



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

MARCOS VENÂNCES DE SOUZA LEÃO

**UM ESTUDO ABRANGENTE DOS FRUTOS DE *Moringa oleifera* (Lam) E SUA
RELEVÂNCIA NO ENRIQUECIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS PARA
MELHORAMENTO NUTRICIONAL**

FORTALEZA

2022

MARCOS VENÂNCES DE SOUZA LEÃO

UM ESTUDO ABRANGENTE DOS FRUTOS DE *Moringa oleifera* (Lam) E SUA
RELEVÂNCIA NO ENRIQUECIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS PARA
MELHORAMENTO NUTRICIONAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Produtos de Origem Vegetal.

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

Coorientadora: Prof.^a Dra. Marjory Holanda Lima Araújo.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L477c Leão, Marcos Venâncs de Souza.
Um estudo abrangente dos frutos de Moringa oleifera (Lam) e sua relevância no enriquecimento de massas alimentícias para melhoramento nutricional / Marcos Venâncs de Souza Leão. – 2023.
122 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Dorasílvia Ferreira Pontes.
Coorientação: Prof. Dr. Marjory Lima Holanda Araújo.
1. Compostos bioativos. 2. Toxicidade. 3. Reologia. 4. Propriedades tecnológicas.. I. Título.
CDD 664
-

MARCOS VENÂNCES DE SOUZA LEÃO

UM ESTUDO ABRANGENTE DOS FRUTOS DE *Moringa oleifera* (Lam) E SUA
RELEVÂNCIA NO ENRIQUECIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS PARA
MELHORAMENTO NUTRICIONAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Produtos de Origem Vegetal.

Aprovada em: 16/08/2022

BANCA EXAMINADORA

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

Prof.^a Dra. Marjory Lima Holanda Araújo (Co-orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Márcia Maria Leal Medeiros
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

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

Prof.^a Dra. Mary Anne Medeiros Bandeira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

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

Prof.^a Dra. Patrícia Beltrão Lessa Constant
Universidade Federal de Sergipe (UFS)

A Deus.

Aos meus pais, Francisco e Maria.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de doutorado concedida.

À Biblioteca Central da Universidade Federal do Ceará.

Ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI).

À Central Analítica - UFC (financiada pelos programas Finep – CT - INFRA, Pró-Equipamentos CAPES, e MCTI-CNPq-SisNano2.0).

À Prof.^a Dra. Dorasilvia Ferreira Pontes, pela orientação, amizade, apoio, ensinamentos e incentivo incansável pela pesquisa na área de tecnologia de alimentos.

À Prof.^a Dra. Márjory Holanda, pela co-orientação e disponibilização do Laboratório de Biotecnologia de Algas e Bioprocessos – UFC.

À Prof.^a Dra. Márcia Leal, pela amizade, sugestões e por compartilhar seus conhecimentos na área de Tecnologia de Cereais.

À Prof.^a Dra. Maria Nilka pela amizade, sugestões e disponibilidade em contribuir com este trabalho.

À Prof.^a Dra. Mary Anne Bandeira, pela amizade e disponibilização da coleta de material no Horto de Plantas Medicinais Prof. Francisco José de Abreu Matos e disponibilização do Laboratório de Produtos Naturais – UFC.

À Prof.^a Dra. Stella Arcanjo pela disponibilidade em participar da banca examinadora.

À Prof.^a Dra. Patrícia Constant pela disponibilidade em participar da banca examinadora.

Ao Prof. Dr. Luan Freitas, pela amizade e auxílio nas análises realizadas no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos.

Às professoras Dra. Goretti Vasconcelos, Dra. Kaline Almeida, Dra. Larissa Morais e Dra. Lucicléia Torres e ao professor Dr. Rafael Zambelli pelas análises realizadas nos laboratórios sob suas coordenações.

Ao Prof. Dr. Francisco José de Abreu Matos (*in memoriam*), à Prof.^a Maria da Pompéia Pires Cavalcante (*in memoriam*), por despertarem em mim o interesse pela pesquisa.

À Dra. Ídila Maria e ao Dr. Hilton Magalhães, pelo uso do Laboratório de Físico-Química de Alimentos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.

À Dra. Patrícia Garcia, pelo auxílio nas análises realizadas no Laboratório de Produtos Naturais – UFC.

A Dra. Luciana Gama, pela amizade e auxílio nas análises realizadas no Laboratório de Biomateriais Alimentícios.

Ao Engenheiro Agrônomo Augusto Almeida, pela amizade e colaboração neste trabalho.

À Engenheira de Alimentos Rejane Albuquerque, pela amizade e colaboração nas análises.

À Engenheira de Alimentos Claudilane Pontes pela amizade, auxílio nas análises e sugestões para melhoria deste trabalho.

À Farmacêutica Kellen Miranda pela amizade, sugestões e auxílio nas análises no Laboratório de Produtos Naturais – UFC.

Ao Químico Francisco de Sales, pela amizade e auxílio na coleta do material para pesquisa.

À Química Industrial Amélia Freire pela amizade e auxílio nas análises realizadas no Laboratório de Produtos Naturais – UFC.

Ao Farmacêutico Igor Lima, pelo auxílio prestado nas etapas finais deste trabalho.

Aos companheiros e amigos da pós-graduação no LABCERT, Leiliane, Isabel, Yago e Cristiano pela amizade, boa convivência, sugestões e inestimável colaboração para a realização deste trabalho.

Aos bolsistas do Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos Adrielle, Nayara, Marla, Gabriela, Lucas e Alane, pelo auxílio nas análises.

Ao meu pai Francisco de Assis e minha mãe Maria.

A meus irmãos Adriano e Polliana pelo apoio durante essa jornada.

Aos servidores e funcionários do Departamento de Engenharia de Alimentos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

“A ciência sem a religião é manca, a religião sem a ciência é cega” (ALBERT EINSTEIN)

RESUMO

A espécie *Moringa oleifera* (Lam.) possui elevados teores de constituintes com relevância nutricional, em suas folhas, frutos e sementes, o que lhe confere grande potencial como adjuvante na elaboração de produtos alimentícios enriquecidos. De acordo com a Legislação Brasileira, massa alimentícia, é o produto obtido a partir da mistura e amassamento da farinha ou sêmola do trigo com água, e adição ou não, de outras substâncias permitidas. O presente estudo objetivou verificar a toxicidade na farinha dos frutos da moringa, avaliar os aspectos tecnológicos da farinha de trigo e das farinhas mistas, desenvolver massas alimentícias enriquecidas (MAE's), com melhoria de seu valor nutricional e incorporação de compostos bioativos. As amostras foram analisadas quanto a citotoxicidade e toxicidade, composição centesimal, pH, acidez titulável, atividade de água, parâmetros de cor, perfil lipídico, composição mineral por MEV-EDS, propriedades tecnológicas, propriedades reológicas, presença de compostos bioativos e avaliação da qualidade tecnológica. Os resultados mostraram que não foi observada citotoxicidade em cultura de neutrófilos humanos e nem indicadores de toxicidade aguda para a espécie de microcrustáceo *Artemia salina*. Propriedades importantes quanto ao aspecto tecnológico das massas, foram alteradas com a adição de farinha da vagem da moringa (FVM) à farinha de trigo, notadamente os parâmetros de cor, atividade de água, umidade, *falling number*, amido danificado, teores de glúten (úmido, seco e *index*), absorção de água, estabilidade, tenacidade e extensibilidade. Observou-se que as formulações adicionadas de FVM apresentaram aumento significativo da fração mineral, fibras dietéticas e na concentração de compostos fenólicos totais, flavonoides, e dos carotenoides β -caroteno e licopeno. Os testes de qualidade tecnológica apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre todas as amostras, com redução do tempo de cozimento, perda de sólidos e aumento de peso e volume para as massas adicionadas de FVM. Conclui-se que a FVM se apresenta segura quanto ao aspecto toxicológico e que sua adição nos percentuais de 15% e 20% em substituição à farinha de trigo, conferiu importante ganho nutricional aos produtos, acrescentou compostos bioativos às massas, quando comparadas aos produtos convencionais e embora tenha conferido alterações significativas nas propriedades tecnológicas, não inviabilizou a elaboração destes produtos em escala laboratorial.

Palavras-chave: compostos bioativos; toxicidade; reologia; propriedades tecnológicas.

ABSTRACT

The species *Moringa oleifera* (Lam.) has high levels of constituents with nutritional relevance in its leaves, fruits and seeds, which gives it great potential as an adjuvant in the preparation of enriched food products. According to Brazilian legislation, pasta is the product obtained from mixing and kneading wheat flour or semolina with water, with the addition or not of other permitted substances. The present study aimed to verify the toxicity of moringa fruit flour, evaluate the technological aspects of wheat flour and mixed flours, develop enriched pasta, with improvement of its nutritional value and incorporation of bioactive compounds. The samples were analyzed for cytotoxicity and toxicity, centesimal composition, pH, titratable acidity, water activity, color parameters, lipid profile, mineral composition by SEM-EDS, technological properties, rheological properties, presence of bioactive compounds and quality evaluation technological. The results showed that neither cytotoxicity was observed in cultured human neutrophils nor indicators of acute toxicity for the microcrustacean species *Artemia salina*. Important properties regarding the technological aspect of the doughs were altered with the addition of moringa pod flour (FVM) to wheat flour, notably the parameters of color, water activity, humidity, falling number, damaged starch, gluten content (wet, dry and index), water absorption, stability, tenacity and extensibility. It was observed that the formulations added with FVM showed a significant increase in the mineral fraction, dietary fibers and in the concentration of total phenolic compounds, flavonoids, and carotenoids β -carotene and lycopene. Technological quality tests showed significant differences ($p < 0.05$) among all samples, with reduction in cooking time, loss of solids and increase in weight and volume for the masses added with FVM. It is concluded that the FVM is safe in terms of the toxicological aspect and that its addition in the percentages of 15% and 20% in place of wheat flour, provided an important nutritional gain to the products, added bioactive compounds to the dough, when compared to conventional products. and although it has conferred significant changes in the technological properties, it has not made the elaboration of these products on a laboratory scale unfeasible.

Keywords: bioactive compounds; toxicity; rheology; technological properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- <i>Moringa oleifera</i> (Lam.) com frutos em diferentes estágios de maturação.....	17
Figura 2	- Frutos (vagens) de <i>Moringa oleifera</i> (Lam.)	17
Figura 3	- Comparação da potência de eliminação de radicais livres de extratos aquoso e metanólico das folhas de moringa	31
Figura 4	- Gráfico resultante da pesquisa sobre a autocritica dos consumidores em relação a seu peso e principais ações para atingir o peso ideal.....	35
Figura 5	- Esquema da formação da rede de glúten a partir da ação mecânica e hidratação da glutenina e gliadina.....	39
Figura 6	- Representação estrutural do grão de trigo.....	41
Figura 7	- Exsicata da espécie <i>Moringa oleifera</i> (Lam.).....	49
Figura 8	- Imagem de satélite e coordenadas de localização do Horto de Plantas Mediciniais Prof. Francisco José de Abreu Matos, da Universidade Federal do Ceará.....	49
Figura 9	- Fluxograma da obtenção da farinha da vagem de Moringa (FVM).....	50
Figura 10	- Fluxograma das etapas do processo de elaboração das massas.....	57
Figura 11	- Avaliação da toxicidade de FVM em cultura de neutrófilos determinada por mensuração da atividade da enzima lactato desidrogenase (LDH).....	65
Figura 12	- Gráfico retratando a influência da adição de FVM à farinha de trigo nos teores de glúten úmido, seco e index.....	75
Figura 13	- Análise de farinografia para as amostras FT, FM15 e FM20.....	78
Figura 14	- Alveogramas das amostras FT, FT15 e FT20.....	81
Figura 15	- Microscopia eletrônica de varredura: (A) da farinha da vagem da moringa; (B) massa controle; (C) massa M15 e (D) massa M20. Aumento: 3000x.....	99

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Curva de calibração do ácido gálico	54
Gráfico 2	- Curva de calibração da quercetina	55
Gráfico 3	- Gráfico e equação de regressão e coeficiente de determinação do falling number em função da porcentagem de substituição da farinha de trigo por farinha da vagem de moringa	71
Gráfico 4	- Gráfico e equação de regressão e coeficiente de determinação do teor de amido danificado em função da porcentagem de substituição da farinha de trigo por farinha da vagem de moringa	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Compostos voláteis identificados no extrato de <i>M. oleifera</i> por CG-MS.	19
Tabela 2	- Compostos bioativos (carotenoides e xantinas) encontrados nas folhas de <i>Moringa oleifera</i> (Lam.).....	26
Tabela 3	- Composição química dos frutos frescos de <i>Moringa oleifera</i> (Lam.).....	28
Tabela 4	- Comparação nos percentuais dos constituintes de <i>M. oleifera</i> em cultivares do México e da Guiné-Bissau.....	28
Tabela 5	- Percentual de ácidos graxos nas sementes de <i>M. oleifera</i>	29
Tabela 6	- Consumo per capita de massas alimentícias no Brasil entre os anos 2018 e 2021.....	33
Tabela 7	- Relação entre os valores de falling number e produtos a serem elaborados na indústria.....	38
Tabela 8	- Relação entre os valores percentuais de glúten em farinhas de trigo e os produtos a serem elaborados.....	40
Tabela 9	- Relação entre teores de cinzas em farinhas de trigo e os produtos a serem elaborados.....	42
Tabela 10	- Classificação das farinhas de trigo em função dos parâmetros mensurados na farinografia.....	43
Tabela 11	- Relação entre os parâmetros de farinografia e a aplicação industrial das farinhas.....	44
Tabela 12	- Relação entre os parâmetros de alveografia da farinha e os produtos a serem destinados.....	45
Tabela 13	- Formulação padrão de massa alimentícia do tipo talharim e das massas adicionadas da FVM.....	56
Tabela 14	- Composição centesimal da farinha dos frutos de <i>M. oleifera</i>	61
Tabela 15	- Teores de minerais nos frutos frescos de <i>M. oleifera</i>	62
Tabela 16	- Médias dos valores da avaliação da toxicidade de FVM em cultura de	

