 0,05$) quanto à atividade de água e diferiram ($p < 0,05$) quanto aos percentuais de carboidratos, cinzas, fibras alimentares (totais, solúveis e insolúveis), lipídios, proteínas, umidade e valor energético. Quanto à textura dos miolos dos pães, os de 20% de FACC ficaram mais macios, menos gomosos, com menor mastigabilidade, mais elásticos e mais flexíveis do que os de 30%. Os principais ácidos graxos poli-insaturados identificados nos pães foram o ω -3, ω -6 e ω -9. Conclui-se que as pré-misturas com 20% e 30% de FACC produziram pães de longa fermentação nutritivos e tecnologicamente viáveis.

Palavras-chave: Pré-mix. Ômega-9. Ômega-6. Mistura pronta.

6.1 Introdução

A castanha de caju é considerada uma noz verdadeira por ser uma fruta seca e espessa e como tal apresenta substâncias com propriedades funcionais ou compostos biologicamente ativos, sobressaindo-se; entre eles, os ácidos, oléico (C18: 1) e linoléico (C18: 2) (FREITAS; NAVES, 2010). Tem elevado potencial tecnológico e nutritivo apresentando alta concentração de proteínas, lipídios, carboidratos, fósforo e ferro, além de zinco, magnésio, proteínas, fibras e gordura insaturada, que ajudam a diminuir o nível de colesterol no sangue (GAZOLLA *et al.*, 2006). Entre os lipídios da castanha de caju, o percentual de ácidos graxos insaturados (82,74%) é elevado destacando-se os ácidos oleico, linoleico e linolênico (LIMA; GARCIA; LIMA, 2004).

Os principais componentes dos óleos e das gorduras são os triglicerídeos, formados a partir do glicerol e de ácidos graxos, que podem ser saturados ou insaturados e necessários ao metabolismo. São em sua maioria sintetizados no organismo humano, no entanto, os chamados ácidos graxos essenciais linoleico (18:2 n-6) e o ácido alfa-linolênico (18:3 n-3) que são obtidos através da dieta. Estes originam formas biologicamente ativas como o ácido araquidônico – AA (20:4 n-6), ácido eicosapentaenóico - EPA (20:5n-3) e o ácido docosahexaenóico – DHA (22:6 n-3) (MIGUÉIS, 2010).

Medeiros *et al.* (2011) citaram os ácidos AA e DHA como extremamente necessários e participantes ativos no desenvolvimento cerebral e que em experimentos com animais a carência destes, nessa etapa, reduz a capacidade de aprendizagem e diminui o crescimento de neuritos e o tamanho de corpos celulares em neurônios hipocampais em várias regiões encefálicas (MEDEIROS *et al.*, 2011). A dieta de gestantes, contendo esses ácidos graxos, pode reduzir a incidência de parto prematuro e melhorar o peso do bebê ao nascer (SILVA; MIRANDA JUNIOR; SOARES, 2007).

Quanto ao consumo de ácidos graxos monoinsaturados (MUFAS), como o ômega 9 (oléico), existem evidências do contexto da dieta mediterrânea, que o associa à redução do risco de doenças cardiovasculares e mortalidade, em substituição às gorduras saturadas implicando na redução dos níveis plasmáticos de LDL-c, risco cardiovascular, de diabetes mellitus e melhor controle da pressão arterial (SANTOS, *et al.* 2013; RIBEIRO, 2014 *apud* CHIARELI *et al.*, 2017). Associado ao ômega 6 (linoleico), que também reduz o colesterol (MENSINK *et al.*, 2003) além de reduzir riscos de Alzheimer e algumas propriedades anticarcinogênicas no caso dos cânceres de cólon, próstata e mama (RIBEIRO, 2014 *apud* CHIARELI *et al.*, 2017).

Estudos epidemiológicos mostram que a substituição de 10% de calorias provenientes de SFA (saturados) por PUFA associa-se a uma redução de 18 mg/dL no LDL-c, maior que a observada com reposição semelhante por carboidratos (MENSINK *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2013).

Os ácidos graxos são *cis* quando os hidrogênios unidos aos carbonos por dupla ligação estão em lados iguais da cadeia, enquanto na forma *trans* os hidrogênios estão em lados opostos (MERÇON, 2010). Segundo Ribeiro *et al.* (2007), esse tipo de gordura pode ser formada naturalmente no sistema digestivo de animais ruminantes, industrialmente nos processos de hidrogenação de óleos e gorduras ou, segundo Sanibal e Mancini Filho (2004), em frituras de alimentos submetidos a altas temperaturas.

Os ácidos graxos *cis* ocorrem predominantemente na natureza, decorrente da especificidade das enzimas, durante a biossíntese dos lipídios. Por outro lado, a gordura *trans* também pode ser formada pela isomerização de ácidos graxos *cis* dos óleos vegetais, induzidos termicamente através da desodorização industrial, que remove substâncias voláteis de odor e sabor indesejáveis, e pela reutilização prolongada de óleos na fritura de alimentos (MARTIN; MATSHUSHITA; SOUZA, 2004; WOLFF, 1994).

Os estudos multicêntricos, ao longo de décadas, mostraram um aumento do consumo de alimentos industrializados, ditos saudáveis, e a prática de alimentação fora de casa pela população das grandes metrópoles. Esses alimentos contendo gordura *trans* eram considerados mais saudáveis que a gordura de origem animal, por ser proveniente de óleos vegetais hidrogenados. Entretanto, desde 1990, estudos científicos associaram o seu uso ao aumento do colesterol ruim (LDL) e redução do colesterol bom (HDL) no organismo (ANVISA, 2019a; SILVA; PADILHA; JOMORI, 2019).

Desse modo não é recomendada a ingestão de alimentos contendo ácidos graxos *trans*, pois também elevam o nível de triglicerídeos no sangue, aumentam o risco de doenças coronárias do coração, diabetes, hipertensão e obesidade (FELLOWS, 2019; MERÇON, 2010; SARTORELLI; FRANCO, 2003; SCHERR; RIBEIRO, 2008).

Atualmente, o consumo de alimentos com gorduras *trans* acima de um por cento do valor energético total, pode gerar o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e mortalidade por essas causas. Ainda amplamente consumidas, as gorduras *trans* são encontradas em margarinas, massas instantâneas, sorvetes, *snacks*, bolos, chocolates, pratos congelados, biscoitos, pipoca de micro-ondas e frituras comercializadas em serviços de alimentação, entre muitos outros alimentos industrializados.

Por causa dos malefícios à saúde dos consumidores, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária publicou a RDC 332, limitando o uso de gorduras *trans* industriais em alimentos e com banimento do uso da gordura parcialmente hidrogenada até 2023. A medida visa proteger a saúde da população, uma vez que o consumo elevado dessas gorduras é nocivo à saúde (ANVISA, 2019b).

Várias pesquisas estudaram a substituição parcial da farinha de trigo em produtos de panificação (GUSMÃO *et al.*, 2018; MARTINEZ *et al.*, 2015) e os processos variam consideravelmente conforme a cultura local, infra-estrutura e condições ambientais das padarias.

No Brasil há algumas décadas muitas padarias deixaram de produzir pães no turno da noite e, para não comprometer a produção do turno da manhã, passaram a fabricar os pães com farinhas ou pré-misturas fortes o suficiente para suportarem fermentações de até doze horas em temperaturas variáveis conforme as localidades. As massas assadas pela manhã são preparadas no final da tarde e fermentam, geralmente, em armários sem controle de temperatura durante toda a noite.

O desafio da indústria de panificação é de adequação com inovações e renovações, para conferir mais qualidade aos produtos. A estes fatores deve-se acrescentar a criatividade, sobretudo em se tratando da publicidade e marketing, unindo-se cada vez mais a conceitos de saudabilidade tornando-os indispensáveis no dia a dia. Esse mercado requer produtos diferenciados e de maior valor agregado contendo vitaminas, fibras, minerais e grãos (ABIMAPI, 2019; ABIP, 2019).

O pão de fôrma é definido como o produto obtido, em condições técnicas adequadas, de massa preparada com farinha de trigo, fermento biológico, água, sal e gordura podendo conter outras substâncias alimentícias aprovadas, com cocção em fôrmas, resultando em pão com casca fina, macia e grande quantidade de miolo elástico e homogêneo com poros (ANVISA, 2005) podendo ser adicionado ainda de sementes, castanhas, frutas secas, entre outros complementos (LOALDI, 2013).

A substituição total ou parcial da farinha de trigo por outros tipos, ditas alternativas ou funcionais, obtidas a partir de outros cereais, raízes e tubérculos, sementes, frutos, leguminosas, oleaginosas e amêndoas, tem aumentado em função dos maiores teores de fibras, compostos bioativos, minerais, proteínas (REGO; BUCIONE, 2016), além de lipídios mais saudáveis entre outros. As amêndoas têm tido maior atenção e em se tratando de amêndoas brasileiras, a castanha de caju, originária do norte e nordeste, é uma das amêndoas mais populares no mundo.

Os aditivos são utilizados para compensar as variações nas características das farinhas provenientes de diferentes tipos de trigos, com o intuito de se obter um produto de melhor qualidade (ZAVAREZE; BIDUSKI; DIAS, 2019). A produção de pré-misturas para pães permite os ajustes necessários às formulações baseados nas características das farinhas utilizadas, das funções dos aditivos e coadjuvantes de tecnologia e da aplicação desse produto no mercado.

A farinha de amêndoa de castanha de caju (FACC) é rica em fibras, lipídios e proteínas e pode substituir parcialmente a farinha de trigo (FT) como substituta de gorduras em pães, no entanto requer ajustes que os aditivos melhoradores de farinhas unificados comerciais não são capazes de corrigir em função das especificidades que esse tipo de farinha produz na massa. Portanto, o objetivo desse trabalho foi desenvolver pré-mistura para pães de longa fermentação, com farinha de amêndoas de castanha de caju substituindo parcialmente a farinha de trigo e totalmente de gorduras.

6.2 Material e métodos

6.2.1 Material

Os materiais utilizados foram farinha de bandas e pedaços de amêndoas de castanhas de caju (FACC), preparada no laboratório de Cereais da Universidade Federal do Ceará, farinha de trigo tipo I, açúcar e sal (refinados), fermento biológico seco, margarina (70% de lipídios, usada na formulação padrão) e antimofos adquiridos no comércio de Fortaleza - Ce.

A FACC e os mixes de farinhas foram embalados em sachês (*Stand-up*) aluminizados (fornecedor Ideal Equipamentos para Laboratório) e guardadas em armários temperatura ambiente entre 28 °C e 30 °C. As amostras de aditivos e coadjuvantes de tecnologia (oxidante e enzimas) foram doadas pela empresa VITANOR.

6.2.2 Métodos

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados submetidos à ANOVA e ao teste de Tukey com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

6.2.2.1 Delineamento composto central (DCC)

Foi gerado um delineamento composto central (KUHNERT; VENABLES, 2005) onde foram verificadas a existência de diferenças significativas entre as formulações das pré-misturas e se essas diferenças, envolvendo a FACC e as enzimas glucose oxidase e xilanase, maximizavam ou minimizavam as variáveis respostas para os parâmetros de volumes específicos dos pães, e de textura (dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, resiliência) dos miolos das fatias desses pães.

Como matriz, as variáveis independentes foram a farinha de amêndoas de castanhas de caju (FACC) e as enzimas, conforme mostra a tabela 19.

Tabela 19 – Delineamento experimental da adição de enzimas à formulação de pães tipo forma

Variáveis independentes	Código	Níveis Codificados e reais				
		-1,682	-1	0	+1	+1,682
Enzima glucose oxidase	Enz.1	*	*	*	*	*
Enzima xilanase	Enz.2	*	*	*	*	*
FACC (%)	FACC	16,591	20	25	30	33,409

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju.

(*) Níveis não informados em função de pedido de registro de patente junto ao Instituto de Normas e Propriedade Industrial (INPI).

O DCC gerou oito pontos fatoriais (2^3), seis pontos axiais (2×3) e 6 repetições no ponto central perfazendo um total de 20 ensaios. Para cada variável, foram ajustados modelos de superfície de resposta. Como as suposições para o uso do modelo de regressão linear normal não foram satisfeitas, os ajustes foram feitos novamente através dos modelos lineares generalizados. Esses modelos são compostos de três partes: a componente aleatória que diz sobre a distribuição de probabilidade da variável resposta, no contexto do trabalho, foi assumida ser gama devido à sua natureza contínua e positiva, a segunda componente é a função de ligação, que foi assumida ser a função logarítmica e por uma terceira componente, o preditor linear definido pela equação 1:

Equação 1

$$\log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 * Farinha_i + \beta_2 * Enzima1_i + \beta_3 * Enzima2_i + \beta_4 * Enzima1_i : Enzima2_i + \beta_5 * Farinha_i : Enzima1_i + \beta_6 * Farinha_i : Enzima2_i + \beta_7 * Farinha_i^2 + \beta_8 * Enzima1_i^2 + \beta_9 * Enzima2_i^2, i$$

onde μ_i é a média.

Para avaliar a significância dos parâmetros de regressão dos modelos ajustados, foram utilizadas tabelas de Análise de Deviance (ANODEV), em que as variáveis são adicionadas ao modelo uma a uma e são comparadas ao modelo com todos os parâmetros possíveis, o objetivo é medir a importância que cada variável tem no modelo ajustado. A hipótese nula H_0 testada na ANODEV é que: o acréscimo da variável no modelo não agrega informação significativa ao modelo.

Os ajustes foram avaliados através dos gráficos de probabilidade meio-Normal dos desvios dos resíduos dos modelos. O ajuste é considerado bom se a maior parte de resíduos, representados pelos pontos, se encontrar-se dentro das bandas de confiança simuladas, representadas pelas linhas nos gráficos.

Os resultados obtidos forneceram uma tendência de resposta, não tendo havido poder de predição. Para todas as variáveis respostas analisadas, as suposições de normalidade para os resíduos do modelo bem como a hipótese de homogeneidade de variância entre as formulações foram rejeitadas ($p < 0,05$), logo o teste paramétrico (ANOVA) não pôde ser utilizado e adotou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis para comparar as formulações. A análise consistiu em avaliar se houve diferença em pelo menos duas das formulações e quais delas diferiram entre si. Para todos os testes de hipóteses utilizou-se um nível de significância de $\alpha = 0,05$, e, este comparado com o valor-p. Caso o valor-p $> \alpha$ a hipótese nula é não-rejeitada e, caso o valor-p $< \alpha$, a hipótese nula é rejeitada.

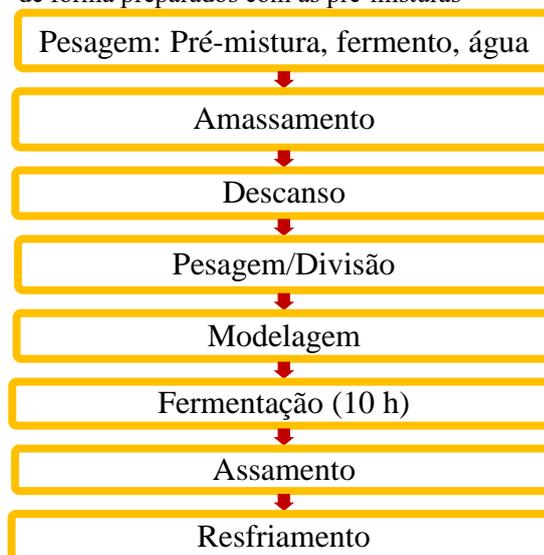
6.2.2.2 Preparo das formulações de pré-misturas segundo o DCC

No preparo das pré-misturas, os micros ingredientes ácido ascórbico (AA), enzimas glucose oxidase (GOX) e xilanase (XIL) foram pesadas separadamente e adicionados cada um em 10 g de farinha de trigo da própria formulação, misturados e adicionados em 100 g de farinha unificando-os. Quando do preparo das massas, os 100 g de farinha contendo os aditivos foram adicionados as 900 g da farinha de trigo utilizada na formulação, acondicionadas em saco plástico, fechado e agitado vigorosamente manualmente por 2 minutos e depois misturados em batedeira (tipo planetária) na velocidade mais baixa, durante 4 minutos, quando então foram adicionados, o sal, o açúcar, o antimofó e o emulsificante, e misturados por mais 4 minutos. E por último foi adicionada a farinha de amêndoas de castanhas de caju e misturada por mais 6 minutos, finalizando assim o preparo da pré-mistura. Em seguida foram pesadas e embaladas em sachês aluminizados, identificados e armazenados em geladeira até a utilização (no máximo 15 dias) nas análises da pesquisa.

6.2.2.3 Avaliação das características tecnológicas dos pães produzidos com as pré-misturas geradas no DCC: volumes específicos e texturas (miolos)

Os pães foram preparados no laboratório da Universidade de Fortaleza (UNIFOR), em triplicatas, com as 20 pré-misturas, definidas no DCC, utilizando 100% da pré-mistura, 45% de água e 0,5% de fermento biológico seco. As etapas do processo de fabricação dos pães estão apresentadas no fluxograma da figura 7.

Figura 6 – Fluxograma de processamento dos pães de forma preparados com as pré-misturas



Fonte: elaborada pela autora.

Os pães foram preparados pelo método convencional de massa direta. A pré-mistura, a água, o fermento biológico seco, e no caso do pão padrão, a margarina, foram pesados e transferidos para a tigela de uma batedeira de 6 velocidades. Foram homogeneizados por 1 minuto em velocidade baixa. A água foi adicionada aos poucos e a massa misturada por 1 minuto na velocidade 2, depois sovada durante 8 minutos em velocidade alta, até o completo desenvolvimento do glúten (“ponto de véu”). Em seguida a massa foi boleada, descansada coberta com um plástico por 15 minutos e, dividida em três porções (triplicata) de 160 g, modeladas em formatos de baguetes, colocadas em fôrmas padronizadas e fermentadas 28 °C durante dez horas (longa fermentação). As massas foram assadas em forno elétrico turbo à 150 °C por 8 minutos. Os pães resfriados (12 h em armários) foram pesados, embalados em filme plástico e avaliados quanto aos volumes (em triplicata) por deslocamento de miçangas de porcelana (adaptação da autora, do método da AACC, 2000a). Os volumes específicos foram calculados dividindo-se os volumes (mL) pelos pesos (gramas) dos pães expressos em mL.g⁻¹.

As texturas dos miolos (fatias centrais de 2,5 cm de espessura, sobrepostas em dois ciclos que simularam a ação da mandíbula durante a mastigação) foram determinadas no Laboratório da Embrapa Agroindústria Tropical, em texturômetro TA-XT2i (stale micro systems) com o auxílio do *software* fornecido com o equipamento, utilizando método padrão da AACC (74-09) (AACC, 2000b), com probe de alumínio (P/35), pelo método de TPA (Texture Profile Analysis) aplicável para pão, com velocidade do pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade do teste: 1,7 mm/s; velocidade do pós-teste: 10,0 mm/s; distância: 10 mm; tempo: 5 segundos; gatilho (tipo): *auto (force)*; gatilho (força): 0,04903N.

6.2.2.4 Avaliação da estabilidade microbiológica (bolores e leveduras) das pré-misturas selecionadas no DCC

As pré-misturas com 20% e 30% de FACC foram acondicionadas em sachês aluminizados com zíper plástico, divididas e analisadas quanto à contagem de bolores e leveduras, nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento ($28\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$), conforme o compêndio de métodos para análises microbiológicas de alimentos da Associação Americana de Saúde Pública (APHA).

6.2.2.5 Estabilidade oxidativa (acidez titulável total e acidez graxa, pH e TBARS) das pré-misturas selecionadas no DCC

As amostras foram avaliadas nos tempos 0 e 30 dias quanto à acidez graxa, determinada segundo o método 02-02.02 da AACC (1995), acidez titulável total (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008), pH pelo método nº 981.12 AOAC (1997) com potenciômetro de bancada modelo Q400 RS, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e pH 7,0 e análises de peroxidação de lipídios determinadas a partir da quantidade de malonaldeído (MDA) dos extratos obtidos através das reações específicas destes com o ácido tiobarbitúrico (TBARS), utilizando o método descrito primeiramente por Heath e Packer (1968) com adaptações de Zhu *et al.* (2008), lidas em espectrofotômetro marca SHIMADZU, modelo UV-1800 em dois comprimentos de onda 532 nm e a 600 nm.

6.2.2.6 Produção de pães (pré-misturas selecionadas no DCC), e avaliação de suas propriedades físicas e químicas

Os pães foram produzidos conforme o item 3.4.3.2.3 e analisados quanto à atividade de água medida no AquaLab-4TE CX-2 à $25,5 \pm 0,60\text{ °C}$, umidade em estufa com circulação

de ar foi determinada pelo método nº 934.06 (AOAC, 2016b) a 105 °C /8 h, cinzas segundo o método nº 923.03 (AOAC, 2016a), fibras alimentares (frações insolúveis – FDI e solúveis – SDF) pelo método nº 991.43 (AOAC, 2010), lipídios – ANKOM, método nº 5-04 (AOCS, 2005), proteínas conforme metodologia NDA 701 – VEPP, método nº 960.552 (AOAC, 2016), carboidratos totais calculados por diferença (100 – totais de umidade, proteína, lipídios e cinzas) incluindo a fração fibra alimentar, segundo o Instituto Adolfo Lutz (1985) ANVISA (2003b) , acidez graxa método 02-02A (AACC, 1995) e acidez titulável total (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Na determinação dos valores energéticos foram utilizados os coeficientes de ATWATER: 4 kcal.g⁻¹ para proteínas, 4 kcal g⁻¹ para carboidratos e 9 kcal.g⁻¹ para lipídios, de acordo com a Resolução RDC nº 360 (BRASIL, 2003), pH segundo o método nº 981.12 AOAC (1997), com potenciômetro modelo Q400 RS previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e pH 7,0.

Nas composições em ácidos graxos dos pães, os lipídios foram previamente convertidos em ésteres de ácidos graxos (FAMES), conforme descrito por Hartman e Lago (1973 *apud* LIMA *et al.*, 2014) e analisados em cromatógrafo equipado com detector de ionização de chama (GC2010, Shimadzu, Kyoto, Japão) e fase estacionária biscianopropil-polidimetilsiloxano coluna capilar (SP2560, 100 m × 0,25 mm, df 0,20 Supmco®, Bellefonte, PA, EUA). As temperaturas do forno da coluna foram inicialmente mantidas em 80 ° C, aumentadas 11°C / min para 180 °C e 5 °C/min para 220 °C e depois mantidas por 23 min. O gás hidrogênio foi usado com taxa de fluxo de 1,5 mL / min, com razão de mistura de 1:30 e com temperatura do injetor e detector de 220°C. Os FAMES foram usados por comparação dos tempos de retenção com uma mistura padrão de ácidos graxos (código CRM47885, Supelco®, Bellefont PA, EUA) injetados, seguindo a mesma metodologia. A contribuição de cada composto foi dada pela área relativa (%) do seu pico máximo no cromatograma.

A composição em ácidos graxos foi mensurada por cromatografia gasosa dos ésteres metílicos obtidos segundo Hartman e Lago (1973 *apud* LIMA *et al.*, 2014). A análise foi realizada no Varian CP-3800, com detector de ionização de chama (DIC), coluna CP-Sil 8 CB de fase estacionária metilpolissiloxano (30 m x 0,25 mm x 1,0 µm; Varian Inc., Palo Alto, EUA), modo de injeção com divisão de fluxo durante toda a corrida, gás carreador hidrogênio com fluxo constante de 1,5 mL/min, temperatura do injetor 250 °C, temperatura do detector 250 °C. As temperaturas do forno foram: 80 °C inicialmente, com aquecimento ascendente, de 15 °C/min até 200 °C, e de 5 °C/min até 300 °C, isoterma de 15 min. Os compostos identificados

na mistura foram identificados por suas áreas relativas (%) dos seus picos registrados no cromatograma (DIC).

Baseado nos resultados das análises de valor energético, carboidratos, proteínas, lipídios, fibras alimentares e ácidos graxos dos pães, foram calculados dados de informação nutricional adequados à rotulagem. Além disso, foram acrescentados os percentuais de sódios baseados no cálculo da formulação da pré-mistura e comparados com a tabela brasileira de composição de alimentos (UNICAMP, 2011).

6.3 Resultados

6.3.1 Avaliação das características tecnológicas dos pães produzidos com as pré-misturas geradas no DCC: volumes específicos e texturas (miolos)

Na figura 8 tem-se uma visão parcial de um lote dos pães das formulações geradas no DCC após o resfriamento, antes das medições de volumes e texturas.