	neutrófilos, determinada por meio da atividade de LDH.....	64
Tabela 17	- Resultado da avaliação de toxicidade da farinha dos frutos da moringa em náuplios de <i>Artemia salina</i> (Leach.).....	66
Tabela 18	- Composição centesimal acidez e pH da farinha de trigo (FT) e das misturas FM15 e FM20.....	68
Tabela 19	- Análise de cor da farinha de trigo, da farinha da vagem da moringa e misturas (FM15 e FM20).....	69
Tabela 20	- Resultados de falling number e amido danificado para a farinha de trigo e misturas adicionadas da farinha da vagem da moringa.....	70
Tabela 21	- Teores de glúten (úmido, seco e index) para a farinha de trigo e farinhas mistas com a vagem da moringa.....	74
Tabela 22	- Resultados do farinograma para FT, FM15 e FM20.....	77
Tabela 23	- Resultados dos parâmetros de alveografia para as amostras de farinha de trigo pura e adicionadas da farinha da vagem da moringa.....	80
Tabela 24	- Teor de umidade, composição centesimal (base seca) e valor energético, para a massa controle (MC), e as massas adicionadas de farinha da vagem da moringa (M15 e M20).....	84
Tabela 25	- Teores dos minerais identificados por EDS nas amostras controle e adicionada da farinha da vagem da moringa.....	86
Tabela 26	- Perfil de ácidos graxos das amostras MC, M15 e M20.....	88
Tabela 27	- Médias dos valores de pH, acidez e parâmetros de cor.....	90
Tabela 28	- Teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais, antes e após a cocção das amostras.....	92
Tabela 29	- Teores de licopeno e β -caroteno nas amostras antes e após a cocção.....	94
Tabela 30	- Valores médios dos parâmetros de qualidade tecnológica das massas após o cozimento.....	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACC	<i>American Association of Cereal Chemists International</i>
ABIMAPI	Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Bolos Industrializados
ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
C. I. E	<i>Commission Internationale de l'Eclairage</i>
CG	Cromatografia Gasosa
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EDS	Espectroscopia de Energia Dispersiva
FCR	Força Centrífuga Relativa
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FN	<i>Falling Number</i>
FVM	Farinha da vagem da moringa
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
HBBS	<i>Hank's Balanced Salt Solution</i>
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IBOPE	Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística
L	Extensibilidade
LDH	Lactato Desidrogenase
MAE's	Massas Alimentícias Enriquecidas
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
P	Tenacidade
P/L	Índice de Configuração da Curva
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SisGen	Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado
UF	Unidade Farinográfica
UV-Vis	Espectroscopia de Ultravioleta Visível
W	Energia de Deformação da Massa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	<i>Moringa oleifera</i> (Lam.).....	16
2.1.1	<i>Aspectos botânicos.....</i>	16
2.1.2	<i>Fitoquímicos presentes em <u>Moringa oleifera</u> (Lam.).....</i>	18
2.1.3	<i>Ações farmacológicas.....</i>	21
2.1.4	<i>Aspectos nutricionais.....</i>	24
2.1.5	<i>Moringa oleifera (Lam.) no processamento de alimentos.....</i>	29
2.2	Massas alimentícias.....	32
2.2.1	<i>Aspectos da Legislação.....</i>	32
2.2.2	<i>Consumo de massas alimentícias no Brasil.....</i>	33
2.2.3	<i>Alimentação saudável e enriquecimento nutricional de massas alimentícias.....</i>	34
2.3	Critérios de qualidade na fabricação de massas alimentícias.....	36
2.3.1	<i>Características físicas e químicas.....</i>	36
2.3.1.1	<i>Cor.....</i>	36
2.3.2.2	<i>Amido danificado.....</i>	37
2.3.2.3	<i>Umidade.....</i>	37
2.3.2.4	<i>Atividade da enzima α-amilase.....</i>	38
2.3.2.5	<i>Glúten e proteínas.....</i>	39
2.3.2.6	<i>Teor de cinzas.....</i>	41
2.4	Reologia das massas.....	42
2.4.1	<i>Farinografia.....</i>	42
2.4.2	<i>Alveografia.....</i>	44
2.5	Massas alimentícias enriquecidas.....	46
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
3.1	Elaboração das massas alimentícias.....	48
3.2	Identificação, coleta do material e sanitização das vagens de moringa.....	48
3.3	Elaboração da farinha da vagem da moringa e das farinhas mistas de trigo e moringa.....	50
3.4	Análises da farinha da vagem da moringa.....	51
3.4.1	<i>Caracterização físico-química, composição centesimal e cálculo do valor</i>	

<i>energético</i>	51
3.4.2 <i>Avaliação de toxicidade na farinha da vagem da moringa</i>	52
3.4.2.1 <i>Citotoxicidade</i>	52
3.4.2.2 <i>Toxicidade em náuplios de <u>Artemia salina</u></i>	53
3.4.3 <i>Determinação de compostos bioativos</i>	53
3.4.3.1 <i>Fenólicos totais</i>	53
3.4.3.2 <i>Flavonoides totais</i>	54
3.4.3.3 <i>Carotenoides (licopeno e β-caroteno)</i>	55
3.4.4 <i>Determinação do perfil lipídico</i>	55
3.4.5 <i>Microscopia eletrônica de varredura e energia dispersiva de raios-X</i>	56
3.5 Preparo das massas alimentícias padrão e mistas adicionadas com a farinha da vagem de moringa	56
3.6 Análises da farinha de trigo e das farinhas mistas adicionadas com a farinha da vagem da moringa	58
3.6.1 <i>Caracterização físico-química, determinação da composição centesimal e cálculo do valor energético</i>	58
3.6.2 <i>Falling number, amido danificado e teor de glúten (úmido, seco e index)</i>	58
3.7 Análises das massas alimentícias	59
3.7.1 <i>Avaliação da composição centesimal e cálculo do valor energético</i>	59
3.7.2 <i>Determinação de compostos bioativos</i>	59
3.7.3 <i>Determinação do perfil lipídico</i>	59
3.7.4 <i>Microscopia eletrônica de varredura e energia dispersiva de raios-X (MEV-EDS)</i>	59
3.8 Testes de qualidade tecnológica	59
3.8.1 <i>Tempo de cozimento</i>	59
3.8.2 <i>Aumento da massa do produto cozido</i>	60
3.8.3 <i>Aumento do volume do produto cozido</i>	60
3.8.4 <i>Perda de sólidos</i>	60
3.9 Tratamento estatístico	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1 Caracterização das matérias-primas	61
4.1.1 <i>Composição centesimal da farinha da vagem da moringa</i>	61
4.1.2 <i>Rendimento do processo para elaboração da farinha da vagem da moringa e</i>	

<i>atividade de água</i>	63
4.1.3 <i>Análises toxicológicas</i>	64
4.1.3.1 <i>Avaliação de citotoxicidade da farinha da vagem da moringa em cultura de neutrófilos</i>	64
4.1.3.2 <i>Avaliação de toxicidade da farinha dos frutos da moringa em náuplios de <u>Artemia salina</u> (Leach.)</i>	66
4.1.4 <i>Composição centesimal, parâmetros físicos e químicos da farinha de trigo e das misturas FM15 e FM20</i>	67
4.2 <i>Parâmetros tecnológicos</i>	70
4.2.1 <i>Falling number (FN) e amido danificado</i>	70
4.2.2 <i>Glúten (úmido, seco e index)</i>	73
4.2.3 <i>Reologia das farinhas de trigo e das farinhas mistas</i>	76
4.2.3.1 <i>Farinografia</i>	76
4.2.3.2 <i>Alveografia</i>	80
4.3 <i>Análises das massas alimentícias</i>	83
4.3.1 <i>Composição centesimal</i>	83
4.3.2 <i>Perfil lipídico</i>	88
4.3.3 <i>Análises físicas e químicas</i>	90
4.3.4 <i>Compostos bioativos</i>	92
4.3.5 <i>Avaliação da qualidade tecnológica (testes de cozimento)</i>	96
4.3.6 <i>Microscopia eletrônica de varredura (MEV)</i>	99
5 CONCLUSÃO	101
REFERÊNCIAS	103

1 INTRODUÇÃO

A *Moringa oleifera* (Lam.) é uma árvore de médio porte, pertencente à família *Moringaceae* adaptada, principalmente, em regiões onde predomina o clima semiárido, como o Nordeste do Brasil. A espécie é originária do Subcontinente Indiano, Península Arábica, Paquistão e Norte da África, sendo amplamente difundida em todos os continentes e cultivada em diversos países da África, Ásia e do Continente Americano, para ser utilizada como fonte de alimento, planta ornamental em vias públicas urbanas, ou ainda para exploração de suas propriedades medicinais.

Trata-se de uma espécie amplamente consumida como alimento por vários povos ao redor do mundo, com elevado potencial para utilização de suas diversas partes como folhas, flores, frutos e sementes no enriquecimento de alimentos, por ser uma planta considerada fonte de carboidratos, gorduras insaturadas, proteínas de alto valor biológico e diversos compostos bioativos, consumida por um grande contingente da população mundial, sobretudo nos países subdesenvolvidos e naqueles ditos em desenvolvimento.

No Brasil, a moringa é classificada como uma planta alimentícia não convencional (PANC). Todavia, mesmo apresentando vantagens quanto ao aspecto nutricional, é uma espécie cujo consumo como alimento de seus frutos e folhas, por humanos ainda é pouco difundido, sendo destinada principalmente para alimentação animal, não obstante, seja consumida por diversos povos e utilizada para enriquecimento de alimentos em outros países.

Assim, a incorporação dos frutos da moringa como adjuvante no enriquecimento nutricional e funcional de massas alimentícias, pode representar uma importante forma de utilização desta espécie, considerando-se que as massas alimentícias convencionais, embora sejam alimentos consumidos por grande parcela da população mundial, são consideradas pobres, quanto a seu aspecto nutricional, uma vez que apresentam elevados teores de carboidratos e baixos teores de proteínas contendo aminoácidos essenciais, gorduras insaturadas, vitaminas, minerais e outros constituintes bioativos, pois durante o processo de obtenção da farinha de trigo, são removidas as camadas externas dos grãos, acarretando considerável perda de nutrientes.

A Legislação Brasileira define massa alimentícia, como sendo o produto obtido a partir da mistura e amassamento da farinha ou sêmola do trigo com água, e adição ou não, de outras substâncias permitidas na alimentação humana. De acordo com a definição supracitada, observa-se certa permissividade na adição de vários constituintes nas formulações de massas

alimentícias, desde que sejam respeitados os eventuais limites estabelecidos pela Legislação em vigor, para que estes produtos não venham a ser descaracterizados face às modificações ocasionadas pela incorporação de novos ingredientes.

A farinha de trigo possui propriedades reológicas únicas, conferidas pela formação da rede de glúten após a hidratação, durante o processamento, no entanto, a adição de farinhas provenientes de outras fontes alteram substancialmente estas propriedades reológicas, muitas vezes inviabilizando tecnologicamente o desenvolvimento de novos produtos, o que se apresenta como um fator limitante para o enriquecimento de alimentos à base de farinha de trigo.

Um outro aspecto importante a se destacar, é o fato de que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) por meio da resolução Nº 1.478, de 3 de junho de 2019, proibiu em todo território nacional, a fabricação, importação, comercialização, propaganda e distribuição de produtos que apresentem qualquer parte, ou forma de apresentação da moringa, seja como alimento, insumo a ser utilizado na composição de alimentos, ou como suplemento alimentar em qualquer apresentação, alegando não haver estudos suficientes que comprovem a segurança de produtos elaborados com ingredientes obtidos desta espécie.

Diante do exposto, por se tratar de uma matéria-prima de fácil obtenção e cultivo no Estado do Ceará, com elevado potencial de aplicação em tecnologia de alimentos e ainda pouco aproveitada para este fim, as propostas deste estudo são: avaliar a toxicidade na farinha obtida dos frutos da moringa, avaliar os aspectos tecnológicos das farinhas mistas e dos produtos desenvolvidos desenvolver massas alimentícias enriquecidas com melhoria de seu valor nutricional, com a incorporação de compostos bioativos e avaliar estes produtos quanto à sua viabilidade tecnológica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Moringa oleifera* (Lam.)

2.1.1 Aspectos botânicos

A *Moringa oleifera* (Lam.), é uma árvore perene, de médio porte, pertencente à classe *Magnoliopsida*, ordem *Brassicales*, da família *Moringaceae*. Apresenta folhas de coloração verde pálida, zigomorfas, bipenadas, com sete folíolos, pecioladas e compostas (CÁCERES *et al.*, 1991; SILVA; KERR, 1999). Suas flores são diclamídeas, monoclinas, perfumadas, de coloração branca ou creme, que se agrupam em inflorescências terminais do tipo cimosas (CÁCERES *et al.*, 1991).

Os frutos são indeiscentes, secos, tipo cápsulas loculicidas (vagem), de coloração verde brilhante, quando em maturação e marrom quando maduros. Possuem forma alongada, com comprimento médio em torno de 30 cm e até 1,8 cm de espessura (LORENZI; MATOS, 2002). De acordo com Barreto *et al.*, (2009) a espécie foi introduzida no Brasil na década de 1950, para ornamentação de praças e jardins.

A moringa é uma árvore nativa da Índia, Paquistão, Península Arábica e Norte da África. É cultivada em vários países do Continente Africano, na Ásia, em áreas onde não era encontrada como planta nativa e em vastas regiões da América Latina, estando plenamente adaptada aos locais com predominância dos climas tropical e semiárido como a Região Nordeste do Brasil. A amplitude de temperatura ideal para seu crescimento está compreendida entre 25°C e 35°C, porém suporta temperaturas de até 48°C (EGEA FERNÁNDEZ *et al.*, 2015).

O cultivo da moringa em regiões tropicais, onde ocorrem precipitações anuais abaixo de 300 mm, é justificado por sua tolerância a este tipo de clima, tornando o desenvolvimento da espécie viável, em áreas como o Nordeste Brasileiro, para exploração de seu potencial nutritivo, notadamente como fonte de proteínas e micronutrientes, justificando sua utilização na dieta humana como suplemento alimentar, ou ainda, incorporada em outros alimentos (MOURA, 2009; PEREIRA, 2010).