Figura 7 – Visão parcial dos pães preparados com as pré-misturas do DCC



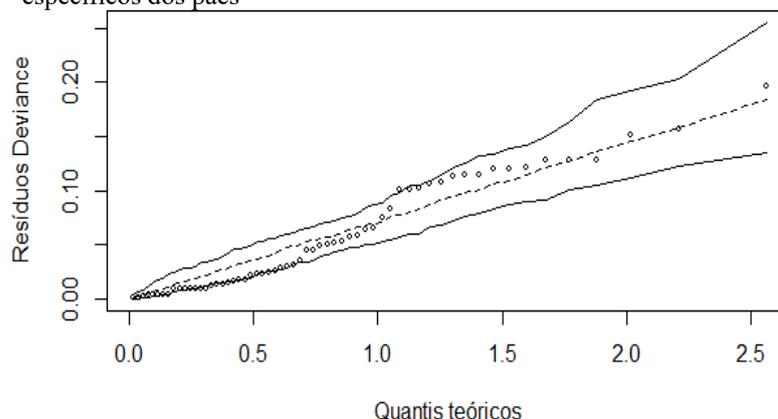
Fonte: foto da pesquisa.

Conforme a figura 8, podem ser visualizadas variações nos volumes, formatos (expansão vertical, horizontal, simetria) e cores, dos pães.

6.3.2 Volumes específicos dos pães

Os resultados simulados para os desvios dos resíduos dos volumes específicos dos pães, estão mostrados na Figura 9.

Figura 9 – Gráfico de envelope: desvios dos resíduos dos volumes específicos dos pães



Fonte: dados da pesquisa.

No gráfico da figura 9 pode-se observar que os resíduos fornecidos pelo modelo se encontram dentro das bandas de confiança simuladas, indicando assim um bom ajuste do modelo para os resultados dos volumes específicos dos pães.

No quadro 5 estão apresentados os volumes específicos dos pães.

Quadro 5 – Resultados dos volumes específicos dos pães

Formulações	% GOX, XIL	% FACC	Volume Específico dos pães (mL.g ⁻¹)
F1 20%FAAC80%FT	*	20	2,32 ^b
F2 30%FAAC70%FT	*	30	2,45 ^a
F3 20%FAAC80%FT	*	20	2,22 ^c
F4 30%FAAC70%FT	*	30	2,59 ^a
F5 20%FAAC80%FT	*	20	2,70 ^a
F6 30%FAAC70%FT	*	30	3,05 ^a
F7 20%FAAC80%FT	*	20	2,09 ^{cde}
F8 30%FAAC70%FT	*	30	2,24 ^c
F9 25%FAAC75%FT	*	25	2,32 ^b
F10 25%FAAC75%FT	*	25	2,31 ^b
F11 25%FAAC75%FT	*	25	2,32 ^b
F12 25%FAAC75%FT	*	25	2,30 ^b
F13 25%FAAC75%FT	*	25	2,31 ^b
F14 25%FAAC75%FT	*	25	2,30 ^b
F15 16,59%FAAC83,41FT	*	16,59	2,31 ^b
F16 33,41%FAAC66,59FT	*	33,41	2,09 ^{cde}
F17 25%FAAC75%FT	*	25	2,30 ^b
F18 25%FAAC75%FT	*	25	2,05 ^{de}
F19 25%FAAC75%FT	*	25	1,80 ^e
F20 25%FAAC75%FT	*	25	2,16 ^{cd}

Fonte: dados da pesquisa

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo; F 1 a F 20: formulações de 1 a 20
Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras no parâmetro analisado

(*) Percentuais não informados em função de pedido de registro de patente junto ao Instituto Nacional de Marcas e Patentes (INPI).

Os volumes específicos em pães de fôrma sem tampa não devem ser excessivamente pronunciados. Portanto, a massa deve possuir força e expansão adequadas para evitar colapso nas laterais e alveolagem do miolo muito aberta (interferência na textura). Na avaliação dos pães, os melhores resultados de textura coincidiram com os maiores volumes específicos.

A avaliação da interação entre as enzimas glucose oxidase e a xilanase na faixa de adição de 16,59% a 44,41% de FACC segundo o DCC resultou na otimização de duas formulações com 20 e 30% de FACC, menores percentuais de glucose oxidase e maiores de xilanase, gerando os maiores volumes específicos e boas texturas do miolo em relação às outras formulações.

As melhores formulações foram F6 (30% FAAC) e a F5 (20% FAAC) ambas com a mesma aditivação contendo maiores teores de xilanase (XIL) e menores de glucose oxidase (GOX). Seguidas das F4 e F2, ambas com 30% de FACC e maiores percentuais de glicose oxidase (GOX). A formulação 17 (25%FACC), sem adição de GOX, apresentou VE de 2,30 mL.g⁻¹ e não diferiu significativamente ($p>0,05$) das formulações F9 a F14 também com 25%FACC e menores percentuais de XIL.

Na formulação 19 não foi adicionada XIL, e resultou no menor volume específico (1,80 mL.g⁻¹). As pré-misturas com 25% de FACC com teores medianos de GOX e inferiores de XIL e a com 25% de FACC sem GOX apresentaram valores medianos de VE.

Há um indicativo que a FACC tenha conferido maior tolerância à fermentação em função do seu maior teor proteico requerendo menores teores de GOX, e maiores teores de XIL em função do maior percentual de fibras resultando no melhor VE.

Observou-se que o uso individual de GOX ou de XIL não gerou os melhores resultados o que foi conseguido com a interação das duas enzimas e do ácido ascórbico. Processos de produção de pães mecanizados e de longos tempos de fermentações requerem reforço adicional das massas, o que foi proporcionado pela enzima glicose oxidase que respondeu bem no longo tempo de fermentação utilizado nesse estudo.

Segundo Steffolani *et al.* (2010), a ação oxidante da glucose oxidase produz ligação cruzada entre proteínas através de ligações dissulfeto e não dissulfeto na rede de glúten, formando agregados proteicos grandes. Essa performance foi citada por Kriaa *et al* (2015), que observaram esse efeito sinérgico em pães com glicose oxidase, ácido ascórbico e enzima alfa amilase como ação corretiva, obtenção de melhores propriedades funcionais e reológicas da massa e textura do pão diminuindo a firmeza do miolo e a mastigação, além de melhorar a

elasticidade, adesão, coesão e o volume específico de pão que atingiu até 3,19 mL/g em fermentação de 150 minutos.

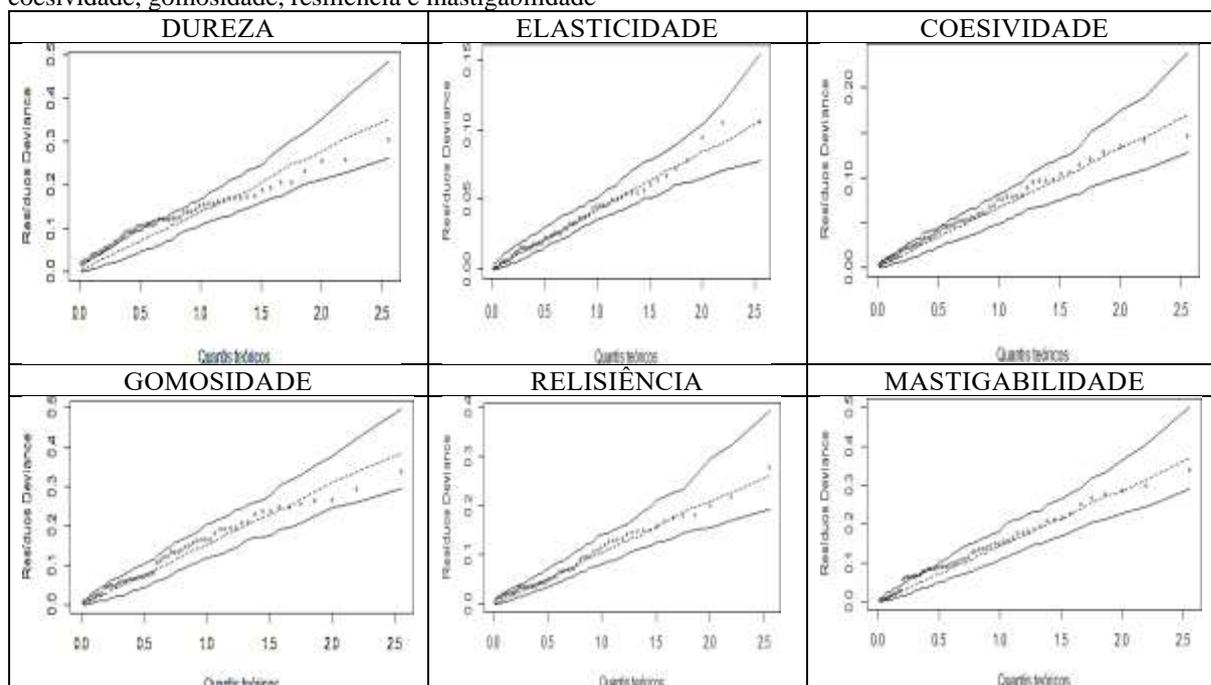
Levando-se em consideração que o tempo de fermentação utilizado nesse estudo foi de dez horas e os volumes dos pães das duas melhores formulações foram 2,70 mL.g⁻¹ e 3,05 mL.g⁻¹, os resultados foram bastante satisfatórios.

No entanto, massas com malha de glúten reforçada requerem auxílio para a sua expansão necessitando, portanto, da ação da enzima xilanase que hidrolisa as fibras solúveis reduzindo a rigidez da malha resultando em excelente expansão.

6.3.3 Texturas dos miolos dos pães

No quadro 6, pode-se visualizar os gráficos de envelopes simulados para os desvios dos resíduos dos parâmetros de textura, dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, resiliência e mastigabilidade.

Quadro 6 – Gráficos de envelopes dos desvios dos resíduos dos parâmetros de textura, dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, resiliência e mastigabilidade



Fonte: dados da pesquisa.

Os parâmetros de textura, elasticidade, gomosidade e resiliência, indicaram bons ajustes dos modelos pois todos os resíduos se apresentaram dentro das bandas de confiança, enquanto nos parâmetros dureza e coesividade, os ajustes dos modelos foram mais fracos (uma parte dos resíduos se apresentou fora) e no de mastigabilidade, razoável (alguns resíduos se apresentaram fora).

Os resultados das texturas dos miolos dos pães estão apresentados no quadro 7.

Quadro 7 – Resultados de textura dos miolos de fatias dos pães de longa fermentação

Formulações	% GOX XYL	% FACC	D	E	C	G	M
F1 20%FAAC80%FT	P	20	3999 ^a	0,89 ^{bcd}	0,36 ^{abcd}	144 ^{ab}	1279 ^{abc}
F2 30%FAAC70%FT	P	30	2551 ^{cde}	0,91 ^{abcd}	0,35 ^{bcd}	886 ^{cde}	801 ^{cde}
F3 20%FAAC80%FT	P	20	4305 ^a	0,91 ^{abcd}	0,36 ^{abcd}	1552 ^a	1412 ^a
F4 30%FAAC70%FT	P	30	1810 ^{bghi}	0,85 ^d	0,33 ^{cd}	609 ^{fghi}	517 ^{ghi}
F5 20%FAAC80%FT	P	20	1687 ^{ijk}	0,54 ^{ab}	0,34 ^{bcd}	579 ^{hi}	494 ^{hi}
F6 30%FAAC70%FT	P	30	1351 ^k	0,90 ^{abcd}	0,37 ^{abcd}	493 ⁱ	443 ⁱ
F7 20%FAAC80%FT	P	20	3203 ^{abc}	0,88 ^{bcd}	0,36 ^{abcd}	1145 ^{abc}	995 ^{abc}
F8 30%FAAC70%FT	P	30	2090 ^{fgh}	0,89 ^{bcd}	0,39 ^{ab}	815 ^{def}	721 ^{def}
F9 25%FAAC75%FT	P	25	2022 ^{fgh}	0,87 ^d	0,37 ^{abcd}	761 ^{efg}	661 ^{fg}
F10 25%FAAC75%FT	P	25	1920 ^{ghij}	0,93 ^{ab}	0,36 ^{abcd}	702 ^{Fgh}	656 ^{fg}
F11 25%FAAC75%FT	P	25	2201 ^{efg}	0,92 ^{abcd}	0,36 ^{abcd}	787 ^{ef}	721 ^{ef}
F12 25%FAAC75%FT	P	25	2283 ^{def}	0,92 ^{abc}	0,34 ^d	775 ^{efg}	715 ^{ef}
F13 25%FAAC75%FT	P	25	2704 ^{bcd}	0,90 ^{abcd}	0,36 ^{abcd}	969 ^{bcd}	871 ^{bcd}
F14 25%FAAC75%FT	P	25	2644 ^{bcd}	0,88 ^{bcd}	0,38 ^{abc}	994 ^{bc}	876 ^{bcd}
F15 16,59%FAAC83,41FT	P	16,59	3548 ^{ab}	0,96 ^a	0,40 ^a	1402 ^{ab}	1349 ^a
F16 33,41%FAAC66,59FT	P	33,41	2429 ^{de}	0,93 ^{abc}	0,36 ^{abcd}	882 ^{cde}	819 ^{cde}
F17 25%FAAC75%FT	P	25	1674 ^{jk}	0,87 ^{cd}	0,38 ^{abc}	630 ^{ghi}	548 ^{ghi}
F18 25%FAAC75%FT	P	25	1991 ^{fghi}	0,89 ^{bcd}	0,38 ^a	760 ^{efg}	674 ^{efg}
F19 25%FAAC75%FT	P	25	3344 ^{ab}	0,93 ^{ab}	0,39 ^a	1304 ^{ab}	1215 ^{ab}
F20 25%FAAC75%FT	P	25	1845 ^{hijk}	0,89 ^{bcd}	0,38 ^a	710 ^{fgh}	634 ^{fgh}

Fonte: dados da pesquisa.

P: dados ocultos em função de patente.

D: dureza; E:elasticidade; C:coesividade; G: gomosidade; M: mastigabilidade.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras nos parâmetros analisados.

Na análise de textura, segundo Esteller e Lannes (2005), a firmeza ou dureza é relacionada à força aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra, correlacionando-se com a mordida humana durante a deglutição do alimento. Indica ainda, que quanto menor o valor obtido, mais mole ou macio é o produto. Entre as 20 formulações testadas a formulação que apresentou maior maciez foi a F6 (30% FAAC), que não diferiu significativamente ($p > 0,05$) das formulações F17 (25%), F5 (20%) e F20 (25%) de FAAC, respectivamente. Enquanto as formulações F1 (20% de FAAC), F3 (20% de FACC) e a F15 com 16,59% de FAAC foram as mais duras.

Esses resultados mostram que o percentual de FACC não interferiu nesse parâmetro, mas uma maior quantidade da enzima xilanase foi associada a uma maior maciez dos miolos dos pães, provavelmente em função dessa enzima hidrolisar as fibras das FAACs.

Outro parâmetro avaliado foi a elasticidade, relacionada com a porcentagem de recuperação do material (NORONHA, 2016). Em pães resulta da presença de glutenina

(CAUVAIN; YOUNG, 2009), sendo desejados valores mais altos. O maior valor de elasticidade obtido foi o da formulação F15 com o menor percentual de FAAC (16,59%) com 0,96 não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) das formulações F2, F3, F6, F10, F11, F12, F16 e F19 (0,93 a 0,90). Os percentuais de enzimas glucose oxidase utilizados não influenciaram nas respostas desse parâmetro.

A coesividade presente em pães e derivados do trigo está relacionada com interações moleculares das pontes de hidrogênio, pontes dissulfeto, além de ligações cruzadas onde participam íons metálicos e a mobilidade de água na massa (ESTELLER; LANNES, 2005). Pães pouco coesos se dissolvem mais rapidamente na boca e muito coesos ficam “borrachudos”. As formulações que apresentaram maior e menor coesividade respectivamente foram a F15 (16,59% de FAAC) e a F12 (25% FAAC), que receberam os mesmos percentuais das duas enzimas. No entanto, é desejável um meio termo, o que foi obtido com as formulações F9, F10, F01, F16, F6, F3, F7, F13 e F11. A adição das enzimas também não influenciou esse parâmetro.

Na avaliação da textura de pães considera-se como ideal uma menor gomosidade, o que foi obtido na formulação F6 (30% de FAAC), que não diferiu significativamente ($p > 0,05$) das formulações F5 (20% de FAAC), F17 (25% de FAAC), e F4 (30% de FAAC), no entanto as Formulações 4 (30% de FAAC) e 17(25% de FAAC) diferiram entre si ($p < 0,05$) e a formulação F3 (20% de FAAC) foi a de maior gomosidade. Os percentuais de FAAC e das enzimas não influenciaram os resultados.

O quinto parâmetro analisado, foi a flexibilidade ou resiliência que é a capacidade da amostra ser deformada e voltar ao estado anterior, ou seja, bom poder de recuperação. O ideal é que o miolo do pão tipo forma seja bem flexível. As formulações dos pães F19 (25% de FAAC) e F15 (16,59%) foram as mais flexíveis com ênfase no maior percentual da enzima glucose oxidase, e, todos com exceção dos pães das formulações F5 (20% de FAAC) e 12 (25% de FAAC), não diferiram significativamente ($p > 0,05$) entre si.

A mastigabilidade representa a energia requerida para mastigar e desintegrar um alimento sólido até o ponto de conseguir ser deglutido (MATUDA *et al.*, 2003; CARR, 2003). É representada pela razão entre a gomosidade e a elasticidade, então quanto menor, melhor será o resultado. As formulações que apresentaram menor mastigabilidade foram: em primeiro lugar a F6 (30%FAAC), depois F5 (20%FAAC), F17 (25% FAAC) e F4 (30% FAAC), com predominância dos maiores percentuais de FAAC e de enzima xilanase. As que apresentaram maiores mastigabilidades foram as F3 (20% FAAC) com menor teor de xilanase e a F15 (16,59% FAAC) sem xilanase.

6.3.4 Pré-misturas selecionadas no DCC

Usando o critério estatístico, a melhor formulação quanto à textura e ao volume específico foi a F6 (30% de FACC) e a F5 com o segundo melhor volume específico (20% de FACC) e a mesma aditivação da F6. Então optou-se por seguir o estudo com essas duas formulações, com variação a partir desse ponto, apenas do percentual de FACC.

6.3.5 Avaliação da estabilidade (0, 30, 60 e 90 dias) microbiológica (bolors e leveduras) das pré-misturas selecionadas no DCC

Os resultados das avaliações de bolors e leveduras nas pré-misturas com 20% e 30% de farinha de amêndoas de castanhas de caju, estão apresentados na tabela 21.

Tabela 20 – Estabilidade microbiológica de bolors e leveduras das pré-misturas

Tempo	Bolors e Leveduras (UFC/g)		
	PM 0%FACC100%FT	PM 20%FACC 80%FT	PM 30%FACC 70%FT
0 dias	<10 ^a	<10 ^a	<10 ^a
30 dias	7,0 x 10 ²	9,0 x 10 ²	4,0 x 10 ²
60 dias	2,9 x 10 ³	2,0 x 10 ³	8,0 x 10 ²
90 dias	1,6 x 10 ²	3,1 x 10 ²	6,3 x 10 ²

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras.

Os bolors e leveduras são microrganismos indicadores do estado de conservação de farinhas e pré-misturas. Foram avaliadas as condições microbiológicas das pré-misturas armazenadas em sachês aluminizados e conservadas à temperatura ambiente $29\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ao longo dos noventa dias houve proliferação dos bolors e leveduras nas três pré-misturas, com menor crescimento nas pré-misturas com 0% de FACC e 20% de FACC.

Os bolors e leveduras são microrganismos indicadores do estado de conservação de farinhas e pré-misturas. Em alimentos podem acarretar a produção de metabólitos secundários, conhecidos como micotoxinas e a presença destes, constitui-se um fator de grande risco na saúde pública, pois alguns gêneros, como o *Aspergillus* e *Penicillium* podem estar presentes em cereais, tubérculos e são conhecidos por provocar efeitos mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos (SHINOHARA *et al.*, 2017).

Câmara (2010) avaliou bolores e leveduras em amêndoas de castanhas de caju em pedaços e observou maior contaminação das amêndoas estudadas em relação a amêndoas inteiras, tendo sugerido que esse resultado pode ter sido em função de contaminações ocorridas desde o beneficiamento até o acondicionamento nas embalagens, decorrente do tempo de até 3 dias em processamento.

No presente estudo, as amêndoas de castanhas de caju cruas não foram torradas, tendo sido submetidas apenas à secagem de 55 °C / 24hs, para minimizar a perda de nutrientes já que a PM para pães é transformada em massa e assada a 180 °C ± 40 °C.

Conforme o apresentado na tabela 21 houve variação de bolores e leveduras de <10 a 2,9 x 10³ UFC.g⁻¹, resultados inferiores aos encontrados por Muniz *et al.* (2004 *apud* CÂMARA, 2010), que analisaram amêndoas de castanhas de caju inteiras e cruas com variação em 33% das amostras de <10 à 3,8 x 10⁵ UFC.g⁻¹.

6.3.6 Avaliação da estabilidade (0 e 30 dias) oxidativa (TBARS, acidez graxa, acidez alcóolica e pH) das pré-misturas selecionadas no DCC

Os dados de acidez alcóolica e acidez graxa e pH das pré-misturas das farinhas de trigo e de castanha de caju e das pré-misturas, estão apresentadas na Tabela 22.

Tabela 21 – Estabilidade oxidativa, acidez alcóolica, acidez graxa e pH, das pré-misturas

Análise	Tempo (dias)	PM	
		20%FACC 80%FT	30%FACC 70%FT
Acidez graxa (mg de KOH.100g ⁻¹)	0	6,14 ^a + 0,16	20,22 ^b + 0,93
	30*	-	-
Acidez alcóolica (mg de NaOH.100g ⁻¹)	0	0,49 ^a + 0,02	0,61 ^b + 0,01
	30	0,52 ^a + 0,01	0,60 ^b + 0,01
pH	0	6,3 ^a + 0,00	6,3 ^a + 0,00
	30	6,0 ^a + 0,00	6,0 ^a + 0,00
Tbars (mg MDA.kg ⁻¹)	0	1,45 ^a + 0,02	1,73 ^b + 0,05
	30	1,55 ^a + 0,01	2,45 ^b + 0,03

Fonte: elaborada pela autora.

TBARS: Substância reativa ao ácido tiobarbitúrico.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Análises não realizadas em virtude laboratório fechado (pandemia covid-19).

Médias com letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (p < 0,05).

As pré-misturas ficaram conformes quanto à legislação brasileira, que fixa o máximo de 100 mg de KOH/100g de farinha de trigo (BRASIL, 2005). No tempo zero, a acidez graxa da PM com 30% de FACC aumentou 69% em relação a de 20%. Enquanto na acidez

alcoólica essa diferença foi de 19%. Araújo *et al.* (2012), encontraram 1,09% de acidez titulável em farinha de amêndoas de castanhas de caju torradas, superior aos resultados aqui apresentados. Oliveira (2019), avaliou óleo de *castanha-do-Brasil* in natura armazenado por 6 semanas e acidez final foi de 12,0mgKOH/g. O pH se manteve estável nas amostras e nos dois tempos. Silva *et al.* (2010), relataram que o índice de acidez em farinha de trigo aumentou gradativamente de 5,0 a 6,4 (g ácido oleico.100g⁻¹ amostra) durante armazenamento de 90 dias.

Pazeto *et al.* (2016), avaliaram óleos vegetais aquecidos de coco, milho e soja com valores de TBARS de 0,30 mg MA/kg, 1,07 mg MA/kg e 51,82 mg MA/kg. Os valores de TBARS das PM, evidenciaram oxidação inicial e aumento em 60 dias, em ambas as pré-misturas, principalmente na PM com 30% de FACC, com maior teor de lipídios. O tempo de estocagem (seis meses) das amêndoas de castanhas de caju e da farinha de trigo em congelamento, antes da realização das análises podem ter interferido na degradação lipídica.

6.3.7 Atividade de água e composição química dos pães das pré-misturas de longa fermentação

Os resultados da atividade de água e da composição química dos pães produzidos com as pré-misturas selecionadas no DCC estão mostrados na tabela 23.

Tabela 22 – Composição química dos pães das pré-misturas selecionadas no DCC

Constituintes	Formulações		
	Pão 0%FAAC 100%FT	Pão 20%FAAC 80%FT	Pão 30%FAAC 70%FT
Valor Calórico (kcal)	316,29 ^c ± 3,64	326,47 ^b ±0,97	363,16 ^a ±2,31
Carboidratos (g / 100g)	53,22 ^c ± 0,38	46,88 ^b ±1,08	46,66 ^a ±0,31
Umidade (g/100g)	26,00 ^b ± 0,46	25,25 ^b ±0,39	20,15 ^a ±0,14
Proteínas (g/100g)	9,54 ^c ±0,01	12,17 ^b ±0,06	12,54 ^a ±0,00
Lipídios (g/100g)	7,25 ^c ±0,25	10,03 ^b ±0,54	14,04 ^a ±0,39
Fibras Totais (g/100g)	3,10 ^c ±0,28	4,40 ^b ±0,19	5,00 ^a ±0,13
Solúveis	0,60 ^c ±0,05	1,40 ^b ±0,03	1,80 ^a ±0,07
Insolúveis	2,50 ^a ±0,00	3,00 ^b ±0,17	3,20 ^b ±0,07
Cinzas (g/100g)	0,89 ^c ±0,16	1,27 ^b ±0,06	1,61 ^a ±0,07
Atividade de água	0,92 ^a ±0,16	0,90 ^a ±0,16	0,90 ^a ±0,16

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo.