Diversas instituições de pesquisa têm demonstrado crescente interesse quanto às propriedades nutricionais desta espécie, considerando-se que seus frutos, folhas, flores e sementes, apresentam elevado valor nutritivo, além de grandes possibilidades de aplicação na área de saúde e especialmente na nutrição humana, justificando seu uso como matéria-prima na elaboração e melhoramento do valor nutricional de alimentos e como agente promotor de

propriedades com alegações funcionais em novos produtos. De fato, tantos benefícios são atribuídos a esta espécie, que por conta disso é conhecida pela alcunha de “árvore da vida” (REYES *et al.*, 2006; ODURO *et al.*, 2008). A figura 1 apresenta a imagem de um exemplar de *M. oleifera* apresentando os frutos em diferentes estágios de maturação, enquanto a figura 2 destaca os frutos em fase de maturação.

Figura 1 – *Moringa oleifera* (Lam.) com frutos em diferentes estágios de maturação.



Fonte: Autor (2019).

Figura 2 – Frutos (vagens) de *Moringa oleifera* (Lam.)



Fonte: Autor (2022).

2.1.2 Fitoquímicos presentes em *Moringa oleifera* (Lam.)

A composição fitoquímica das diversas partes da moringa é objeto de estudos há algumas décadas, de forma que já existe na literatura, uma grande quantidade de artigos científicos relacionados a este tema. Entretanto, novos compostos continuam sendo identificados e muitas pesquisas estão sendo desenvolvidas para elucidar as propriedades nutricionais e medicinais desta espécie, além de buscar correlacionar os constituintes fitoquímicos presentes com estas propriedades.

Diversos autores relatam que as várias partes da moringa contém elevadas concentrações de flavonoides e ácidos fenólicos, além de outros fitoquímicos com importante atividade biológica, como notória ação antioxidante, destacando-se os carotenoides e tocoferóis presentes principalmente nas folhas e nos frutos. Além destes compostos, as sementes apresentam ainda consideráveis teores de ácidos graxos polinsaturados (SAINÉ *et al.*, 2014; AMAGLO *et al.*, 2010).

Verificando a efetividade de extratos da moringa contra o fungo *Botrytis cinerea*, um fitopatógeno causador da doença do molde cinza, que acomete os frutos de tomate, Ahmadi *et al.*, (2021) verificaram a presença de componentes voláteis identificados por Cromatografia gasosa e espectrometria de massa na fração metanólica obtida das folhas, obtendo os resultados listados na tabela 1.

Tabela 1 – Compostos voláteis identificados no extrato de *M. oleifera* por CG-MS.

Composto químico	Peso molecular (g/mol)	Fórmula molecular
4H-Piran-4-ona, 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil	144.12	C ₆ H ₈ O ₄
2-Furancarboxialdeído	188.18	C ₁₀ H ₈ N ₂ O ₃
1,3-Propanodiol	76.09	C ₃ H ₈ O ₂
Benzenoacetnitrila	117.15	C ₈ H ₇ N
1,2,3,5-Ciclohexanotetrol	148.16	C ₆ H ₁₂ O ₄
Ácido n-Hexadecanóico, metil éster	270.45	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
Ácido 6-decenoico (Z)	170.25	C ₁₀ H ₁₈ O ₂
Ácido Octadecanóico /ácido esteárico	284.5	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
Ácido Ciclohexanocarboxílico	128.17	C ₇ H ₁₂ O ₂
Ácido Malônico	104.06	C ₃ H ₄ O ₄
Ácido Docosanóico	340.6	C ₂₂ H ₄₄ O ₂
Beta-l-Rhamnofuranosídeo, 5-O-acetil-tio-octil	334.5	C ₁₆ H ₃₀ O ₅

Fonte: Adaptado de Ahmadu et al., (2021).

Ayron *et al.*, (2018) destacam que muitos trabalhos relatam a presença de compostos bioativos importantes, em todas as partes da moringa, os quais estão intrinsecamente ligados às suas propriedades nutricionais e medicinais, de forma que o isolamento e identificação destes constituintes atualmente são importantes para o direcionamento das pesquisas que objetivam difundir seu uso, seja como um potencial alimento funcional, ou para aplicações voltadas à produção de fitofármacos. No quadro 1, são listados alguns dos constituintes presentes na moringa e as partes da planta onde são encontrados em maiores concentrações.

Quadro 1 – Constituintes fitoquímicos de *M. oleifera* e partes da planta onde são encontrados em maiores concentrações.

Parte da planta	Constituinte fitoquímico
Folhas	Ácido n-hexadecanóico, ácido tetradecanóico, ácido cis-vacênico, ácido octadecanóico, cloreto de palmitoil, beta-1-ramnofuranosídeo, 5-O-acetil-tio-octil, gama-sitosterol e pregna-7- dieno-3-ol- 20-ona (BHATTACHARYA, 2014)
Caule	Moringina e moringinina (alcaloides), 4-hidroxi melina, ácido octacosanóico e β -sitosterol. (Kertaro, 1969; Faize <i>et al.</i> , (1994); l-ramnose, ácido d-glucurônico, l-arabinose, d-manose, d-xilose, e d-galactose (BHATTACHARYA <i>et al.</i> , 1982), leucodelfinidina-3-O-B-D-galactopuranosídeo, (1-4)-O-B-D-glucopiranosídeo (Khare, 1997; Mensah, 2012).
Flores	Sacarose, aminoácidos, alcaloides e flavonoides, como ramnetina, isoquercitrina e caempferitrina (Siddhuraju & Becker, 2003; Pramanik & Islam, 1998).
Frutos	Isotiocianato, tiocarbamatos, nitrila, O- [2'-hidroxi-3' - (2'' - hepteniloxi)] - undecanoato de propil, metil-p-hidroxibenzoato e O-etil-4 - [(α -l-ramnosiloxi) -benzil] carbamato, citocinas (Faizi <i>et al.</i> , 1998, Nagar <i>et al.</i> , 1982).
Sementes	Benzilglucosinolato, 4-(α -l-ramnopiranosiloxi)-benzilglucosinolato, 4-(α -l-ramnosiloxi) benzilisotiocianato, 4- (α -l-ramnosiloxi) fenilacetoneitrila, O-etil-4- (α -l-ramnosiloxi), carbamato de benzila (DAHOT; MEMON, 1985; ANWAR; BHANGER, 2003; DAYTIT <i>et al.</i> , 1990; GUEVARA <i>et al.</i> , 1999)

Fonte: Adaptado de Ayron *et al.*, (2018).

2.1.3 Ações farmacológicas

Macckar e Becker (1996) relataram que a moringa apresenta constituintes de interesse medicinal em suas folhas, frutos e sementes, o que justifica seu potencial de aplicação na elaboração de medicamentos.

Estudos frequentes, têm demonstrado que a moringa apresenta elevado potencial para produzir benefícios à saúde, de forma a minimizar ou mesmo reverter diversas alterações fisiopatológicas. A título de exemplo, algumas destas propriedades estão relacionadas à presença de glicosídeos com atividade hipotensora e antiespasmódica, obtidos do extrato das folhas, que podem contribuir para a manutenção da pressão arterial em níveis fisiológicos (FAHEY, 2005; KUETE 2017).

Ensaio em pacientes diabéticos que receberam um extrato aquoso das folhas da moringa por via oral, demonstraram atividade hipoglicemiante, além de atuar no controle das disfunções no metabolismo dos ácidos graxos, podendo ser de valia como adjuvante no tratamento do *diabetes mellitus* não dependente de insulina e no controle da colesterolemia (MATOS *et al.*, 2004; MBICKAY, 2012).

Paula (2012) observou que uma fração obtida das folhas da moringa, quando administrada por via intraperitoneal, em camundongos diabéticos, apresentou ações hipoglicemiante e hipocolesteremiante, além de efeito antioxidante. Segundo o autor, a fração não provocou a morte dos animais, quando administrada por esta via, mesmo em quantidades mais elevadas, entretanto, quando fervida e administrada por via oral, foi observada redução no efeito hipoglicemiante.

Ainda sobre o efeito hipoglicemiante da moringa, um estudo conduzido por Idakwoji *et al* (2015), evidenciou que a fração do extrato etanólico das folhas administrado em associação com metformina, foi capaz reduzir os níveis glicêmicos e reverter sintomas como a polidipsia e polifagia, em ratos que desenvolveram diabetes induzida por aloxana, além de promover a estabilização do peso destes animais.

Para Xiao *et al* (2020), é importante destacar que a moringa apresentou resultados satisfatórios quanto a inibição de doenças autoimunes como artrite reumatoide e esclerose múltipla. Estes autores, citando um estudo desenvolvido por Almatrafi *et al.*, (2017), destacam ainda o fato de que produtos obtidos da moringa possuem potente ação anti-inflamatória em baixas doses. Todavia, é importante considerar que embora formulações contendo derivados da moringa tenham demonstrado resultados promissores, ainda se fazem necessárias mais estudos que possam elucidar os seus mecanismos de ação para validação do uso na prática clínica.

ca, inclusive desenvolvendo-se mais pesquisas para elucidação de efeitos colaterais e reações adversas decorrentes da sua utilização.

Folhas e sementes de moringa têm propriedades antibacterianas, agindo contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas (RAHMAN *et al.*, 2009; SAADABI; ZAID 2011). As folhas da planta contêm pterigospermina, um composto que se dissocia facilmente em duas moléculas de benzil-isotiocianato, que tem efeitos antibacterianos e antifúngicos (JAYAWARDANA *et al.*, 2015). A presença de muitos fitoquímicos nas sementes de moringa, pode explicar sua atividade antimicrobiana, pois assim como nas folhas, o isotiocianato de benzila é encontrado também nas sementes. Este composto pode agir diretamente sobre os microrganismos, interrompendo a síntese da membrana celular ou inibindo a síntese de enzimas essenciais, inviabilizando o crescimento (BUKAR *et al.*, 2010).

Segundo Bennett *et al.*, (2003) e Fahey (2005) o extrato aquoso das folhas da moringa apresenta também propriedades anti-inflamatórias, que foram confirmadas em estudos *in vivo*, sendo considerada uma planta com enorme capacidade para prospecção de princípios bioativos e aproveitamento de suas propriedades medicinais.

Essa variada composição de substâncias bioativas é responsável por conferir à moringa suas diversas propriedades medicinais. Assim, além das ações já comprovadas como agente antioxidante, anti-inflamatório, antibacteriano e antifúngico (SILVA *et al.*, 2021), continuados estudos têm evidenciado a atuação de componentes da planta como agentes potencialmente benéficos na proteção hepática (VERGARA-JIMENEZ *et al.*, 2017), ou ainda com provável ação antiviral, inclusive contra o SARS-CoV-2, agente etiológico da COVID-19, cuja replicação foi inibida em ensaios onde foram utilizadas modificações da molécula de niaziminina, encontrada naturalmente nas folhas da moringa (SHAJI *et al.*, 2021).

Outras ações observadas para extratos obtidos das folhas da moringa, são a capacidade de atuar na preservação da função renal, aumentando a sobrevivência celular quando há falência renal induzida, sendo o resultado diretamente dependente da dose utilizada (AHLENS-TIEL, 2003), além de existirem evidências de que a ingestão de quercetina, flavonoide presente nas folhas e frutos, pode proteger o fígado contra a falência causada por isquemia-reperusão, ao induzir a melhoria da capacidade antioxidativa deste órgão (SU *et al.*, 2003). Diversos estudos vêm sendo direcionados para validar a ação dos extratos das folhas da moringa na inibição da proliferação de células cancerígenas, Tiloke *et al* (2013), evidenciaram um aumento no estresse oxidativo que levaria à apoptose de células de câncer do pulmão, tendo se mostrado também promissor contra tumores de mama.

Ainda nesta linha, estudos realizados por Sadek *et al.*, (2017) evidenciaram que o extrato etanólico das folhas da moringa, mostrou-se eficiente na estimulação do apoptose e inibição da proliferação de carcinoma hepatocelular, induzido por nitrosamina dietilamina, em ratos da linhagem Wistar.

Em um estudo conduzido por Mohanty e Goel (2020), ficou evidenciado que as folhas da moringa apresentam elevado potencial para o desenvolvimento de fármacos e alimentos funcionais, o que justifica uma maior exploração tanto como fonte de nutrientes, quanto para um melhor aproveitamento de seus constituintes fitoquímicos, haja vista que estes podem proporcionar benefícios à saúde, uma vez que variada gama de ações já foram comprovadas. Assim, vários autores citam as atividades antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, inclusive inibindo a formação da placa bacteriana dental, antifúngica, hipoglicemiante, proteção hepática e antitumoral (PARI; KUMAR, 2002; TALREJA, 2010; ABDULL *et al.*, 2014; SILVA NETO, 2015; SADEK *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2021).

Merece destaque também, o fato de que assim como nas folhas, foi demonstrada importante atividade antioxidante para os frutos frescos da moringa. Esta atividade está associada ao teor de fenólicos totais, flavonoides e carotenoides (KUMAR *et al.*, 2007).

Muangnoi *et al.*, (2012) demonstraram que a vagem da moringa cozida em ponto de fervura, mostrou intensa atividade inibidora da inflamação. No entanto, os autores relatam que devem ser abordados aspectos como a identificação do composto que apresenta esta atividade, assim como devem ser elucidadas as reações metabólicas a que este é submetido, de forma a avaliar a indicação deste fruto como alimento funcional, para a população em geral ou mesmo para pessoas que apresentam alguma doença relacionada a processos inflamatórios crônicos.

Salem *et al.*, (2021) determinaram no resíduo da polpa dos frutos, obtido após o processamento para produção de papel, importantes compostos fitoquímicos, como fenólicos derivados dos ácidos vanílico, benzóico, síngico e ferúlico, além de importantes flavonoides como miricetina, naringenina e kaempferol. Os autores destacam ainda que foi observada importante atividade antibacteriana contra os fitopatógenos *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia amylovora* e *Pectobacterium atrosepticum*.

A administração oral de um extrato hidroalcolico obtido das vagens verdes da moringa, foi capaz de aumentar os níveis de citocromo b5, citocromo P450, catalase e glutathione peroxidase no fígado. Estas enzimas são responsáveis por reações de fase I e II, no metabolismo hepático de xenobióticos, favorecendo a desintoxicação do organismo e a eliminação de compostos potencialmente carcinogênicos (BHARALI *et al.*, 2003).