Carboidratos = (100% – somatório de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e fibras) (ANVISA, 2003b).

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (p < 0,05) entre as amostras.

*RDC N°54, NOV (ANVISA, 2012).

Segundo Fennema, Damodaran e Parkin (2010), o desenvolvimento de bolores e leveduras, é favorecido em produtos com atividade de água entre 0,800 e 0,880. Ferreira *et al.* (2016), encontraram 0,939 a 0,955 em pães de fôrma após sete dias de armazenamento, nesse tipo de produto a atividade de água é alta, por esse motivo, normalmente os produtos disponíveis no mercado possuem baixa vida de prateleira. As três formulações não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

Os resultados mostrados na tabela 22 ficaram próximos aos encontrados por Barbosa, Brondani e Farias (2013) que avaliaram pães de FT com substituição de 50% de FACC, comparados à uma formulação padrão sem FACC. Os resultados sem e com adição da FACC foram respectivamente: carboidratos (63,16%; 52,32%), cinzas (0,96%;1,34%); lipídeos (2,51%; 9,73%) e proteínas (5,32%; 9,96%); umidade (28,05%; 26,65%). Esses autores concluíram que em função do alto teor de lipídios somados aos carboidratos, os pães avaliados devem ser consumidos com moderação principalmente quando o objetivo for perda de peso corporal, devendo ser aliada à uma alimentação balanceada e a prática de exercícios físicos.

O teor de umidade dos pães reduziu em média 6,0% com adição de 30% de FACC. A maioria dos constituintes químicos dos pães aumentaram respectivamente com à adição de 20% de FACC e 30% de FACC: lipídios (2,78% e 6,79%), proteínas (27,98% e 31,45%), fibras alimentares totais (41,94% 61,29%) e valores calóricos (10,18 e 14,82%), enquanto os carboidratos foram reduzidos (11,92% e 12,33%).

Quanto aos teores de fibras a RDC nº 54 (ANVISA, 2012) determina que para o alimento ser classificado como contendo “alto conteúdo de fibras” deve ter, no mínimo, 5 g por porção e como “fonte de fibras”, pelo menos, 2,5 g.

6.3.8 Ácidos graxos

Os dados do perfil de ácidos graxos obtidos por cromatografia gasosa HPLC, estão apresentados na Tabela 24.

Tabela 23 – Ácidos graxos dos pães das pré-misturas de longa fermentação

Ácidos graxos % (*)	Pão 0%FACC 100%FT	Pão 20%FACC 80%FT	Pão 30%FACC 70%FT
Palmítico C16:0	5,9881 ^c ± 0,04	9,5220 ^a ± 0,02	9,1980 ^b ± 0,04
Esteárico C18:0	3,4262 ^a ± 0,04	4,7157 ^a ± 0,04	6,7145 ^a ± 0,04
Total de saturados	9,9322^a ± 0,00	14,5607^b ± 0,00	16,1135^b ± 0,00
Oléico C18:1 (n-9)	31,5585 ^c ± 0,00	56,7537 ^a ± 0,00	55,9496 ^b ± 0,00
Total de monoinsaturados	31,5585^c ± 0,00	56,7537^a ± 0,00	55,9496^b ± 0,00
Linoleico C18:2 (n-6)	57,3517 ^a ± 0,00	24,3544 ^c ± 0,00	26,1189 ^b ± 0,00
Linolênico C18:3 (n-3)	0,2908 ^a ± 0,00	0,2521 ^a ± 0,18	0,3251 ^a ± 0,00
Total de polinsaturados	57,6425^c ± 0,00	24,6065^a ± 0,00	26,444^b ± 0,00
Total de insaturados	89,2010^c ± 0,00	81,3602^a ± 0,00	82,3936^b ± 0,00
Total de não identificados	0,3689^b ± 0,00	2,1440^a ± 0,00	0,478^b ± 0,00
Total de quantidades insignificantes	1,0158^b ± 0,00	2,2581^a ± 0,00	1,2159^b ± 0,00
Saturados / insaturados	0,11	0,18	0,20
Ácido oleico / linoleico	0,55	2,33	2,14

Fonte: dados da pesquisa.

FACC: farinha de amêndoas de castanhas de caju; FT: farinha de trigo; AG: ácidos graxos.

Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) das amostras.

(*) percentuais de ácidos graxos baseados nos picos obtidos em relação aos totais de lipídios presentes nas amostras.

Em grãos de trigo foram encontrados 18% de ácido palmítico (C16:0), 15% de ácido oleico (C18:1), 63% de ácido linoleico (C18:2) e 4% de ácido linolênico (C18:3) sobre o percentual dos ácidos graxos encontrados (GONZÁLEZ, 2002).

Os ácidos graxos (AG) saturados palmítico e esteárico, e o monoinsaturado oleico (ω -9) foram identificados em maiores percentuais nos pães contendo a FACC, enquanto o polinsaturado linoleico (ω -6) ficou em maior proporção nos pães da pré-mistura com cem por cento de FT.

Enser *et al.* (1998), recomendaram um mínimo de 0,45 de relação entre ácidos graxos insaturados/saturados. Freitas e Naves (2010), encontraram a razão de AG sat / AG insat de 0,26 para a castanha de caju e de w6/w3 de 67,29 e, de w9/w6 de 18,84.

Em trigo, o ácido palmítico foi encontrado na proporção de 23% em relação ao total de AG. Segundo Santos *et al.* (2013), a recomendação de AG saturados (g) para uma ingestão calórica de 2000kcal/dia é de 22g. Dessa forma o consumo de 50 g de pães (2 fatias) das pré-misturas com 20% e 30% de FACC representariam 36,5% e 38,5% do consumo de AG saturados por dia e o AG esteárico 15,3% dessa ingestão calórica, no entanto, segundo Santos *et al.* (2013), esse AG saturado tem efeito neutro sobre a produção de colesterol.

O Regulamento Técnico sobre informação nutricional complementar (INC) da RDC Nº 54 (ANVISA, 2012) define que para constar na rotulagem, os produtos fontes de

ômega-3, deverão conter um mínimo de 300 mg de ácido α -linolênico ou mínimo de 40 mg da soma de EPA e DHA, e por 100 g ou 100 ml em pratos preparados conforme o caso.

6.3.9 Informação nutricional dos pães produzidos com as pré-misturas de longa fermentação selecionadas no DCC

O quadro 8 apresenta a informação nutricional dos pães produzidos com as pré-misturas selecionadas no DCC.

Quadro 4 – Informação Nutricional dos pães feitos com as pré-misturas selecionadas no DCC

CONSTITUENTES QUÍMICOS	INFORMAÇÃO NUTRICIONAL 0%FACC100%FT Porção:50g (2 fatias)	INFORMAÇÃO NUTRICIONAL 20%FACC80%FT Porção:50g (2 fatias)	INFORMAÇÃO NUTRICIONAL 30%FACC70%FT Porção:50g (2 fatias)	VD
Valor energético	158kcal	163kcal	182kcal	2000 kCal
Carboidratos	26,6g	23,4g	23,3g	300g
Proteínas	4,8g	6,1g	6,3g	50g
Gorduras totais	3,6g	4,8g	7,0g	55g
Gord. saturadas	1,1g	0,8g	1,1g	22g
Gord. Polins.w3	0,01g	0,02g	0,02g	-
Gord. Polins.w6	2,1g	1,2g	1,8g	-
Gord. Monoins.w9	1,2g	2,7g	4,0g	-
Gorduras trans	1,0g	Não contém	Não contém	-
Fibras Aliment.	1,6g	2,2	2,5	25g
Sódio	87,5mg	87,5mg	87,5mg	87,5mg

Fonte: dados da pesquisa.

Cálculos dos carboidratos e valores energéticos, RDC n° 360, 23 dez. (BRASIL, 2003).

Sódio (TACO, 2019).

Conforme o Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional, pães embalados e fatiados da RDC n° 359, de 23 de dezembro (ANVISA, 2003) os pães de fôrma devem apresentar rotulagem nutricional referente à porção de 50 gramas. Os pães com adição de 20% (8,9%) e 30% (8,3%) de FACC ficaram mais calóricos. O teor de carboidratos dos pães com 30% de FACC foi 23,8% maior e significativamente diferente ao da formulação padrão.

Os pães com 20% e 30% de FACC ficaram em 33,3% e 91,7% mais lipídios, 27,1% e 31,3% mais proteínas e 37,5% e 56,25% mais fibras, respectivamente, do que os pães da formulação padrão. Segundo a RDC n° 259 de setembro (ANVISA, 2002) deverão constar no rótulo as seguintes informações: os pães com 20% e 30% de FACC possuem alto conteúdo de proteínas (mínimo de 12 g de proteínas; /100 g) e conforme a RDC n° 54 de informação

nutricional e complementar, a expressão “Este não é um alimento baixo ou reduzido em valor energético” (ANVISA, 2012, p. 1-16). Os pães produzidos com as pré-misturas com FACC não contêm gorduras trans.

6.4 Conclusões

A interação entre as enzimas glucose oxidase e a xilanase apresentaram resultados satisfatórios na aditivação dos pães de longa fermentação, coerentes com a adição de 20% e 30% de farinha de amêndoas de castanhas de caju, com maiores aportes, proteico como substrato de ação da glucose oxidase que requereu menos dessa enzima, e de fibras como substrato de ação da xilanase que requereu maior adição.

As pré-misturas apresentaram resultados satisfatórios nos pães conferindo boa tolerância e expansão em situação crítica de longa fermentação que requer farinhas extra fortes, tendo em vista a diluição do glúten pela adição da farinha de castanha de caju.

A pré-mistura com 30% de FACC foi a mais adequada por produzir pães com mais fibras e proteínas. Tecnicamente a pré-mistura com 20% de FACC produziu pães com miolo mais macio e menor mastigabilidade.

As duas pré-misturas contém ômega-3 e bons teores de ômega-6 e ômega-9.

O armazenamento durante 90 dias não acarretou mudanças significativas nos padrões microbiológicos das amostras quanto aos bolores e leveduras.

Segundo o grupo focal avaliado, houve consenso entre os participantes que ainda não têm o hábito consolidado do preparo de pães em casa, no entanto, as pré-misturas com farinha de amêndoas de castanhas de caju podem incrementar as opções do mercado de panificação, com boa performance tecnológica e nutricional direcionadas às padarias e fábricas de pães de médio a grande porte.

Referências

AACC. **Method 02-02A**. Saint Paul: AACC, 1995. v. 1. Disponível em: <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 29 dez. 2017.

ABIMAPI. **Anuário 2019**. 3. ed. São Paulo: Editora definição, 2019.

ABIP. **Indicadores**: o que esperar da panificação e confeitaria brasileira em 2019. Brasília, DF: ABIP, 2019. Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/wp->

content/uploads/2019/02/RELATORIODETENDE%CC%82NCIAS2019.pdf. Acesso em: 15 abr. 2020.

ANVISA (Brasil). **Publicada norma sobre gordura trans em alimentos**. Brasília, DF: ANVISA, 26 dez. 2019. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/anvisa-aprova-controle-de-gordura-trans-em-alimentos/219201?p_p_auth=GOVR19ym&inheritRedirect=false. Acesso em: 22 jun. 2020.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 259, de 20 de setembro de 2002**. Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados. Brasília, DF: ANVISA, 2002. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0259_20_09_2002.html. Acesso em: 5 maio 2020.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Brasília, DF: ANVISA, 2005. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 5 maio 2020.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 332, de 23 de dezembro de 2019**. Define os requisitos para uso de gorduras trans industriais em alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-332-de-23-de-dezembro-de-2019-235332281>. Acesso em: 5 maio 2020.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 359, de 23 de dezembro de 2003**. Regulamento Técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. Brasília, DF: ANVISA, 2003a. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0359_23_12_2003.html. Acesso em: 3 abr. 2020.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Brasília, DF: ANVISA, 26 dez. 2003b. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0360_23_12_2003.html. Acesso em: 17 dez. 2019.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Regulamento Técnico Mercosul sobre informação nutricional: declarações de propriedades nutricionais. Brasília, DF: ANVISA, 2012. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/%2033880/2568070/rdc0054_12_11_2012.pdf/c5ac23fd-974e-4f2c-9fbc-48f7e0a31864. Acesso em: 17 dez. 2019.

AOAC. **Crude Fiber Analysis in Feeds By Filter Bag Technique**: method nº 991.43. Gaithersburg: AOAC, 2010. Disponível em: https://agronomy.ifas.ufl.edu/pdfs/crudefiber120606_2000.pdf. Acesso em: 10 dez. 2017.

AOAC. **Official methods of analysis**: method nº 960.552. 20. ed. Gaithersburg: AOAC, 2016.

AOAC. **Official methods of analysis**: method nº 981.12. 16th ed. Gaithersburg: AOAC, 1997.

AOCS. **Method 5-04 lipids analysis in feeds**. Aberdeen: AOCS, 2005.

ARAÚJO, N.; BARBOSA, R.; PIRES, V.; RAMOS, M. Elaboração de pães enriquecidos com farinha da amêndoa de castanha de caju (*anacardium occidentale* L.). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 52., 2012, Recife. **Anais eletrônicos** [...]. Rio de Janeiro: ABQ, 2012. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2012/trabalhos/10/112-13371.html>. Acesso em: 20 jan.2016.

BARBOSA, B. E. M.; BRONDANI, F. M. M.; FARIAS, G. J. Caracterização físico-química do pão de forma enriquecido com farinha de castanha de caju (*anacardium occidentale* l.) physico-chemical characterization of bread enriched with cashew nut (*anacardium occidentale* l.) flour. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, ano 4, v. 2, p. 49-64, jul./dez. 2013. Disponível em: <http://www.faema.edu.br/revistas/index.php/Revista-FAEMA/article/view/191>. Acesso em: 24 jan. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005**. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Brasília, DF: MAPA, 2005. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-8-2005_75598.html. Acesso em: 2 maio 2017.

CÂMARA, C. R. S. **Indicadores de qualidade de amêndoas de castanha de caju em pedaços durante o processo industrial**. Orientadora: Evânia Altina Teixeira de Figueiredo. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CARR, L. G. **Análises físicas, de textura e sensorial de pão francês pré-assado congelado**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da panificação**. 2. ed. Barueri: Manole, 2009. 418 p.

CHIARELI, C. A.; SILVA, J. C. da; MARCHIORI, J. M. G.; MELLO, M. H. G. de. Desenvolvimento de um bolo rico em fibras solúveis enriquecido com chia. **Revista Ciências Nutricionais**, Bebedouro, v. 1, n. 1, p. 46-52, 2017. Disponível em: <http://unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/cienciasnutricionaisonline/sumario/46/27032017152329.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2018.

ENSER, M. *et al.* Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. **Meat Science**, Amsterdam, v. 49, n. 3, p. 329-341, 1998.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Cienc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 802-806, 2005.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de fennema**. 4. ed. São Paulo: Editora Artmed, 2010.

FERREIRA, J. S.; PEREIRA, M. V. G.; ALMEIDA, R. D.; SANTOS, D. da C.; ALENCAR, D. D. de O.; LOPES, J. D. Avaliação da textura instrumental e atividade de água de pães enriquecidos com farinha do albedo de maracujá amarelo e farinha da casca da jabuticaba durante armazenamento. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: FAURGS, 2016. p. xx-xx. Disponível em: <https://docplayer.com.br/54123453-Palavras-chave-paciflora-edulis-f-flavicarpa-myrciaria-cauliflora-berg-alimentos-funcionais-produtos-de-panificacao-textura.html>. Acesso em: 3 maio 2018.

FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 269-279, mar./abr. 2010.

GAZOLLA, J.; GAZZOLA, R.; COELHO, C. H. M.; WANDNER, A. E.; CABRAL, J. E. O. A amêndoa da castanha-de-caju: composição e importância dos ácidos graxos – produção e comércio mundiais. *In*: CONGRESSO DA SOBER QUESTÕES AGRÁRIAS, EDUCAÇÃO NO CAMPO E DESENVOLVIMENTO, 14., Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: [s. n.], 2006.

GONZÁLEZ, M. J. C. **Industrias de cereales y derivados**. Madrid: Ediciones Mundi-prensa, 2002. (Colección tecnología de alimentos).

GUSMAO, R. P. de et al. Caracterização tecnológica de cookies produzidos com diferentes concentrações de farinha de algaroba durante armazenamento por 120 dias. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 21, p. 1-9, Feb. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11617>.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplast I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Arch. Biochem. Biophys.**, Amsterdam, v. 125, n. 2, p. 189-198, 1968.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos físicos e químicos para análises de alimentos. 3. ed. São Paulo: IAL, 1985. v. 1.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.

KRIAA, M.; OUHIBI, R.; GRABA, Héli; BESBES, Souhail; JARDAK, Mohamed; KAMMOUN, Radhouane. Efeito sinérgico da glicose oxidase de *Aspergillus tubingensis* CTM 507 na presença de ácido ascórbico e alfa amilase nas propriedades da

massa, qualidade de panificação e prazo de validade do pão. **J. Food Sci. Technol.**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 1259-1268, fev. 2015. DOI 10.1007 / s13197-015-2092-9.

KUHNERT, P., VENABLES, B. **An introduction to r**: software for statistical modelling & computing. Australia: CSIRO, 2005. 261 p.

LIMA, A. C.; GARCIA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 133-144, jan./jun. 2004. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/1185/986>. Acesso em: 12 nov. 2017.

LIMA, J. R.; GARRUTI, D. dos S.; MAGALHÃES, H. C. R.; NOBRE, A. C. de O. **Características e estabilidade de óleo de amêndoas de castanha-de-caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014. 17 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155342/1/BP-93.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2018.

LOALDI, P. **Pão feito em casa**. São Paulo: Escala, 2013.

MARTIN, C. A.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. Ácidos graxos *trans*: implicações nutricionais e fontes na dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, n. 17, v. 3, p. 361-368, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000300009>.

MARTINEZ, M. M. *et al.* Influence of marine hydrocolloids on extruded and native wheat flour pastes and gels. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 43, p. 172-179, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X14001957>. Acesso em: 2 dez. 2017.

MATUDA, T. G.; PARRA, D. F.; LUGAO, A. B.; TADINI, C. C. Influence of yeast and vegetable shortening on physical and texture parameters of frozen part baked french bread. **LWT– Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 38, p. 275-280, 2005. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/2005/10837.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2018.

MEDEIROS, M. C.; BARRETO, E. M. F.; CABRAL-FILHO, J. E.; COSTA, J. A.; NASCIMENTO, E.; BION, F. M.; SOARES, J. K. B.; VASCONSELOS, C. A. C.; PESSOA, D. C. N. P. Dieta hipolipídica durante duas gestações sucessivas altera cronologia do desenvolvimento reflexo e somático em ratos neonatos. **Neurobiologia**, Recife, v. 74, n. 1, p. 97-106, 2011.

MENSINK, R. P.; ZOCK, P. L., KESTER, A. D. M.; KATAN, M. B. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-Analysis of 60 Controlled Trials. **Am. J. Clin. Nutr.**, Oxford, v. 77, n. 5, p. 1146-55, May 2003. DOI: 10.1093/ajcn/77.5.1146.

MERÇON, F. O que é uma gordura trans? **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 178-182, 2010.

MIGUÉIS, S. C. **Perfis de ácidos gordos do músculo e cérebro de ratos wistar alimentados com dietas contendo níveis crescentes de conserva de sardinha**. 2010. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

NORONHA, João Freire. **Análise sensorial: cor dos alimentos**. Coimbra: Escola Superior Agrária de Coimbra, 2016.

OLIVEIRA, T. de S. **Microencapsulação e estabilidade oxidativa do óleo de castanha-do-Brasil [*Bertholletia excelsa*] com concentrados proteicos vegetais**. Orientadora: Ariane Mendonça Kluczkovski. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019. Disponível em: [https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/7523/7/Disserta%
PGCF.pdf](https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/7523/7/Disserta%c3%a7%c3%a3o_TamiresOliveira_PGCF.pdf). Acesso em: 18 mar. 2020.

REGO, R. A.; BUCIONE, A. O setor de ingredientes. *In*: VIALTA, Airton; REGO, Raul Amaral (ed.). **Brasil ingredients trends 2020**. 1. ed. Campinas: ITAL, 2016. cap. 1. Disponível em: <https://alimentacaoemfoco.org.br/wp-content/uploads/2016/11/Brasil-Ingredientes-Trends-2020.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2017.

RIBEIRO, A. P. B.; MOURA, J. M. L. N.; GRIMALDI, R.; GONÇALVES, L. A. G. Interesterificação química: alternativa para obtenção de gorduras zero trans. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1295-1300, 2007.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Perfil de ácidos graxos trans no óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciências e Tecnologia Alimentos**, Campinas, 24, 1, 27-31, 2004.

SANTOS, R. D.; GAGLIARDI, A. C. M.; XAVIER H. T.; MAGNONI, C. D.; CASSANI R.; LOTTENBERG A. M. *et al.* Sociedade Brasileira de Cardiologia. I diretriz sobre o consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 100, supl. 3, p. 1-40, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abc/v100n1s3/v100n1s3a01.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2020.

SARTORELLI, D. S.; FRANCO, L. J. Tendências do diabetes mellitus no Brasil: o papel da transição nutricional. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. S29-S36, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2003000700004>.

SCHERR, C.; RIBEIRO, J. P. O que o cardiologista precisa saber sobre gorduras trans. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 90, n. 1, p. e4-e7, 2008. DOI: <http://hdl.handle.net/10183/20831>.

SHINOHARA, N. K. S.; XIMENES, G. N. C.; CORTES, N. M. S.; SHINOHARA, G. M.; PADILHA, M. R. F. Pesquisa de Fungos em Farinha de Trigo Comercializada na Região Metropolitana do Recife-PE. **Revista Nutrição em Pauta**, São Paulo, v. 7, n. 39, p. 43-46, 2017.

SILVA, A. G.; PADILHA, B. M.; JOMORI, M. M. Zero trans: propagando práticas alimentares sem gordura trans. **Extensão em Debate**, Maceió, v. 3, n. 1, p. 96-113, jan./jul. 2019.

SILVA, D. R. B.; MIRANDA JÚNIOR, P. F.; SOARES, E. A. A importância dos ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa na gestação e lactação. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, Recife, v. 7, n. 2, p. 123-133, 2007.

SILVA, R. C. da; PINO, L. M.; SPOTO, M. H. F.; D'ARCE, M. A. B. R. Estabilidade oxidativa e sensorial de farinhas de trigo e fubá irradiados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 406-413, Apr./June 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000200018>.

STEFFOLANI, M. E.; RIBOTTA, P. D.; PÉREZ, G. T.; LEÓN, A. E. Combinations of glucose oxidase, α -amilase and xylanase affect dough properties and bread quality. **International Journal of Food Science and Technology**, Campinas, v. 47, n. 3, p. 525-534, 2012.

UNICAMP. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela brasileira de composição de alimentos TACO**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA, 2011. 161 p. Disponível em: http://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 12 dez. 2017.

WOLFF, R. L. *Cis-trans* isomerization of octadecatrienoic acids during heating. Study of pinolenic (*cis*-5, *cis*-9, *cis*-12 18:3) acid geometrical isomers in heated pine seed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 71, n. 10, p. 1129-1134, 1994.

ZAVAREZE, E. da R.; BIDUSKI, B.; DIAS, A. R. G. Principais ingredientes na panificação. *In*: DIAS, A. R. G.; COLUSSI, R.; ZAVAREZE, E. da R.; EL HALAL, S. L. M. **Ciência e tecnologia de panificação**. Pelotas: Cópia Santa Cruz, 2019. cap. 3, p. 85-114.

ZHU, S.; SUN, L.; LIU, M.; ZHOU, J. Effect of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant enzymes in kiwifruit during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Medford, v. 88, p. 2324-2331, 2008.

7 CONCLUSÃO

As pré-misturas de curta fermentação se destacaram quanto ao volume específico e à textura de pães, em relação às de longa fermentação e essa, em relação aos mixes com uso de melhorador de farinha comercial.

As pré-misturas com a farinha de amêndoas de castanhas de caju como substituta parcial de farinha de trigo e total de óleos e gorduras, produziram pães mais nutritivos, aromáticos e tecnologicamente viáveis em dois tipos de fermentação, podendo aumentar o leque de opções de ingredientes panificáveis em empresas de médio a grande porte.

Como sugestões para futuros trabalhos é interessante avaliar a estabilidade oxidativa em maior tempo de armazenamento, e desenvolver pré-misturas para pães com altos teores de gorduras, biscoitos, massas e produtos de confeitaria.

REFERÊNCIAS

ABIMAPI. **Anuário 2019**. 3. ed. São Paulo: Editora Definição, 2019.

ABIMAPI. **Como o brasileiro vai ter qualidade de vida em 2020?**: conheça as tendências que prometem ajudar. São Paulo: ABIMAPI, 3 mar. 2017. Disponível em: <https://abimapi.com.br/noticias-detalle.php?i=Mzk1OQ==>. Acesso em: 6 mar. 2020.