Em um estudo recente, conduzido por Siddiqui *et al* (2021), os autores demonstraram que o extrato em etanol a 95% obtido dos frutos da moringa, apresentou toxicidade com ação específica contra células de carcinoma hepatocelular humano HepG2, reduzindo sua proliferação. Os autores concluíram que o estudo revelou a potencial atividade anticâncer do extrato, corroborando com os resultados obtidos por Sadek *et al* (2017). Assim, estudos objetivando a determinação da composição fitoquímica em extratos do fruto da *Moringa oleifera*, podem conduzir ao desenvolvimento de novas drogas com especificidade contra o câncer de fígado humano, que apresentem baixa toxicidade para células saudáveis.

Todavia, Ma *et al* (2020) ressaltam que, muitos dos mecanismos de ação atribuídos aos compostos fitoquímicos presentes na moringa, ainda não foram esclarecidos. Por este motivo, os estudos futuros devem focar também na elucidação destes mecanismos de ação, de forma a relacionar a presença destes compostos com suas ações biológicas, e posteriormente a promoção do uso das diversas partes desta espécie (folhas, frutos, flores e sementes) como ingredientes para elaboração de alimentos com alegações funcionais, a serem incorporados na dieta com a finalidade de prevenção e controle das condições de saúde em portadores de doenças crônicas.

Por tais motivos, isolar e identificar compostos de origem vegetal e entender seus mecanismos de ação contra determinadas doenças, continua sendo um dos ramos mais promissores em fitofarmacologia, pois isto permite a seleção de princípios ativos e a elucidação de suas ações farmacológicas, empregando racionalmente os recursos tecnológicos atuais, de forma a se obter resultados com menos emprego de tempo e de recursos financeiros (PATERSON; ANDERSON, 2005).

2.1.4 Aspectos nutricionais

A moringa é amplamente cultivada em diversos países e sua utilização como alimento, ou para elaboração de condimentos, é bastante difundida entre vários povos, servindo muitas vezes como alternativa alimentar no combate à má nutrição, sobretudo em comunidades mais vulneráveis quanto à segurança alimentar. Os frutos em maturação, as folhas e as flores, são consumidos normalmente cozidos com outros alimentos, enquanto as sementes são consumidas após serem torradas. Devido ao elevado valor nutricional de suas folhas e frutos, que apresentam consideráveis teores de proteínas, além de elevadas concentrações das vitaminas A e C, ferro, potássio e outros minerais, esta espécie tem despertado o interesse de pesquisadores (SAWAYA, 2006).

Após serem submetidas à cocção, as folhas da moringa apresentaram aumento da digestibilidade da proteína de 20,7%, mantendo ainda quantidades consideráveis de outros nutrientes, como os minerais Ca, Mg, Zn, P, Na, Cu, Fe, e K. Tais resultados sugerem que as folhas jovens cozidas, podem se apresentar como boa fonte de micronutrientes e macronutrientes, contribuindo para a melhoria da alimentação de pessoas em condições de deficiência nutricional (GHASI *et al.*, 2000; GIDAMIS *et al.*, 2006; CHANA, 2021).

De acordo com Pedral *et al.*, (2015), o extrato liofilizado do pó das folhas da moringa manteve seu teor nutricional, por este motivo é viável a sua utilização no desenvolvimento de produtos, nos quais pode ser incorporado em sua composição. Olorode *et al* (2013) ressaltam que a utilização de extratos e pós obtidos das folhas, ou dos frutos da moringa, pode se apresentar como uma opção viável no enriquecimento de alimentos preparados à base de farinhas de cereais, pois quando estes não são oferecidos em estado integral, geralmente possuem baixa qualidade nutricional, decorrente do beneficiamento e retirada das camadas mais externas dos grãos, o que leva a perda de vários nutrientes e compostos fitoquímicos, acarretando produtos com predominância de carboidratos em sua composição.

Um experimento para enriquecimento nutricional consistiu na adição do extrato aquoso das folhas da moringa no preparo de um mingau denominado *ogi*, um alimento consumido em países da África Ocidental, que melhorou consideravelmente sua qualidade nutricional, aumentando o conteúdo de vitamina A em aproximadamente 15 vezes, além de incorporar outros nutrientes como proteínas, cujo aumento foi em torno de 94%, quando se adicionou 15% deste extrato, elevando também os teores de minerais como ferro, fósforo, potássio e cálcio. Esta preparação é tradicionalmente feita com milho ou sorgo, sendo utilizada na alimentação de crianças no período de desmame, ou ainda como refeição complementar para adultos (OLORODE *et al.*, 2013).

Corroborando com estes resultados, Abioye e Aka (2015), também concluíram que o enriquecimento deste alimento é importante, por ser amplamente utilizado na alimentação infantil e por apresentar-se deficiente em diversos componentes indispensáveis à nutrição humana, como proteínas, minerais e vitaminas.

Devido à baixa toxicidade e às altas concentrações de proteínas que fornecem aminoácidos essenciais, além do elevado teor de minerais, vitaminas e compostos bioativos, como carotenoides e xantinas presentes nas folhas da moringa, esta espécie se apresenta como uma alternativa ao consumo de leguminosas, tendo sido indicada como suplemento nutricional para crianças com idades entre 1 - 4 anos e mulheres gestantes ou durante o período de lactação (RAMACHANDRAN, 1980; SIDDHURAJU; BECKER, 2003; TEIXEIRA, 2012 *apud* RAN-

GEL, 2007). Na Tabela 2, são apresentados alguns dos carotenoides e xantinas isolados das folhas da moringa.

Tabela 2 – Compostos bioativos (carotenoides e xantinas) encontrados nas folhas de *Moringa oleifera* (Lam).

Composto bioativo	Concentração (mg / Kg)
β – caroteno	401
Neoxantina	219
Violaxantina	76,5
Zeaxantina	19,4

Fonte: Siddhuraju; Becker (2003).

Estudos realizados por Gidamis *et al.*, (2003) evidenciaram a presença de inibidores da tripsina nas folhas. Estes compostos em concentrações elevadas podem reduzir a absorção de aminoácidos essenciais, uma vez que a tripsina tem como substrato as proteínas e atua quebrando suas ligações peptídicas, além disso, os autores relataram também a ocorrência de fitatos em baixas concentrações. Os fitatos, se presentes em concentrações elevadas, ao formarem complexos com minerais como o ferro, o magnésio, o cálcio e o zinco, podem levar a diminuição na biodisponibilidade destes micronutrientes.

No entanto, Nouman *et al.*, (2013) relataram que os constituintes com ação anti-nutricional como alcaloides, oxalatos, fitatos, saponinas e taninos encontrados nas folhas, frutos e sementes, da moringa não acarretam risco para a saúde animal e humana, em virtude de suas baixas concentrações. Além disso, compostos como os taninos, inibidores de tripsina, nitratos e ácidos oxálicos, encontrados principalmente nas folhas, podem ser removidos durante o preparo dos alimentos por imersão e fervura de folhas e frutos, ou por fritura, no caso das sementes, de forma a reduzir ainda mais a ação destes constituintes (IGWILO *et al.*, 2007).

Assim como as folhas, os frutos em maturação da moringa são bastante consumidos em países asiáticos. De acordo com Ganatra *et al* (2012), as vagens são utilizadas na culinária indiana, fazendo parte da cultura gastronômica do país. Uma receita comum consiste na preparação das vagens verdes misturando-as com coco, sementes de papoula e mostarda. Para Saini *et al.*, (2016), merece destaque o fato de que assim como folhas e as sementes, os frutos imaturos da moringa, também possuem baixos teores de ácidos graxos saturados, em contrapartida as sementes da planta possuem ácidos graxos monoinsaturados de alta qualidade, destacando-se os ácidos palmítico, linolênico, linoleico e oleico, o que justifica sua utilização

como fonte de enriquecimento de produtos alimentícios (SANCHEZ-MACHADO *et al.*, 2010).

Gidamis *et al.*, (2006) relataram que na Índia e em outros países da Ásia, os frutos em maturação da moringa também são consumidos cozidos, normalmente como ingredientes de saladas. Os autores realizaram um estudo com os frutos, a partir do qual observaram que, após o cozimento, houve aumento da digestibilidade das proteínas em 7,8%. Assim como nas folhas, os fitatos e substâncias inibidoras de tripsina também se encontram presentes em pequenas concentrações nos frutos. Segundo El-Massry *et al* (2013), os frutos da moringa são interessantes também como fonte de proteínas, estes autores identificaram a presença de sete aminoácidos essenciais (mg/100 g) nas vagens frescas da moringa cultivadas no Egito: metionina (0,9); isoleucina (3,1); leucina (5,6); fenilalanina (2,3); lisina (2,5); histidina (2,0) e treonina (3,3).

Estudos realizados por Fernandes *et al* (2020) revelaram que os frutos da moringa são ricos também em flavonoides glicosilados. Os autores utilizaram extratos hidroetanólicos em diferentes concentrações e observaram que estes continham maiores teores de polifenóis, sendo mais ativos contra a peroxidação lipídica, além de induzir à produção de óxido nítrico (NO) e inibir o crescimento de células tumorais. O estudo destacou que os frutos podem ser utilizados para combater a desnutrição, além de seus potenciais propriedades funcionais para prevenção de problemas de saúde.

Os frutos da moringa apresentam em seu estado de maturação elevado teor de fibras. Estes componentes podem ser importantes na regulação da função digestiva, ao aumentarem o volume do bolo fecal e reduzirem a absorção de carboidratos e gorduras. Sua incorporação na dieta pode contribuir para prevenção e redução dos casos de câncer do cólon do intestino e na redução dos níveis séricos de colesterol e açúcares (ODURO; ELLIS; OWUSU, 2008).

Melesse e Berihum (2013) determinaram a composição química dos frutos frescos da moringa coletados na Etiópia e concluíram que poderiam ser usados como fonte suplementar de proteínas, principalmente durante a estação seca. Estes autores destacam que a moringa é aproveitada em diversos países do Continente Africano como alimento por muitas populações, o que os levou a recomendarem seu uso, com a advertência de que seria recomendável investigar o perfil de aminoácidos e a presença de fatores antinutricionais nas vagens da moringa, uma vez que a composição dos frutos pode variar significativamente de acordo com as condições a que a planta está submetida. Os resultados obtidos pelos autores para a composição química dos frutos frescos da moringa, são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Composição química dos frutos frescos de *Moringa oleifera* (Lam.).

Nutrientes	Concentração (g/Kg)
Cinzas	98,0 ± 0,89
Proteína bruta	166,0 ± 1,09
Extrato etílico	46,8 ± 2,65
Fibra bruta	362,0 ± 2,90
Extrato livre de nitrogênio	337,0 ± 3,80
Fibra detergente neutra	523,0 ± 5,02
Fibra detergente de ácido	488,0 ± 3,62
Lignina detergente de ácido	102,0 ± 1,90
Celulose	387,0 ± 4,81
Hemicelulose	34,4 ± 4,40
Carboidrato sem fibra	176,0 ± 3,99

Fonte: Adaptado de Melesse e Berihum (2013).

É importante destacar, que assim como ocorre com outras partes da planta, a composição dos frutos da moringa, apresenta variação significativa, para alguns constituintes, relacionada com as condições de solo e outros fatores ambientais. A título de exemplo, na tabela 4, estão listados os resultados obtidos em dois estudos, realizados com espécimes cultivados na Guiné-Bissau e no México, respectivamente, onde pode-se observar a diferença que os autores encontraram principalmente no teor de lipídios em frutos frescos da moringa.

Tabela 4 – Comparação nos percentuais dos constituintes de *M. oleifera* em cultivares do México e da Guiné-Bissau.

Componente	Sanchez -Machado <i>et al</i> (2009)	Fernandes <i>et al.</i>, (2021)
Proteínas	19.34 ± 0.2	19.79 ± 0.04
Gorduras	1.28 ± 0.1	4.3 ± 0.1
Carboidratos totais	71,76 ± 2.2	79.6 ± 0.1
Cinzas	7.62 ± 0.3	6.31 ± 0.06

Fonte: Adaptado de Sanchez-Machado *et al* (2009) e Fernandes *et al.*, (2020).

As sementes da planta, ao serem separadas dos frutos maduros, podem ser aproveitadas como fonte de proteínas, ácidos graxos insaturados, minerais e vitaminas. Por este

motivo, o incentivo de sua incorporação na alimentação vem apresentando boas perspectivas, tendo sido alvo de estudos, que buscam direcionar a melhor forma de sua utilização na elaboração e enriquecimento de alimentos, objetivando conferir melhorias no aporte nutricional destes produtos, quando elaborados em escala industrial (SILVA; KERR, 1999).

Matos *et al.*, (1992) encontraram nas sementes da moringa elevado percentual de ácidos graxos, sendo 73% de ácido oleico (ômega 9). Os autores obtiveram ainda, menores quantidades dos ácidos esteárico, palmítico, araquídico e behênico, além do ácido erúcico, que contém uma ligação insaturada, destacando que este último não havia sido descrito na literatura para esta espécie. Os resultados obtidos neste estudo são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Percentual de ácidos graxos nas sementes de *M. oleifera*.

Ácido graxo	Concentração (%)
Palmítico (C16:0)	4,8
Oléico (C18:1)	73
Esteárico (C18:0)	6,6
Araquídico (C20:0)	3
Erúcico (C22:1)	2
Behênico (C 22:0)	4,2

Fonte: Adaptado de Matos *et al.*, (1992).

De acordo com Bezerra *et al.*, (2004), as sementes da moringa apresentaram um teor de 33,9% de proteínas em base seca, valor consideravelmente mais elevado que o encontrado nas folhas e frutos. Tais resultados justificam o interesse de incrementar o uso das sementes da moringa como alternativa alimentar incorporada na alimentação infantil ou de adultos e ainda sua utilização na elaboração de suplementos alimentares. Além desse potencial para enriquecimento de alimentos, de acordo com Figueiredo *et al.*, (2021), o extrato aquoso da semente da moringa apresentou potencial ação bacteriostática contra *E. coli* quando utilizado na concentração de 10%.

2.1.5 *Moringa oleifera* (Lam) no processamento de alimentos

Apesar do grande potencial que a moringa possui para conferir propriedades funcionais aos alimentos, seu uso em larga escala na alimentação humana, ainda é incipiente, sendo utilizadas principalmente as folhas, adicionadas em pães e biscoitos com a função de

enriquecimento nutricional, e em produtos cárneos, para aproveitamento tecnológico de suas propriedades conservante e antioxidante, com o intuito de aumentar a vida útil destes produtos e substituir conservantes sintéticos, reconhecidamente nocivos à saúde, a exemplo do hidroxibutiltolueno, outrora muito usado na conservação de produtos enlatados de origem animal (JAYAWARDANA *et al.*, 2015; ASENSI *et al.*, 2017).