ABIMAPI. **Pães e bolos industrializados**. São Paulo: ABIMAPI, 2020. Disponível em: <https://www.abimapi.com.br/estatisticas-paes-e-bolos.php>. Acesso em: 13 mai. 2020.

ABITRIGO. **Consumo percapta de farinhas em 2019**. São Paulo: ABITRIGO, 2020. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/estatisticas-abitrigo/trigo-e-a-farinha-no-mundo/.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2020.

ADRIAN, J.; POIFFAIT, A. Caractéristiques et intérêt des enzymes. **Indus. Cérééal**, Paris, n. 96, p. 3-6, jan./mar. 1996.

ALENCAR, N. dos S.; GONÇALVES, J. F.; OLIVEIRA, E, A. F. de; LUCENA, T. C. de.; SOUSA, R. M. de. Produção da castanha de caju nas microrregiões do Ceará no período de 1993 a 2016. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 103-116, 2018.

AMORIM, M.; PEREIRA, J. O.; SILVA, L. B.; ORMENESE, R. C. S. C.; PACHECO, M. T. B.; PINTADO, M. Use of whey peptide fraction in coated cashew nut as functional ingredient and salt replacer. **LWT – Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 92, p. 204-421, jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.075>.

ANVISA (Brasil). **Publicada norma sobre gordura trans em alimentos**. Brasília, DF: ANVISA, 26 dez. 2019. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/anvisa-aprova-controle-de-gordura-trans-em-alimentos/219201?p_p_auth=GOVR19ym&inheritRedirect=false. Acesso em: 22 jun. 2020.

ANVISA (Brasil). **Resolução n. 240, de 26 de julho de 2018**. Alimentos e embalagens dispensados da obrigatoriedade de registro sanitário, os aditivos alimentares. Brasília, DF: ANVISA, 2018. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/34379904/do1-2018-07-27-resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-240-de-26-de-julho-de-2018-34379893. Acesso em: 9 mar. 2019.

ANVISA (Brasil). **Resolução n. 26, de 26 de maio de 2009**. Aprova a lista de enzimas permitidas para uso em alimentos destinados ao consumo humano conforme a sua origem. Brasília, DF: ANVISA, 2009. Disponível em: <https://alimentosconsultoria.com.br/wp-content/uploads/2016/07/RDC-26-2009-ANEXO-DA-RDC-53-2014.pdf>. Acesso em: 8 maio 2018.

ANVISA (Brasil). **Resolução n. 53, de 7 de outubro de 2014**. Dispõe sobre a lista de enzimas, aditivos alimentares e veículos autorizados em preparações enzimáticas para uso na produção de alimentos em geral. Brasília, DF: ANVISA, 2014. Disponível em:

http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/Resolu%25C3%25A7%25C3%25A3o%2BRDC%2Bn.%2B53_2014_Lista%2Bde%2Benzimas.pdf/680b654b-2bab-4571-a498-d77dd1cec8c4. Acesso em: 8 jun. 2019.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Brasília, DF: ANVISA, 2005a. Disponível em:

<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjI%20wMw%2C%2C>. Acesso em: 7 dez. 2019.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 273, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para misturas para o preparo de alimentos e alimentos prontos para o consumo. Brasília, DF: ANVISA, 2005b. Disponível em:

https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0273_22_09_2005.html. Acesso em: 9 set. 2019.

ANVISA (Brasil). **Resolução nº 332, de 23 de dezembro de 2019**. Define os requisitos para uso de gorduras trans industriais em alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-332-de-23-de-dezembro-de-2019-235332281>. Acesso em: 5 maio 2020.

ANVISA (Brasil). **Resolução-rdc nº 269, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (idr) de proteína, vitaminas e minerais”, constante do anexo desta resolução. Brasília, DF: ANVISA, 2005c. Disponível em:

http://www.lex.com.br/doc_514677_RESOLUCAO_RDC_N_269_DE_22_DE_SETEMBRO_DE_2005.aspx. Acesso em: 9 set. 2019.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 596 p.

BALISTEIRO, D. M.; ARAUJO, R. L.; GIACAGLIA, L. R.; GENOVESE, M. I. Effect of clarified Brazilian native fruit juices on postprandial glycemia in healthy subjects. **Food Research International**, [s. l.], v. 100, n. 2, p. 196-203, 2017.

BARBOSA, B. E. M.; BRONDANI, F. M. M.; FARIAS, G. J. Caracterização físico-química do pão de forma enriquecido com farinha de castanha de caju (*anacardium occidentale l.*) physico-chemical characterization of bread enriched with cashew nut (*anacardium occidentale l.*) flour. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, ano 4, v. 2, p. 49-64, jul./dez. 2013. Disponível em:

<http://www.faema.edu.br/revistas/index.php/Revista-FAEMA/article/view/191>. Acesso em: 24 jan. 2018.

BELITZ, H.-D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food chemistry**. 4th. ed. Berlin: Springer-Verlag, 2009.

BRAINER, M. S. de C. P.; VIDAL, M. de F. Cajucultura nordestina em recuperação. **ETENE Agronegócio**, Fortaleza, ano 3. n. 54, p. 1- 13, nov. 2018. Disponível em:

https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4141162/54_caju.pdf/95e65093-50e1-b48d-ab01-15f3a8f690b4. Acesso em: 9 jan. 2020.

BRANDÃO, S. S.; LIRA, H. de L. **Técnico em alimentos: tecnologia de panificação e confeitaria**. Recife: EDUFRPE, 2011. Disponível em: http://www.abip.org.br/site/wpcontent/uploads/2016/03/Tecnologia_de_Panificacao_e_Confeitaria.pdf. Acesso em: 7 jan. 2018.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 2, de 06 de fevereiro de**. Aprova o regulamento técnico da amêndoa da castanha de caju. Brasília, DF: MAPA, 2017. Disponível em: <https://alimentusconsultoria.com.br/instrucao-normativa-2-fev-2017/>. Acesso em: 17 maio 2018.

BURCH, D.; LAWRENCE, G. The “Wellness” phenomenon: implications for global agri-food systems. In: LAWRENCE, G.; LYONS, K.; WALLINGTON, T. (org.). **Food security nutrition and sustainability**. Londres: Earthscan, 2010. p. 175-187.

CALDEIRA, N. Q. N. *et al.* Diversidade de trigo, tipificação de farinhas e genotipagem. **Rev. Biotec. Cien. Desenv.**, Brasília, DF, v. 3, n. 16, p. 44-48, 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000093&pid=S0101-2061200800010003100007&lng=pt. Acesso em: 1 dez. 2017.

CANELLA-RAWLS, S. **Espessantes na confeitaria: texturas e sabores**. 4. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2014.

CARVALHO JÚNIOR, Divanildo. Emulsificantes aplicados em panificação e confeitaria. **Revista Aditivos e Ingredientes**, São Paulo, p. 73-76, 2016. Disponível em: https://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201606/2016060177016001466434329.pdf. Acesso em: 23 set. 2019.

CARVALHO, J. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; LUNA, F. M. T.; MAIA, G. A. Cashew nut oil: effect of kernel grade and a microwave preheating extraction step on chemical composition, oxidative stability and bioactivity. **International Journal of Food Science & Technology**, London, v. 53, p. 1-8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13665>.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da panificação**. 2. ed. Barueri: Manole, 2009.

COELHO, M. S. **Pão enriquecido com chia (*salvia hispanica L.*): desenvolvimento de um produto funcional**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Porto Alegre, 2014.

COLLINS, T.; HOYOUX, A.; DUTRON, A.; GEORIS, J.; GENOT, B.; DAUVRIN, T.; ARNAUT, F.; GERDAY, C.; FELLER G. Use of glycoside hydrolase family 8 xylanases in baking. **J. Cereal Sci.**, Amsterdam, v. 43, p. 79-84, 2006.

CONAB. **Relatório: castanha de caju**. Período: setembro/2016 a setembro/2017. Brasília, DF: CONAB, 2017. Disponível em: http://www.conab.gov.br/olalacms/uploads/arquivos/17_10_16_17_56_35_castanha_caju_ceara_conjuntura_setembro_2017.pdf. Acesso em: 30 dez. 2017.

DALL'ASTA, C.; CIRLINI, M.; MORINI, E.; RINALDI, M.; GANINO, T.; CHIAVARO, E. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread-making. **LWT – Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, p. 233-239, Sept. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643813000819>. Acesso em: 18 jan. 2018.

DEMIRKESEN, I.; CAMPANELLA, O. H.; SUMNU, G.; SAHIN, S.; HAMAKER, B. R. A study on staling characteristics of gluten-free breads prepared with chestnut and rice flours. **Food and Bioprocess Technology**, Berlin, v. 7. n. 3, p. 806-820, Mar. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236169745_A_Study_on_Staling_Characteristics_of_Gluten-Free_Breads_Prepared_with_Chestnut_and_Rice_Flours. Acesso em: 5 abr. 2019.

DENDY, D. A. V.; DOBRASZCZYK, B. J. **Cereales y productos derivados: química y tecnología**. Zaragoza: Editorial Acirbia, 2001.

DIAS, A. R. G.; COLUSSI, R.; ZAVAREZE, E. da R.; EL HALAL, S. L. M. (org.). **Ciência e Tecnologia de Panificação**. Pelotas: Cópia Santa Cruz, 2019.

DRAPRON, R. Présentation du thème: catalyse enzymatique et panification. **Industries des Céréales**, Paris, n. 96, p. 2, jan./mar. 1996.

DUBOIS, M. Les farines: caractérisation des farines e des pâtes. **Industries des Céréales**, Paris, n. 97, p. 19-30, avr./juin 1996.

EL-DASH, A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000087&pid=S0103-8478200200050002100006&lng=pt. Acesso em: 30 dez. 2017.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. (ed.). **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e milho na produção de pães**. Brasília, DF: EMBRAPA, 1994. v. 2.

ENSER, M. *et al.* Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. **Meat Science**, Amsterdam, v. 49, n. 3, p. 329-341, 1998.

FAO; OPAS. **2017 2016 América Latina e o Caribe: panorama da segurança alimentar e nutricional: sistemas alimentares sustentáveis para acabar com a fome e a má nutrição: sumário executivo**. Santiago: FAO: OPAS, 2017.

FAO; WHO. **Sustainable healthy diets: guiding principles**. Rome: FAO: OMS, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4060/CA6640EN>. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca6640en/>. Acesso em: 5 jan. 2020.

FARONI, L. R. D. *et al.* Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2007. Disponível em: <http://www.sidalc.net/cgi->

in/wxis.exe/?IsisScript=SCBR.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=0 19984. Acesso em: 10 jan. 2017.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

GAZZOLA, J.; DEPIN, M. H. Associação entre consumo de gordura trans e o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (DCV). **R. Eletr. de Extensão**, Florianópolis, v. 12, n. 20, p. 90-102, 2015.

GISSLEN, W. **Panificação e confeitaria profissionais**. 5. ed. São Paulo: Manole, 2011.

GONZÁLEZ, M. J. C. **Industrias de cereales y derivados**. Madrid: AMV Ediciones: Mundi-Prensa, 2002.

GROSJEAN F.; BARRIER-GUILLOT, B. Les polysaccharides non amyliques des céréales. **Industries des Céréales**, Paris, n. 98, p. 13-33, 1996. Disponível em: <https://www.aemic.com/blog/article/les-polysaccharides-non-amyliques-des-cereales.html>. Acesso em: 20 mar. 2018.

HAARD, N. F. Características de los tejidos vegetales comestibles. *In*: FENNEMA, O. R. (ed.). **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. p. 966-967.

HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 2nd ed. St. Paulo: American Association of Cereal Chemists, 1998. 378 p.

IBGE. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JACKEL, S. S. The importance of oxidation in breadmaking, **Baker's Digest**, Redwood City, v. 51, n. 2, p. 39-43, 1977.

JAEKEL, L. Z.; SILVA, C. B. da; STEEL, C. J.; CHANG, Y. K. Influência da adição de xilanase nas características de pão de forma preparado com farinha de trigo comum ou farinha de trigo de grão inteiro. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, ano 32, p. 844-849, out./dez. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612012000400030&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 11 nov. 2017

KLUCZKOVSKI, A. M.; MARTINS, M. **Cashew nuts**. Manaus: Elsevier, 2016.

KROSS, R. K. **Processamento de amêndoas de castanha de caju: secagem, extração e estabilidade do azeite**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002. Disponível em: http://www.prodep.cct.ufcg.edu.br/teses/Robert_KK_2008.pdf. Acesso em: 10 dez. 2017.

LASSOUED, N.; DELARUE, J.; LAUDNAY, B.; MICHON, C. Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. **Journal Cereal Science**, Amsterdam, v. 48, n. 1, p. 133-143, 2008.

LIMA, G. A. de S. **Panorama da cajucultura no Ceará**. Brasília, DF: CONAB, 2017. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_09_14_35_39_cajucultura_no_ceara_-_2017.pdf. Acesso em: 12 nov. 2017.

LINDLEY, M. **The future of fat reduction and replacement in food and drinks**. London: Businnes Insights, 2011.

LOALDI, P. **Pão feito em casa**. São Paulo: Escala, 2013.

LOPES, A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; MONTENEGRO, F. M.; FERREIRA JÚNIOR, P. G. Influência do uso simultâneo de ácido ascórbico e azodicarbonamida na qualidade do pão francês. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 2, pP. 307-312, Apr./June 2007.

MARTIN, C. A.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. Ácidos graxos *trans*: implicações nutricionais e fontes na dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, n. 17, v. 3, p. 361-368, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000300009>.

MEDEIROS, M. M. L.; JUCA, D. L.; SOUZA, A. P. G.; MEDEIROS, S. R. A. Pão com cogumelos shimeji de cor salmão – Guaramiranga-CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GASTRONOMIA, CIÊNCIA E CULTURA ALIMENTAR, 2017, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Fábrica de Negócios, 2017. p. 180-181. 1 *E-book*.

MEDEIROS, M. M. L.; PAULA, A. I. A.; VASCONCELOS, M. M. C. Avaliação da aceitabilidade de pães tipo doces elaborados com polpa e casca de manga: aparência, sabor e aceitação geral. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GASTRONOMIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2013. **Anais [...]**. Fortaleza: [s. n.], 2013.

MERÇON, F. O que é uma gordura trans? **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 178-182, 2010.

MIRANDA, M. Z. de. Ingrediente funcional e pré-mistura com farinha de trigo. **Revista Eletrônica Página Rural**, [s. l.], 22 maio 2009. Disponível em: <http://www.paginarural.com.br/artigo/1893/ingrediente-funcional-e-pre-mistura-com-farinha-de-trigo>. Acesso em: 22 dez. 2017.

MORAIS, A. C. da S.; RODRIGUES, M. do C. P.; REBOUÇAS, M. C.; PENHA, M. F. A. da. Seleção de julgadores e avaliação de diferença sensorial entre extratos hidrossolúveis da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale L*). **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 2, p. 281-288, jul./dez. 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/20442/1370>. Acesso em: 22 dez. 2017.

MULDER, K.; FERDINANDS, A. R.; RICHARDSON, K. J.; INNIS, S. M. Sources of trans and saturated fatty acids in the diets of Vancouver children. **Canadian Journal of Dietetic Practice and Research**, Toronto, v. 74, n. 1, p. 7-13, 2013.

NAVÉOS, S.; SKIBA, F.; SOUPLY, F.; BAR L'HELGOUACH, C.; MOUSQUES-CAMI, V. Le pain, vecteur de fibres alimentaires. **Industries des Céréales**, Paris, v. 152, p. 16-21, 2007.

NIONELLI, L.; WANG, Y.; PONTONIO, E.; IMMONEN, M.; RIZZELLO, G. G.; MAINA, H. N.; KATINA, K.; CODA, R. Antifungal effect of bioprocessed surplus bread as ingredients for bread making: identification of active compounds and impact on shelf-life. **Food Control**, Amsterdam, v. 118, p. 107437, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107437>.

PACIULLI, M. *et al.* Adição de farinha de castanha no pão comercial sem glúten: estudo de vida útil. Chestnut flour addition in commercial gluten-free bread: A shelf-life study. **LWT – Food Science and Technology**, Amsterdã, v. 70, p. 88-95, 2016. Disponível em: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-7252f1f9-b9ec-3450-8e38-4c630961ec5f>. Acesso em: 20 dez. 2016.

PAVANELLI, A. P. **Aditivos para panificação**: conceitos e funcionalidade. São Paulo: Oxiten Indústria e Comércio, 2000. 6 p.

POTUS, J. *et al.* Les hydrolases em panification. **Industrie des Céréales**, Paris, n. 96, p. 7-12, jan./mar. 1996.

RANUM, P. Potassium bromate in bread baking, **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 37, n. 3, p. 253-258, Mar. 1992.

REGO, R. A.; BUCIONE, A. O setor de ingredientes. In: VIALTA, A.; REGO, R. A. (ed.). **Brasil ingredients trends 2020**. 1. ed. Campinas: ITAL, 2014. cap. 1. Disponível em: <https://alimentacaoemfoco.org.br/wp-content/uploads/2016/11/Brasil-Ingredientes-Trends-2020.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2017.

REGO, R. A.; VIALTA, A.; MADI, L. F. C. (ed.). **Pães industrializados**: nutrição e praticidade com segurança e sustentabilidade. 1. ed. São Paulo: Abimapi/Ital, 2020. 32 p.

SALES, A. M.; VITTI, P. Estudo preliminar sobre propriedades tecnológicas de panificação da farinha mista de trigo e amaranto. **Col. Ital.**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 49-53, 1987.

SANTOS, O. V. dos. **Estudo das potencialidades da castanha-do-brasil**: produtos e subprodutos. Orientadora: Suzana Caetano da Silva Lannes. 2012. Tese (Doutorado em em Tecnologia Bioquímico-Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-10092012-110036/publico/Tese_Orquidea_Vasconcelos_dos_Santos.pdf. Acesso: 17 abr. 2020.

SANTOS, R. C. O valor energético dos alimentos: exemplo de uma determinação experimental, usando calorimetria de combustão. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 220-224, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000100038&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 jan. 2017.

SANTOS, R. D. *et al.* I diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 100, supl. 3, p. 1-40, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abc/v100n1s3/v100n1s3a01.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2020.

SARTORELLI, D. S.; FRANCO, L. J. Tendências do diabetes mellitus no Brasil: o papel da transição nutricional. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. S29-S36, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2003000700004>.

SAULNIER, L.; GUILLON, F.; SADO P. E.; ROUAU, X. **Plant cell wall polysaccharides in storage organs: xylans (food applications)**. [S. l.]: Elsevier, 2007.

SCHERR, C.; RIBEIRO, J. P. O que o cardiologista precisa saber sobre gorduras trans. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 90, n. 1, p. e4-e7, 2008.

SEBRAE. **Estudo de mercado: indústria: panificação**. Rio de Janeiro: Ed. SENAC, 2017. Disponível em: <https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Ind%C3%BAstria%20da%20panifica%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 19 out. 2018.

SENAC DN. **O pão na mesa brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Senac Nacional. 2005.

SILVA, A. G.; PADILHA, B. M.; JOMORI, M. M. Zero trans: propagando práticas alimentares sem gordura trans. **Extensão em Debate**, Maceió, v. 3, n. 1, p. 96-113, jan./jul. 2019.

SILVEIRA, L. **O pão e sua importância na dieta**. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <http://liberal.com.br/revista-1/sabores/o-pao-e-sua-importancia-na-dieta-679221/>. Acesso em: 29 dez. 2017.

TAGLE, M. A. **Nutrição**. São Paulo: Artes Médicas, 1981.

TEJERO, F. Los emulsionantes en la panificación. **Molineria y Panadería**, Pinerolo, n. 103, p. 50-52, fev. 1996.

TREVIZAN, L.; KESSLER, A. de M. Lipídeos na nutrição de cães e gatos: metabolismo, fontes e uso em dietas práticas e terapêuticas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Sociedade Brasileira de Zootecnia. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, MG, v. 38, supl. esp., p. 15-25, 2009. Disponível em: www.sbz.org.br. Acesso em: 12 abr. 2019.

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

VIEIRA, J. C.; MONTENEGRO, F. M.; LOPES, A. S.; PENA, R. da S. influência da adição de fécula de mandioca nas características do pão tipo chá. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 37-48, jan./jun. 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/17895/0>. Acesso em: 10 mar. 2020.

VILLARINO, C. B. J.; JAYASENA, V.; COOREY, R.; CHAKRABARTI-BELL, S.; FOLEY, R.; FANNING, K.; JOHNSON, S. K. The effects of lupin (*Lupinus angustifolius*) addition to

wheat bread on its nutritional, phytochemical and bioactive composition and protein quality. **Food Research International**, Amsterdam, v. 76, p. 58-65, 2015.

WHO. **Protein and amino acid requirements in human nutrition**. Geneva: WHO, 2007.

Disponível em:

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43411/WHO_TRS_935_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 7 maio 2018.

WIESIR, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiol.**, Illinois, v. 24, n. 2, p. 115-119, 2007.

WILLIAMS, T.; PULLEN, G. Ingredientes funcionais. *In*: CAUVAIN, Stanley. P.; YOUNG, Linda. S. **Tecnologia da panificação**. 2. ed. Barueri: Manole, 2009. cap. 3.

WOLFF, R. L. *Cis-trans* isomerization of octadecatrienoic acids during heating. Study of pinolenic (*cis*-5, *cis*-9, *cis*-12 18:3) acid geometrical isomers in heated pine seed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 71, n. 10, p. 1129-1134, 1994.

YOUNG, V. R.; REEDS, P. J. Nutrição e metabolismo das proteínas e dos aminoácidos. *In*: GIBNEY, M. J.; LANHAM-NEW, S.; CASSIDY, A.; VORSTER, H. H. (ed.). **Introdução à nutrição humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

ZAVAREZE, E. da R.; BIDUSKI, B.; DIAS, A. R. G. Principais ingredientes na panificação. *In*: DIAS, A. R. G.; COLUSSI, R.; ZAVAREZE, E. da R.; EL HALAL, S. L. M. **Ciência e tecnologia de panificação**. Pelotas: Cópia Santa Cruz, 2019. cap. 3, p. 85-114.

**APÊNDICE A – FOTOS DA BAINHA, PECÍOLO, FOLHAS, FLORES, PEDÚNCULO
E DA CASTANHA DE CAJU, *IN NATURA***

Figura 8 – Fotos da bainha, pecíolo, folhas, flores, pedúnculo e a castanha de caju da castanha de caju, *in natura*



Fonte: colhidos e fotografada pela autora

APÊNDICE B – FOTO DA *EXSICATA* REGISTRADA NO HERBÁRIO PRISCO
BEZERRA

Figura 9 – Foto da *exsicata* registrada no Herbario Prisco Bezerra



Fonte: Bezerra (2019).

**APÊNDICE C – QUESTIONARIO DO PERFIL DOS PARTICIPANTES DO GRUPO
FOCAL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
Centro de Ciências Agrárias
Departamento de Engenharia de Alimentos
Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

GRUPO FOCAL

Nome: _____

Faixa etária entre

18 e 25 anos () 26 e 35 anos () 36 e 56 anos () maior de 57 anos ()

Sexo:

Feminino () Masculino ()

Escolaridade:

Ensino médio () Graduação () Pós graduação ()

É alérgico ao glúten?

sim () não ()

É alérgico à amêndoas de castanhas de caju?

sim () não ()

Gosta de pão de forma?

sim () não ()

Consome pão de forma com que frequência?

diariamente () semanalmente () mensalmente () trimestralmente () nunca ()

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO APLICADO NO GRUPO FOCAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
Centro de Ciências Agrárias
Departamento de Engenharia de Alimentos
Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

GRUPO FOCAL**PÃO DE FORMA PREPARADO COM PRÉ-MISTURA**

- 1) Vocês gostam/consomem pão de forma?
- 2) Em que situação e lugar vocês consomem pão de forma?
- 3) Quais benefícios esses pães proporcionam?
- 4) Já Consumiram ou conhecem pão com outras farinhas além da farinha de trigo?
- 5) Conhecem ou já consumiram pão (es) feito com farinha de castanha de caju?
- 6) Quais atributos importantes vocês acham que um pão de forma deve ter?
- 7) O que vocês esperam do sabor de um pão de fôrma com farinha de castanha de caju?
- 8) E o odor?
- 9) Qual a expectativa de vocês quanto à cor do miolo de um pão de forma com farinha de castanha de caju?
- 10) Quanto ao formato da fatia do pão, quais características vocês esperam encontrar?
- 11) A estrutura dos alvéolos do pão, na sua percepção é importante?
- 12) Vocês preferem que esses alvéolos sejam pequenos, grandes, uniformes?
- 13) Vocês sabem o que é uma pré-mistura para pães?
- 14) Quais as vantagens de se usar pré-mistura para pães?
- 15) Vocês comprariam uma pré-mistura para pão de forma para preparar o pão em casa?
- 16) Comprariam um pão mais caro sabendo dos seus benefícios?
- 17) Há algum receio no consumo de um novo tipo de pão?