Conforme destacado anteriormente, uma aplicação que vem ganhando importância, é a utilização da moringa como ingrediente para promover a conservação de alimentos, seja inibindo as reações de oxidação ou para o aproveitamento de suas ações contra algumas espécies de microrganismos. Salem *et al.*, (2015) observaram que os extratos aquosos, etanólico 70% e metanólico 70% obtidos das folhas da moringa quando aplicados em diferentes concentrações, mostraram-se eficazes na inibição de bactérias contaminantes de alimentos, os autores relataram que espécies como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, foram sensíveis à ação destes extratos.

Quanto à qualidade nutricional, é importante destacar que a elaboração de produtos alimentícios enriquecidos com farinhas e pós, obtidos a partir do processamento de partes de vegetais como folhas, frutos e sementes, apresentam-se como alternativa no sentido de conferir sua melhoria elevando o teor proteico das massas alimentícias, alterando sua composição e incorporando constituintes indispensáveis à saúde humana, como fibras, gorduras insaturadas, minerais, vitaminas, e outros compostos bioativos que podem conferir propriedades funcionais a estes alimentos (OLORODE *et al.*, 2013).

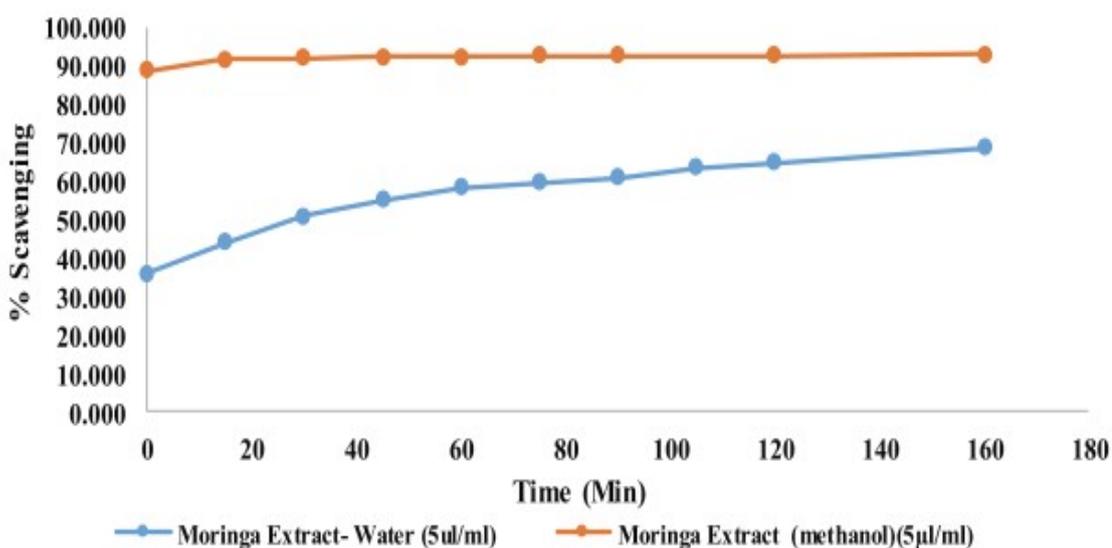
No entanto, deve ser ressaltado o fato de que a adição destes componentes não deverá repercutir de forma a causar grande impacto no preço do produto final, o que desestimularia seu consumo, sobretudo por pessoas de baixa renda, além de que também não devem alterar as características sensoriais dos produtos, de forma a causar rejeição por parte dos potenciais consumidores (NICOLETTI, 2007).

A aplicação da moringa em novas formulações de alimentos vem sendo objeto de incessantes estudos desenvolvidos por muitas instituições de pesquisa em vários países, sendo sugerida sua utilização como componente da formulação de diversos tipos de produtos, por se tratar de uma fonte que é obtida sem a necessidade de grandes investimentos, podendo ser utilizada como aporte alimentar, tanto por aqueles que buscam uma alimentação mais saudável, como também para populações que vivem em situação de déficit nutricional (JOSHI; MEHTA, 2010).

A respeito do elevado potencial antioxidante das diversas partes da moringa, Bhal-la *et al.*, (2021) observaram que tanto o extrato aquoso das folhas, quanto o extrato metanóli-

co, na concentração de 5 $\mu\text{L}/\text{mL}$, testados em vários pontos de tempo de incubação se mostraram eficazes em promover a inibição de radicais livres. Os autores destacaram ainda que, no extrato aquoso foram identificados vinte e cinco diferentes compostos fitoquímicos, enquanto no extrato metanólico foram identificados cinquenta e quatro destes compostos. Quanto a atividade antioxidante observada, os dois extratos se mostraram eficazes, porém, o melhor resultado foi observado para o extrato metanólico, conforme pode ser observado no gráfico da figura 3.

Figura 3 – Comparação da potência de eliminação de radicais livres de extratos aquoso e metanólico das folhas de moringa.



Fonte: Bhala *et al.*, (2021)

A partir destes resultados, os autores concluíram que a moringa apresenta elevado potencial para aplicação em alimentos, cosméticos e na elaboração de medicamentos, embora destaquem a necessidade de serem desenvolvidos mais estudos relativos aos mecanismos de ação dos compostos fitoquímicos presentes nesta espécie, assim como estudos mais apurados relativos à toxicidade crônica, para validação de sua utilização nestes produtos.

A utilização da moringa na elaboração de alimentos, pode ser ampliada a nível tecnológico visando a sua conservação. Os resultados obtidos por Willians (2013), Standlander e Becker (2017), evidenciaram que a adição de uma pequena quantidade das folhas de moringa é o suficiente para a melhoria do valor nutricional de alimentos, enriquecendo produtos como pães, iogurtes, queijos e sopas.

Brilhante *et al.*, (2017) e Dakhad *et al.*, (2019) destacam que a moringa é uma alternativa barata que deveria ser mais bem aproveitada por se tratar de uma planta versátil que pode ser destinada a diversas aplicações, uma vez que apresenta compostos nutricionais e bioativos com potencial de serem utilizados no enriquecimento e fortificação de alimentos e que estes compostos podem fornecer uma boa nutrição, a prevenção, ou mesmo a cura de doenças. Os autores sugerem que se promova o plantio e os diversos usos da espécie, como forma de combater a fome e a subnutrição na parcela populacional menos favorecida economicamente e assim dependerem menos de doações dos países desenvolvidos.

2.2 Massas alimentícias

2.2.1 Aspectos da Legislação

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) número 93, de 31/10/2000 fixou os padrões mínimos de qualidade e identidade de massas alimentícias definidas como o produto não fermentado, apresentado sob várias formas, recheado ou não, obtido pelo empasto, amassamento mecânico de farinha de trigo comum e/ ou sêmola ou semolina de trigo e/ ou farinha de trigo integral, ou farinha de trigo *durum*, ou sêmola/ semolina do trigo *durum*, ou farinha integral de trigo comum e/ ou derivados de cereais, leguminosas, raízes ou tubérculos, adicionado ou não de outros ingredientes e acompanhado ou não de temperos e/ou complementos, isoladamente ou adicionados diretamente à massa (BRASIL, 2000). A mesma resolução estabelece ainda a definição de massas alimentícias secas como o produto que durante a elaboração é submetido a processo de secagem, de forma que o produto final apresente umidade máxima de 13,0%.

De acordo com a RDC, 263 de 22/09/2005, as massas alimentícias mistas, são obtidas a partir da substituição parcial da farinha de trigo, devendo ser acrescentada no rótulo do produto a expressão "mista" (BRASIL, 2005).

As massas alimentícias, como o macarrão, quando produzidas sem adição de outros componentes, apresentam baixo valor nutricional, uma vez que estes produtos são elaborados a partir de formulações simples, cujo principal ingrediente, a farinha de trigo comum ou refinada, contém elevado teor de carboidratos e reduzido percentuais de outros nutrientes essenciais para a dieta humana como proteínas de alto valor biológico, gorduras insaturadas, minerais e vitaminas (NICOLETTI, 2007).

2.2.2 Consumo de massas alimentícias no Brasil

O setor produtivo de massas alimentícias no Brasil vem apresentando expansão ao longo dos anos. A Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Bolos Industrializados (ABIMAPI) encomendou no ano de 2020, um levantamento que foi realizado pela *Kantar Worldpanel*, cujos resultados revelaram que produtos como macarrão e lasanha foram consumidas em 99,6 % dos lares no Brasil, representando um crescimento de 0,3% em relação ao ano anterior.

Os altos percentuais referentes ao consumo de massas, próximos de 100%, indicam a consolidação destes produtos, considerando a tendência neste setor, de que valores de consumo acima de 70% tendem a não apresentar decréscimo. Segundo o Monitor Mercantil (2021) entre os anos de 2018 e 2021, o consumo de massas tem aumentado gradativamente no Brasil, conforme os dados apresentados tabela 6.

Tabela 6 – Consumo per capita de massas alimentícias no Brasil entre os anos 2018 e 2021.

Período (anos)	2018	2019	2020	2021
Consumo (Kg/per capita)	4,79	4,9	5,06	6

Fonte: Monitor Mercantil (2021).

De acordo com a ABIMAPI (2020) foi registrado também aumento de faturamento decorrente do crescimento nas vendas desses produtos durante o ano de 2020, período no qual as massas instantâneas tiveram acréscimo de 19,8% nas vendas, enquanto as massas alimentícias tiveram crescimento de 13,4% no valor comercializado em relação ao ano de 2019.

Vale ressaltar que mesmo com o agravamento da pandemia de COVID-19 nos anos de 2020/21, responsável por grande recessão econômica à nível mundial, particularmente no Brasil, onde no biênio 2020/21, a quantidade de pessoas desempregadas atingiu o segundo maior índice na série histórica (FGV, 2021), o setor de massas alimentícias e panificação continuou a crescer, a despeito das dificuldades enfrentadas.

Segundo a ABIMAPI (2022) as exportações de massas alimentícias totalizaram US\$ 17,6 milhões e um volume de vendas de 17 mil toneladas. No ano de 2021 o Brasil aumentou as exportações de massas com ovos em 116%. Para o corrente ano de 2022, a ABIMAPI projeta um aumento no consumo de pães, biscoitos e massas, que varia entre 3% e 5%, uma vez que a principal medida efetiva de combate à pandemia, que é a vacinação, foi imple-

mentada no país, assim como a flexibilização do distanciamento social, o que levará mais pessoas a consumirem estes produtos também fora de seus lares.

A nível mundial, embora o Brasil tenha sido o terceiro maior produtor de massas alimentícias em 2021, sendo superado apenas pela Itália e pelos Estados Unidos, o país ocupou ainda a quarta colocação no *ranking* de consumo de macarrão. Se for levado em conta o consumo *per capita*, o Brasil ocupa a décima quinta colocação, consumindo em média 6 kg/ habitante, ficando atrás de países bem menos populosos como a Venezuela, que figura como o segundo maior consumidor mundial com média de consumo *per capita* de 12 kg/ habitante e muito distante da Itália, cujo consumo *per capita* é de 25,3 kg/ habitante (ABIMAPI, 2021).

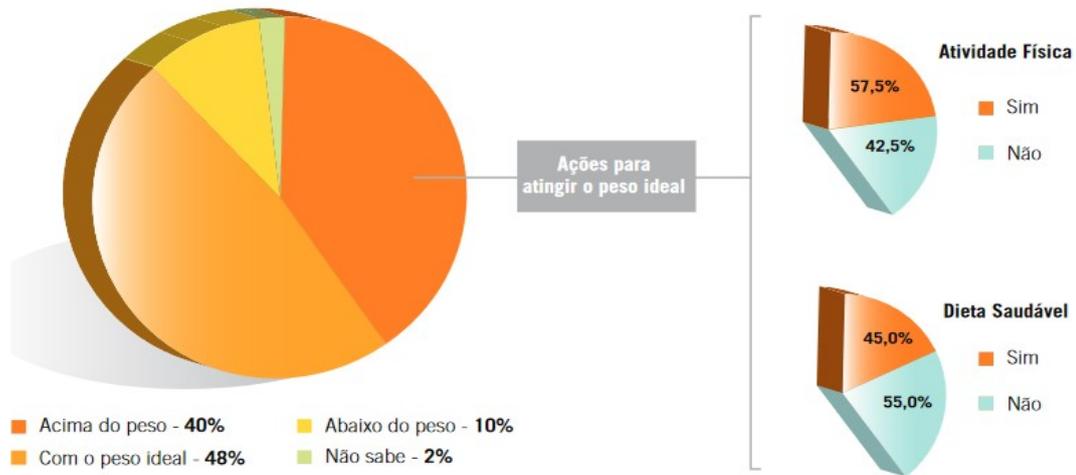
2.2.3 Alimentação saudável e enriquecimento nutricional de massas alimentícias

Produtos elaborados unicamente a partir da farinha de cereais não integrais, geralmente apresentam em sua composição, elevados teores de carboidratos e baixas concentrações de outros componentes considerados importantes sob aspecto nutricional, como ácidos graxos, proteínas, vitaminas, fibras alimentares, minerais e compostos bioativos (MALUF, 2010).

Para Lemes *et al.*, (2012), as massas alimentícias, sobretudo quando industrializadas, embora tenham grande aceitação por conta de seus atributos sensoriais, geralmente, são alimentos calóricos, alguns contendo também elevado teor de sódio e por isso são considerados pobres, ou mesmo prejudiciais à saúde, quanto a seu aspecto nutricional.

Uma pesquisa encomendada ao IBOPE pela FIESP em 2020, revelou que 40% dos entrevistados se consideram acima de seu peso ideal e 10% acreditam estarem abaixo do peso, de acordo com suas próprias avaliações e autocrítica individual. Destes que não estão satisfeitos com seu peso, 57,5% relataram a prática de alguma atividade física para atingir o peso que idealizam e 45% disseram que estariam dispostos a aderir a uma dieta saudável para atingir este objetivo. O gráfico contendo os resultados desta pesquisa é apresentado na figura 4, onde observa-se que 50% dos entrevistados, consideram que precisam manter algum controle sobre o peso para sentirem-se saudáveis, e destes, um percentual considerável acredita que pode atingir seus objetivos, seja com a prática regular de atividade física, ou aderindo a uma dieta mais saudável.

Figura 4 – Gráfico resultante da pesquisa sobre a autocrítica dos consumidores em relação a seu peso e principais ações para atingir o peso ideal.



Fonte: adaptado de Brasil Food Trends (2020).

Um fato que também chama a atenção na pesquisa, é que o percentual de pessoas dispostas a não aderir à prática de atividade física para obter melhora na sua condição de saúde, é bastante elevado, assim como o percentual daqueles que não pretendem fazer alterações na dieta. Deste resultado, pode-se inferir que uma parcela considerável dos entrevistados apresenta tendência ao sedentarismo, embora parte deles aceite alguma intervenção na mudança de seus hábitos alimentares.

Não obstante, o consumo de cereais integrais ou de produtos elaborados a partir destes, com adição de outras matérias-primas notadamente de origem vegetal, pode ser considerado um importante aliado à saúde, além de apresentar potencial para ter boa aceitação entre os consumidores, por acrescentar constituintes nutricionais importantes.

Além disso, em algumas situações, é possível o aproveitamento de ingredientes que seriam destinados ao descarte industrial, ou ainda provenientes de fontes vegetais muitas vezes não utilizadas para este fim, que podem acrescentar compostos nutricionais e/ou com atividade biológica a estes alimentos sem grande elevação no seu custo de produção (FOGAGNOLI; SERAVALLI, 2014).

Um exemplo prático que corrobora com os autores antes citados, foi observado em um estudo conduzido por Salem, Hassam e Akrami (2021), no qual os autores observaram a presença de diversos compostos bioativos em resíduo industrial (torta) do fruto da moringa, resultado do descarte deste material pela indústria de celulose para produção de papel.

Considerando-se o elevado consumo de massas alimentícias, o custo acessível às diversas classes sociais, a deficiência que estes produtos apresentam em muitos componentes

importantes quanto ao aspecto nutricional e facilidade para incorporar novos ingredientes mantendo a qualidade do produto final, sem confrontar a Legislação em vigor, o enriquecimento destes alimentos, torna-se uma alternativa interessante, de forma que podem ser citados como exemplos, o desenvolvimento de massas alimentícias decorrentes da adição de ingredientes oriundos de diversas fontes, como fibras de maracujá (FOGAGNOLI; SERAVALLI, 2014) ou mesmo coprodutos gerados pela indústria agroalimentar, como farinha de soja desengordurada, soro de leite em pó e extrato de levedura (MARUSSO, 2008).

2.3 Critérios de qualidade na fabricação de massas alimentícias

A destinação industrial e aspectos tecnológicos de farinhas de trigo para elaboração de produtos específicos, relacionam-se diretamente com as características físicas e químicas de seus componentes e suas propriedades reológicas, de forma que as análises que avaliam a reologia das massas constituem importante etapa na rotina de uma indústria. Adiante, apresenta-se de forma sucinta, as principais características químicas e propriedades reológicas da farinha de trigo e as análises realizadas na indústria para determinação destes parâmetros.

2.3.1 Características físicas e químicas

2.3.1.1 Cor

A cor de um alimento pronto ou de um insumo que servirá como matéria-prima para a elaboração de alimentos, é um parâmetro importante, que exerce grande influência junto ao consumidor. Embora o padrão de cor seja uma característica física, os constituintes químicos presentes no material atuam como determinantes deste aspecto. Vale ressaltar também, que a cor do produto é um fator importante para determinar a sua aceitação, ou não e aquisição pelos consumidores, uma vez que componentes como os carotenoides, ou mesmo o teor de cinzas, podem interferir na coloração do produto final (BAGDI *et al*, 2016; MARTINIBIANCO, 2011).

2.3.1.2 Amido danificado

O processo de moagem do trigo, consiste na trituração mecânica dos grãos, o que acarreta danos aos grânulos de amido, estes danos, poderão ocorrer em maior ou menor intensidade, a depender de fatores como o próprio maquinário utilizado e a qualidade e variedade de trigo utilizada (MORGAN; WILLIAMS, 1995; LABUSCHAGNE, CLAASSEN; DEVENTER, 1997).

Os danos causados ao amido, refletem diretamente na qualidade da farinha de trigo, uma vez que aumenta a atividade da enzima alfa-amilase pelo aumento do contato desta enzima com seu substrato, alterando parâmetros como capacidade de absorção de água, tempo de fermentação e cor, determinando o direcionamento da farinha para linhas de produtos específicos (MORRISON; TESTER, 1994; YAMAMOTO *et al.*, 1996; GUTKOSKI *et al.*, 2007).

O teste para determinação do teor de amido danificado, é efetuado em um equipamento específico para este fim e sua determinação baseia-se no princípio da amperometria, método eletroquímico proposto por Medcalf e Gilles, (1965) que neste caso, determina a absorção de iodo presente em uma solução diluída de farinha de trigo, uma vez que esta absorção é variável de acordo com os danos ocorridos nos grânulos de amido durante a etapa de moagem.

2.3.1.3 Umidade

O teor de umidade determina a quantidade de água livre encontrada em uma amostra de farinha de trigo, na forma em que este produto é comercializado antes de ser utilizado como matéria-prima para a elaboração de alimentos. O controle da umidade na indústria é importante para fins de processamento, quando da fabricação de pães, bolos, massas e biscoitos, devendo ser mantido preferencialmente entre os valores de 13 % a 14%, pois teores de umidade acima destes valores, tendem a promover a formação de grumos durante o processamento da massa, podendo inclusive, causar danos ao maquinário, além de tornar o ambiente favorável ao desenvolvimento de fungos e ao apodrecimento durante o estoque. Nesse sentido, a RDC 263/05 da ANVISA, determina que para as farinhas comuns, integrais, especiais, amido e farelos de cereais são admitidos valores para umidade de 15% no máximo (BRASIL, 2005).

2.3.1.4 Atividade da enzima α -amilase

A atividade proporcionada pela alfa-amilase corresponde a cerca de 90% de toda ação amilolítica na farinha de trigo. Esta enzima atua promovendo a ruptura das ligações glicosídicas α -1,4 (amilose) presentes no amido e glicogênio. Todavia, a ação combinada com outras enzimas responsáveis pela degradação do amido, como a beta-amilase e alfa-glucosidase, é o fator que vai tornar possível a liberação de oligossacarídeos de glicose, que posteriormente darão origem à açúcares redutores (WAREEN *et al*, 2015).

A determinação da viscosidade de uma farinha de trigo em suspensão aquosa e submetida a aquecimento é medida a partir do tempo de queda expresso em segundos, da haste do viscosímetro que está imersa nesta solução. O processo de gelificação começa na temperatura de 55°C e termina com a inativação da enzima em temperatura próxima de 80°C, consistindo no teste denominado *falling number* (FN), ou número de queda. Esta análise detém grande importância para a indústria, pois expressa de forma indireta, a ação da alfa-amilase e consequente quebra do amido. Assim, quanto maior a atividade da enzima, menor será o valor de FN, porque terá ocorrido maior quebra do amido, com consequente redução da viscosidade da pasta, ou seja, devido a redução do teor de amido íntegro por ação da enzima, ocorrerá menor gelatinização. O valor obtido resultará de uma diminuição da viscosidade da solução, acelerando o tempo de queda da haste do viscosímetro (QUAGLIA, 1991).

Embora não existam valores específicos de FN que possam ser adotados para todas as indústrias, uma vez que a elaboração dos produtos estará sujeita ao tipo de processamento adotado e ao maquinário utilizado em cada empresa, existem valores estabelecidos previamente que podem ser aplicados para orientar os tipos de produtos a que o trigo será destinado, conforme mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 – Relação entre os valores de *falling number* e produtos a serem elaborados na indústria.

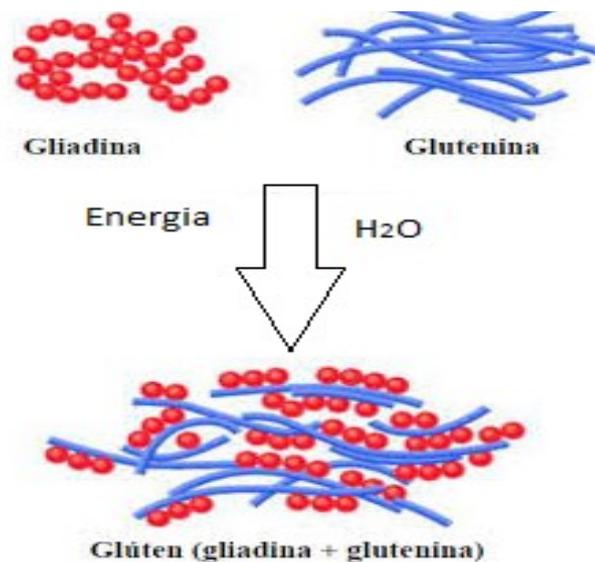
<i>Falling number</i> (s)	Produtos
> 350	Massas (macarrões, pizzas)
225 - 275	Pães e biscoitos fermentados
200 - 250	Bolos e biscoitos doces

Fonte: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/item3.php>.

2.3.1.5 Glúten e proteínas

Cerca de 80% das proteínas presentes em farinhas de trigo correspondem às proteínas gliadina e glutenina, que formam a rede de glúten quando submetidas a ação mecânica em presença de água, cujo esquema está representado na Figura 5. Além destas proteínas, o glúten apresenta em sua estrutura, outras proteínas (4,4%), amido (6,4%), lipídios (2,8%), açúcares (2,1%) e pequenas quantidades de celulose e minerais (KENT, 1984). A fração solúvel em etanol, compreende o grupo das prolaminas, ao qual pertence a gliadina, que compõe cerca de 43 % do total da fração proteica, enquanto a fração não solúvel em solução etanoica pertence ao grupo das glutelinas, onde se encontra a glutenina correspondente a aproximadamente 39 % do total de proteínas do glúten (SGARBIERI, 1996; WIESER, 2007)

Figura 5 – Esquema da formação da rede de glúten a partir da ação mecânica e hidratação da glutenina e gliadina.



Fonte: Adaptado de “O mundo do trigo” (2015).

Segundo Goesaert *et al.*, (2005), as proteínas compostas principalmente por albuminas e globulinas são encontradas nas camadas mais externas do grão e perfazem cerca de 15% a 20% do total de proteínas do trigo, embora pequenas concentrações sejam encontradas também no endosperma (SIVAM *et al.*, 2010).

A determinação do teor de glúten em uma massa, fundamenta-se no fato que este é insolúvel em água e em suas propriedades específicas, como a capacidade de formar uma

massa plástica e viscosa quando lavado com uma solução salina, o que permite a lavagem e eliminação dos componentes solúveis, restando a fração insolúvel, ou seja, o glúten propriamente dito. Quando a determinação do teor de glúten úmido de uma amostra é realizada, é obtida a quantificação das frações gliadina e glutenina presentes na amostra (GOESAERT *et al.*, 2005). O percentual de glúten em uma farinha de trigo é determinante para as propriedades das massas e suas respectivas destinações tecnológicas, uma vez que durante a manipulação, ocorre a formação da rede proteica que confere as propriedades viscoelásticas às massas, influenciando também em sua hidratação, de forma a conferir o teor de umidade ideal, em torno de 14%, para a destinação da mesma à fabricação de produtos específicos (LEITÃO *et al.*, 1975 *apud* MARIUSSO, 2008; CIACCO, 1982).

Na tabela 8, é apresentado o percentual de glúten, que resulta na classificação das farinhas como fortes ou fracas. Farinhas fortes, são aquelas que apresentam maiores teores de glúten úmido, sendo destinadas à produção de massas alimentícias e pães, pois a elasticidade da massa e a capacidade de retenção de gases é aumentada, o que é vantajoso para estes produtos, uma maior expansão das massas, acarretam pães que apresentam maiores volumes específicos e melhores texturas (MONDAL; DATTA, 2008).

Tabela 8 – Relação entre os valores percentuais de glúten em farinhas de trigo e os produtos a serem elaborados.

Característica	Massas	Pães	Bolos e biscoitos doces	Biscoitos fermentados
Glúten úmido (%)	>28	>26	20 - 25	25 - 30
Glúten seco (%)	>9	>8,5	7,0 - 8,5	8 - 10

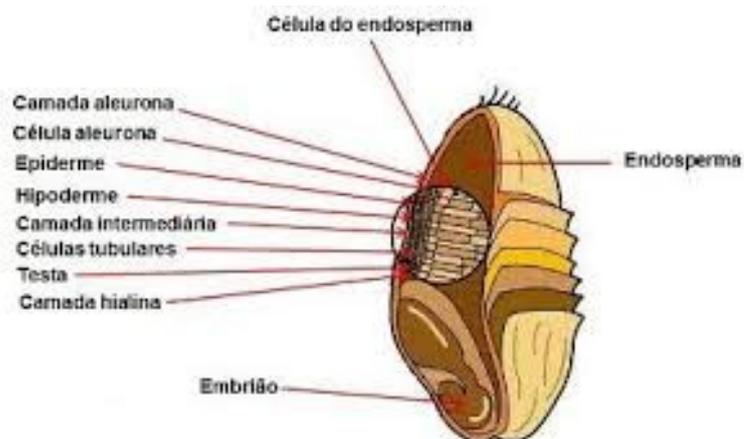
Fonte: lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/1e.php.

Além da elasticidade, o glúten também interfere diretamente em outras propriedades físicas e nas características reológicas de plasticidade e viscosidade conferidas à massa. Por estes motivos, as farinhas com menores teores de glúten são classificadas como fracas, já que a rede formada, confere à massa menos elasticidade, interferindo de forma negativa na retenção do dióxido de carbono produzido durante o processo de fermentação, levando à formação de pães com menores volumes específicos, motivo pelo qual as farinhas com menores teores de glúten são destinadas a outros produtos que não são sujeitos à fermentação, como bolos e biscoitos doces (HAARD, 1992; CALDEIRA *et al.*, 2000; FARONI *et al.*, 2007; WIESIR, 2007).

2.3.1.6 Teor de cinzas

O teor de cinzas em materiais biológicos, retrata a presença de minerais nestas amostras, podendo contribuir para a melhoria nutricional, quando se trata de alimentos que contêm minerais essenciais ao metabolismo (ZAMBLAZI, 2010). Em farinhas de trigo, os minerais encontrados em maiores quantidades são o ferro, sódio, potássio, magnésio e fósforo, constituintes que estão presentes nas camadas mais externas do grão de trigo (Figura 6). Assim, durante as etapas preliminares de preparo dos grãos, estas camadas são retiradas acarretando consideráveis perdas de minerais, restando o endosperma que será destinado à moagem para a produção da farinha de trigo comum ou especial (SANTANA *et al.*, 2000).

Figura 6 – Representação estrutural do grão de trigo.



Fonte: Agrolink (2018).

De acordo com a Instrução Normativa 8/2005 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a farinha de trigo integral deve apresentar no máximo 2,50 % de cinzas em base seca, enquanto as farinhas classificadas como tipo 1 e tipo 2, devem apresentar também em base seca, teores de 0,80% e 1,40%, respectivamente (BRASIL, 2005). Assim como ocorre com a atividade da enzima α -amilase e com o teor de glúten, o percentual de cinzas também pode ser utilizado como parâmetro para direcionar o uso da farinha de trigo na elaboração de produtos específicos, embora seja apenas uma referência, podendo variar de acordo com os procedimentos adotados na indústria. Na tabela 9, são determinadas as faixas de teores de cinzas e sua relação com as categorias de produtos a serem elaborados.

Tabela 9 – Relação entre teores de cinzas em farinhas de trigo e os produtos a serem elaborados.

Teor de cinzas (%)	Produtos
0,50 – 0,70	Massas e pães
0,45 – 0,55	Bolos
0,70 – 1,00	Biscoitos Fermentados
0,80 -1,20	Biscoitos doces

Fonte: lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/1c.php

2.4 Reologia de massas

A farinha de trigo destinada à produção industrial é inicialmente misturada à água, resultando na formação da massa, um corpo com características peculiares viscoelásticas e pseudoplásticas, no qual coexistem os estados sólido e líquido, apresentando propriedades comuns a estes dois estados, como a elasticidade (comum aos sólidos *hookeanos*) e a viscosidade (característica dos fluidos não newtoneanos) sendo por isso considerado um material viscoelástico (MIRSAEEDGHAZI *et. al.*, 2008).

Assim, o glúten é o principal componente que determina as propriedades reológicas da massa. Sua qualidade é mensurada em amostragens de farinhas submetidas a testes em equipamentos que medem a força da farinha, ou seja, a capacidade de esta ser submetida a um tratamento mecânico, quando misturada com água. Estes testes evidenciam também, o quanto a massa apresenta de capacidade de absorção de água e de retenção de gás carbônico, propriedades fundamentais para destinação da farinha a elaboração de produtos de panificação. Para a melhor aplicação da farinha de trigo na indústria, esta deve ser submetida a pelo menos duas diferentes análises, uma vez que os resultados deverão ser cruzados para obtenção de dados mais precisos referentes a destinação do material (PYLER, 1988). As análises reológicas realizadas com frequência na indústria do trigo são a farinografia e alveografia.

2.4.1 Farinografia

Esta análise tem por objetivo a determinação da capacidade de absorção de água pela farinha de trigo. Quando a mistura de farinha e água é adicionada na masseira do farinógrafo, um dinamômetro, reproduz um gráfico que indica a força aplicada pelo equipamento durante a mistura, bem como as variações de força ocorridas durante o processamento da mas-

sa. Assim, a estabilidade da farinha é definida como a diferença entre o tempo relativo ao ponto em que o topo da curva intercepta a linha das 500 unidades farinográficas (UF) e o tempo relativo ao ponto em que o topo da curva deixa a linha das 500 U.F (FARONI *et al.*, 2002).

Na prática esta leitura pode ser efetuada entre os valores de 480 UF e 520 UF, sendo demarcada uma linha paralela à linha de 500 UF que é mostrada em verde no farinograma. A estabilidade indica a resistência da massa quando submetida a um tratamento mecânico e ao tempo de fermentação, dados importantes para destinação da farinha para fins específicos.

Faroni *et al.*, (2002) destacam ainda que além da estabilidade, outros parâmetros são mensurados, dentre eles o tempo de desenvolvimento da massa, que está diretamente relacionado com a qualidade da proteína. Sua medida é expressa depois de 30 segundos, contados a partir da primeira adição de água ao ponto de máxima consistência, imediatamente antes da primeira indicação de enfraquecimento. Observa-se nessa análise, que as farinhas fortes necessitam de maior tempo de desenvolvimento que as farinhas fracas (PYLER, 1988). Ao final da análise de farinografia, os resultados obtidos permitem a classificação da qualidade da farinha, em função do tempo de desenvolvimento da massa e da estabilidade conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Classificação das farinhas de trigo em função dos parâmetros mensurados na farinografia.

Classificação	Tempo de desenvolvimento (min)	Estabilidade (min)
Muito fraca	≤ 2,0	≤ 2,0
Fraca	2,1 – 4,0	2,1 – 4,0
Média força-fraca	4,1 – 6,0	4,1 – 7,0
Média força-forte	6,1 – 8,0	7,1 – 10,0
Forte	8,1 – 10,0	10,1 – 15,0
Muito forte	≥ 10,1	≥15,0

Fonte: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/2a.php>

Vale ressaltar, que os resultados obtidos nestas análises podem variar de acordo com a farinha, pois esta pode ser obtida de diferentes cultivares do trigo, adaptados às variáveis condições ambientais nos locais de cultivo. O desenvolvimento destes cultivares melhorados, objetiva melhorar a tolerância à acidez do solo, aumentar a resistência às doenças, o aperfeiçoamento do tipo agrônômico, o aumento da produção e a melhoria da qualidade tecnológica, à medida que são desenvolvidos cultivares melhorados quanto a seu desempenho agrônômico e industrial (CONAB, 2017). Portanto, é de fácil entendimento que a análise de

farinhas destinadas à produção de pães, podem gerar gráficos diferentes daqueles obtidos na análise de farinhas que serão utilizadas como matérias-primas para a elaboração de macarrões, por exemplo, e que cada lote de farinha ainda que destinados ao mesmo produto, pode apresentar variações se comparados aos resultados obtidos para os lotes anteriores.

Assim como ocorre para parâmetros químicos, como a atividade enzimática, os parâmetros físicos obtidos no farinograma, apresentam utilidade prática para destinação industrial das massas à elaboração de produtos mais indicados de acordo com suas características, conforme especificado na Tabela 11.

Tabela 11 – Relação entre os parâmetros de farinografia e a aplicação industrial das farinhas.

Característica	Massas	Pães	Bolos	Biscoitos fermentados	Biscoitos doces
Absorção de água (%)	60-64	>55	-	<55	<55
Desenvolvimento (min)	8-13	4-9	1-2	3-6	1-3
Estabilidade (min)	>15	12-18	2-4	6-12	2-4

Fonte: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/2a.php>

2.4.2. Alveografia

A fermentação na indústria da panificação, pode ser explicada sucintamente, como um processo biológico no qual as leveduras adicionadas às massas promovem a conversão dos açúcares em etanol, com liberação de dióxido de carbono. A retenção dos gases, se deve à capacidade de elasticidade da massa, que após a sova, deve ser posta em “descanso” por um período de três horas, para que ocorra a estruturação da rede do glúten e se obtenha pães com maiores volumes específicos (QUAGLIA, 1991).

A alveografia, é um teste que tem por objetivo simular o comportamento da massa durante a fermentação, de forma a avaliar as características viscoelásticas da farinha. Na prática, o teste consiste em elaborar uma massa de farinha de trigo com uma solução de cloreto de sódio, uma vez que o glúten não é solúvel nesta solução, e submetê-la a uma deformação. Posteriormente, esta massa é modelada na forma de um disco, que é acondicionado em uma pequena câmara no equipamento denominado alveógrafo (STEFFE, 1996).

O equipamento infla uma quantidade de ar, formando uma bolha de massa, até que esta se distenda ao limite de provocar sua ruptura. A pressão da bolha é lida pelo manô-

metro no equipamento, que apresenta o resultado na forma de um gráfico. De acordo com Carvalho (2001) parâmetros analisados pelo alveógrafo são:

- Tenacidade (P): que corresponde a pressão máxima de ruptura da bolha e mantém correlação positiva com a capacidade de absorção de água;
- Extensibilidade (L): demonstra a capacidade da massa esticar, permitindo a previsão do volume dos pães;
- Configuração e equilíbrio da curva (P/L): relacionada aos valores de tenacidade e extensibilidade;
- Trabalho (W) também chamado de energia de deformação: é a força expressa em milhares de *ergs* (ou em razão de 10^{-4} joules) para deformar um grama da massa em condições experimentais.

Gutkoski e Neto (2002) destacaram que a expressão “força da farinha” se refere à capacidade da mesma, após ser submetida a um tratamento mecânico com água, manter-se em condições de apresentar capacidade de expansão que possa proporcionar pães com bons volumes específicos, além de textura interna sedosa e granulometria aberta. Na tabela 12, são expressas as especificações das farinhas para elaboração dos produtos, com base nos resultados da alveografia.

Tabela 12 - Relação entre os parâmetros de alveografia da farinha e os produtos a serem destinados.

Característica	Massas	Pães	Bolos	Biscoitos fermentados	Biscoitos doces
Valor de Configuração e Equilíbrio da Curva (P/L)	>1,5	0,6-1,5	_	0,5-0,9	0,2-0,5
W (10^{-4} Joules)	>280	180-275	<100	150-200	<100

Fonte: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/2a.php>

As análises reológicas desempenham importante papel na indústria do trigo, pois a partir dos resultados obtidos, torna-se possível a garantia da qualidade durante o processo de fabricação, a redução de custos, com a otimização das matérias-primas disponíveis, sendo possível adotar procedimentos para intervir no processo, como o uso de aditivos e outros ingredientes, quando necessários, de forma a melhorar a qualidade do produto final, para que este tenha boa aceitação ao ser disponibilizado ao consumidor (RAO, 1986; WANG *et al.*, 2000; SCHRAMM, 2006). Assim, o conhecimento das propriedades reológicas do material utilizado, se faz importante para etapas posteriores do processamento, a exemplo da extrusão

de massas (extrusão termoplástica), um processo tecnológico, utilizado na rotina das indústrias de alimentos, notadamente no processamento de cereais, para obtenção de produtos modelados, ao forçar a passagem da massa através de um molde matriz na extrusora (GRASSO, 2020).

2.5 Massas alimentícias enriquecidas

A demanda por alimentação e estilos de vida mais saudáveis, tem motivado o desenvolvimento de novos produtos alimentícios, assim como a utilização de ingredientes que possam conferir-lhes propriedades que estejam relacionadas com a manutenção da saúde e/ou redução e prevenção do risco de enfermidades. Assim, a alimentação deixou de ser apenas uma questão de sobrevivência, assumindo a condição de protagonista na promoção da saúde e manutenção de uma boa qualidade de vida (ASHWELL, 2002).

Uma considerável gama de novos ingredientes tem sido testada visando a elaboração de massas alimentícias enriquecidas, cujo objetivo é o desenvolvimento de produtos com ações benéficas ao metabolismo humano, de forma a contribuir com a melhoria do valor nutritivo e conferir benefícios à saúde quando ingeridos com frequência e em quantidades determinadas em uma dieta padrão. Neste sentido, estes produtos devem ser apresentados como alimentos convencionais e fazer parte da dieta no cotidiano dos consumidores (CARDOSO; OLIVEIRA, 2008).

A exemplo de outros cereais integrais, o trigo também pode proporcionar benefícios à saúde. Em um estudo desenvolvido por Zalatnai *et al.*, (2001), foi demonstrado que um extrato obtido de um fermentado do gérmen de trigo dissolvido em água, apresentou capacidade de inibir câncer de cólon induzido por azoximetano em ratos da linhagem F-344, quando administrado por gavagem na dose de 3 g/kg de peso corporal.

Todavia, a farinha de trigo refinada, apresenta predominantemente carboidratos não estruturais em sua composição, pois durante o beneficiamento dos grãos para sua produção, as camadas mais externas e o germe, que concentram maiores teores de gorduras insaturadas, proteínas (não glúten), vitaminas e minerais não são aproveitados. Produtos obtidos do trigo integral ou do farelo de trigo, possuem além dos componentes supracitados, compostos antioxidantes, como ácidos fenólicos livres e fibras dietéticas, estas últimas importantes para o bom funcionamento do aparelho digestório (BAUBLIS *et al.*, 2000).

A incorporação de farinhas de outras fontes em substituição parcial à farinha de trigo na elaboração de massas alimentícias, visa acrescentar os potenciais benefícios que estes

ingredientes podem conferir aos produtos. Padalino *et al.*, (2017), desenvolveram macarrão adicionado de farinha de casca de tomate, com o objetivo de enriquecer este produto em compostos com atividade funcional. Aranibar *et al.*, (2018) utilizaram a torta resultante do processamento de sementes de chia para extração do óleo, visando o enriquecimento de produtos derivados da farinha de trigo. Em outro estudo, Silva *et al.*, (2019) utilizaram farinha de brotos no enriquecimento de massas alimentícias frescas e constataram aumento nos teores de cinzas e fibras, além de viabilidade quanto às propriedades tecnológicas, quando este ingrediente foi utilizado na formulação de 10% em substituição à farinha de trigo.

Conforme os resultados obtidos pelos estudos acima citados, observa-se que o enriquecimento de massas alimentícias, pode conferir melhoria destes produtos quanto ao aspecto nutricional, sem alterar as propriedades tecnológicas a ponto de inviabilizar o desenvolvimento destes produtos. Nesse sentido, a utilização da moringa para este fim, apresenta-se promissor, considerando o potencial que os frutos possuem para conferir melhorias na composição das massas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Elaboração das massas alimentícias

As massas alimentícias foram elaboradas no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, no Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará.

3.2 Identificação, coleta do material e sanitização das vagens de moringa

Na figura 7 é apresentada a exsicata da espécie *Moringa oleifera*, coletada no Campus do Pici, em Fortaleza, que está catalogada no acervo do Herbário Prisco Bezerra, da Universidade Federal do Ceará, sob o número EAC32628 (NUNES; FERNANDES, 2003). O presente estudo foi cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) sob o número A1C3149.

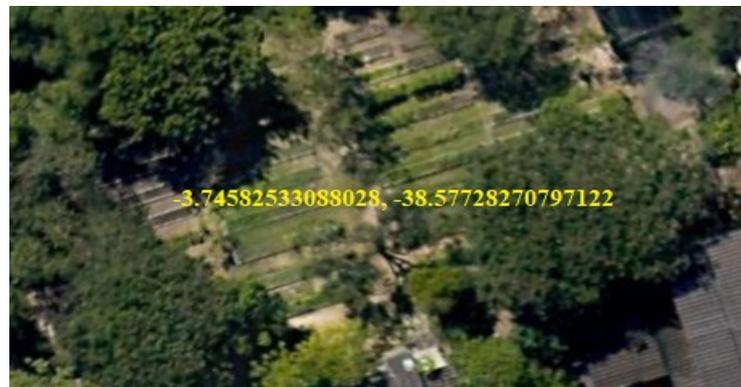
As vagens de moringa utilizadas para elaboração da farinha foram coletadas pela manhã, em dias com incidência de luz solar. A coleta foi realizada no Horto de Plantas Medicinais Professor Francisco José de Abreu Matos, da Universidade Federal do Ceará. As vagens foram levadas para o Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, onde foram higienizadas em um recipiente contendo uma solução padrão de hipoclorito de sódio na concentração de 1,5%, por 15 minutos, depois lavadas em água corrente e armazenadas em temperatura de congelamento (-2°C), para posterior elaboração da farinha. Na figura 8, é apresentada a imagem de satélite com as coordenadas de localização do local de coleta dos frutos.

Figura 7 – Exsicata da espécie *Moringa oleifera* (Lam).



Fonte: Nunes e Fernandes (2013).

Figura 8 – Imagem de satélite e coordenadas de localização do Horto de Plantas Medicinais Prof. Francisco José de Abreu Matos, da Universidade Federal do Ceará.



Fonte: Google Maps (2022).

3.3 Elaboração da farinha da vagem da moringa e das farinhas mistas de trigo e moringa

Após o descongelamento, as vagens foram submetidas a finos cortes, em um multiprocessador para facilitar a perda do seu conteúdo de umidade, ficando expostas à temperatura ambiente (27°C) por duas horas. Em seguida foram desidratadas em estufa pelo período de 24 horas, em temperatura controlada de 45°C ($\pm 3^\circ\text{C}$).

Ao término deste período, o material desidratado, foi triturado no mesmo equipamento usado para os cortes e submetido a moagem em um moinho marca Perten® modelo 3100. Para micronização e obtenção do pó das vagens, o material obtido na etapa anterior, foi peneirado em um agitador automático, em tamizes de 60 mesh para obtenção da farinha com partículas de diâmetros de 250 μm . O rendimento final do processo foi calculado utilizando-se a equação 1.

$$R(\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

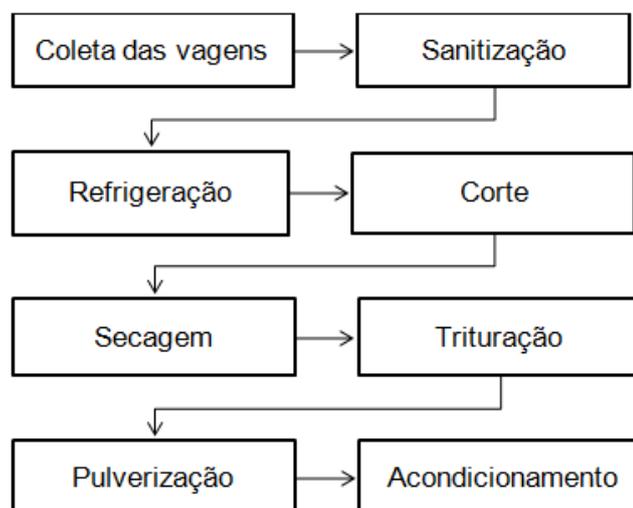
Onde,

P_i = peso da amostra *in natura*

P_f = peso final da amostra, após secagem e tamização

O fluxograma da figura 9, apresenta sucintamente as etapas para obtenção do pó da vagem da moringa.

Figura 9 – Fluxograma das etapas para obtenção da farinha da vagem de Moringa.



Fonte: Autor (2019).

Uma parte das amostras foi destinada para ser misturada à farinha de trigo, objetivando a elaboração das farinhas mistas para formulação das massas, enquanto outra porção foi separada para as análises posteriores. As farinhas mistas foram preparadas com a adição de farinha da vagem da moringa nos percentuais de 15% e 20% em substituição à farinha de trigo. O material foi identificado de forma a diferenciá-lo dos lotes a serem produzidos posteriormente. Em seguida a farinha foi acondicionada em frascos plásticos hermeticamente fechados, protegidos contra a incidência de luz em temperatura de $4^{\circ}\text{C} \pm (2^{\circ}\text{C})$.

3.4 Análises da farinha da vagem da moringa

3.4.1 Caracterização físico-química, composição centesimal e cálculo do valor energético

A acidez total titulável foi determinada segundo a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os valores de pH para as farinhas e massas prontas, foram determinados segundo o método nº 981.12 AOAC (1997), com potenciômetro Hanna® Instruments modelo 8714 previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e pH 7,0.

Os padrões de cores das amostras foram avaliados em um colorímetro Konica Minolta® modelo CR 400, sendo realizadas três leituras para cada uma delas, diretamente no equipamento segundo o método nº 14-22 (AACC, 2000b). A determinação colorimétrica foi realizada por meio do sistema CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) utilizando os seguintes parâmetros: L*, a*, b* (L* = luminosidade; a* positivo = tonalidade vermelha e a* negativo = tonalidade verde; b* positivo = tonalidade amarela; b* negativo = tonalidade azul).

A determinação do teor de umidade foi efetuada em conformidade com o protocolo nº 44-15 (AACC, 2000).

O teor de lipídios nas amostras foi determinado de acordo com o método nº 30-20 (AACC, 2000).

O teor de proteínas foi determinado pelo método micro-Kjeldahl, segundo o procedimento nº 46-12 (AACC, 2000).

Para a determinação de fibras alimentares foi utilizado um analisador de fibras dietéticas, marca ANKON, modelo TDFI, em conformidade com o método 991-43 (AOAC, 2010).

O percentual de cinzas foi determinado de acordo com método 8-12 (AACC, 2000).

O percentual de carboidratos totais em base seca, foi estimado por diferença, subtraindo-se de 100 o somatório de lipídios, proteínas e cinzas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Os valores energéticos foram determinados de acordo com a Resolução RDC nº 360, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003) utilizando-se os coeficientes de Atwater (1896), conforme expresso abaixo:

$$\text{Valor energético} = [4 \times (\text{g proteína}) + 4 \times (\text{g carboidratos}) + 9 \times (\text{g lipídios})] *$$

*Os valores de fibras não são utilizados para o cálculo do valor energético total.

3.4.2 Avaliação de toxicidade na farinha da vagem da moringa

3.4.2.1 Citotoxicidade

Para a avaliação da toxicidade em células humanas, foi utilizada cultura de neutrófilos na concentração de $2,5 \times 10^6$ células/mL. Inicialmente, as células foram incubadas em cinco tubos de ensaio pelo tempo de 15 minutos, em temperatura de 37 °C, contendo respectivamente uma solução aquosa preparada a frio e uma solução preparada por infusão em água, obtidas a partir da farinha da vagem da moringa na concentração de 100 µg/mL, sendo utilizado como controle a solução HBBS (*Hank's Balanced Salt Solution*) e como padrão citotóxico a solução Trtiton™ X-200 a 0,2%. Na etapa seguinte, o material foi centrifugado por 10 minutos a 755 FCR em temperatura de 4°C.

Após esta etapa, os sobrenadantes foram coletados e transferidos para tubos *ependorf*, onde foram mantidos em banho de gelo, enquanto realizou-se a leitura. Para a determinação da atividade da enzima lactato desidrogenase (LDH), 250 µL de substrato foram coletados e a estas amostras foram adicionados 25 µL do sobrenadante. Foi realizada leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 340 nm nos tempos de 1 e 3 minutos. Os resultados para determinação da atividade de LDH foram aplicados na equação 2:

$$A = \left[\frac{(A_1 - A_2)}{2} \right] \times 1746,03 \quad (2)$$

Onde:

A = atividade da enzima LDH na amostra em U/L;

A₁ = absorvância inicial (1 minuto) em 340 nm;

A₂ = absorvância final (3 minutos) em 340 nm;

Fator de cálculo fornecido pelo fabricante para volume de amostra de 25µL = 1746,03.

3.4.2.2 Toxicidade em náuplios de *Artemia salina*

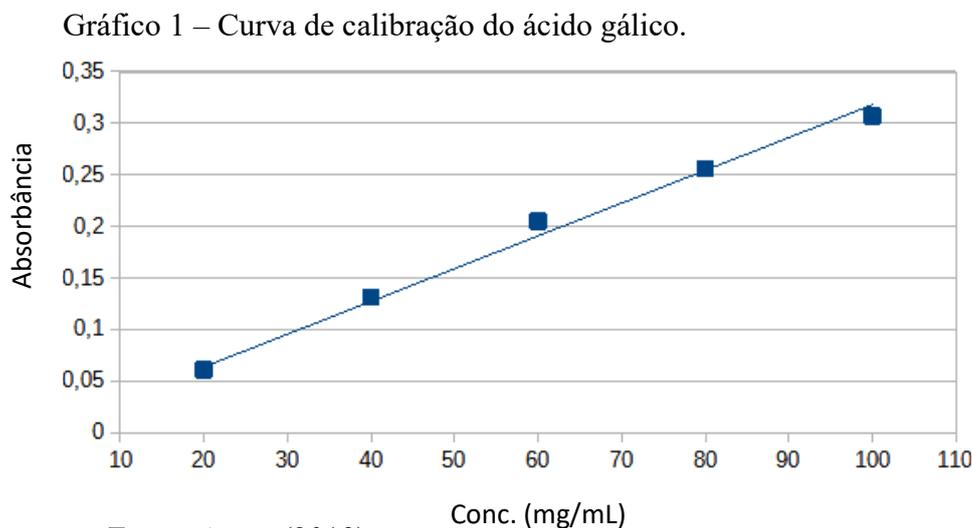
De acordo com a metodologia proposta por Meyer *et al.* (1982) foi preparada uma solução salina na concentração de 30 g/L (3,0%). O pH desta solução foi ajustado para um valor intermediário entre 8,0 - 9,0, com a adição lenta de uma solução de NaOH, na concentração de 0,1 mol/L. Em seguida, os ovos de *Artemia salina* foram colocados na solução por 24 horas, até a eclosão. Este ambiente contendo a solução e os ovos, foi mantido com aeração constante, sob iluminação artificial em temperatura controlada de 25 °C ± 0,5 °C em um aquário. Após a eclosão, os náuplios (larvas) foram transferidos para os frascos contendo os extratos aquosos de farinha da vagem da moringa nas concentrações de 100, 500 e 1000 µg/mL, e novamente incubados em temperatura de 27 °C, sob iluminação de artificial, por 24 horas. Ao final deste período de exposição dos organismos às soluções, foi realizada a contagem dos organismos mortos e daqueles que permaneceram vivos e calculada a concentração letal média utilizando pelo método PROBIT, com uso de software e confiança estatística de p<0,05.

3.4.3 Determinação de compostos bioativos

3.4.3.1 Fenólicos totais

O teor de fenólicos totais foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Oliveira *et al.* (2015). Foram preparadas soluções metanólicas de FVM, MC, M15 e M20, nas concentrações de 20; 40; 60; 80 e 100 mg/mL, às quais foi acrescentado 1,0 mL do reagente de *Folin-Ciocalteu* (1:4), 1,0 mL de carbonato de sódio 15% (Na₂CO₃,) completando-se o volume com água destilada até atingir 10 mL. As soluções foram mantidas em repouso por 2 horas, em seguida centrifugadas em velocidade 4000 rpm por 4 min. O sobrenadante foi coletado e a leitura foi realizada em um espectrofotômetro (UV/VIS) no comprimento de onda de

750 nm. A solução controle foi preparada seguindo os mesmos procedimentos, exceto a presença das amostras em análise. Foram realizadas cinco leituras de absorvância, cujos resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por 100 g de amostra (mg EAG/100 g). Foi utilizado o *software* Libre Office Calc, para obtenção da curva de calibração do ácido gálico ($y = 0,0032x$; $r^2 = 0,997$), representado no gráfico 1.

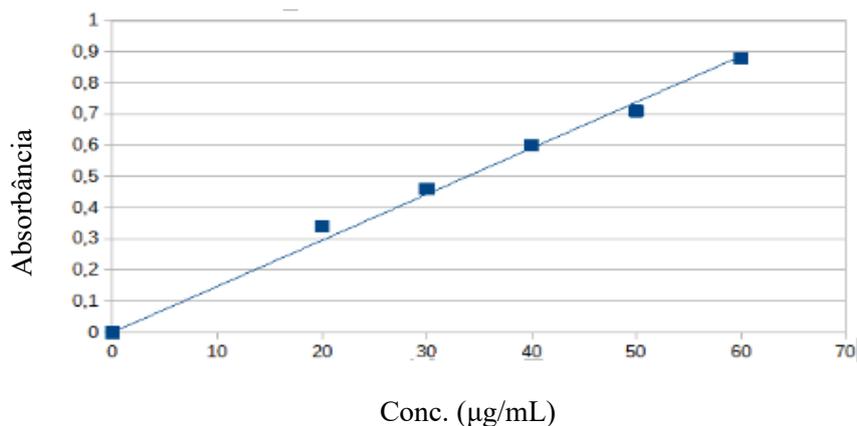


Fonte: Autor (2019)

3.4.3.2 Flavonoides totais

Para esta análise, foi utilizada metodologia por Oliveira *et al* (2015). Foram preparados 1 mL de soluções de FVM, MC, M15 e M20 nas concentrações de 20; 30; 40; 50 60 mg/mL em metanol. Em seguida, foi adicionado 1 mL de uma solução de cloreto de alumínio (20%) e mais 100 μ L de ácido acético (50%). As misturas foram mantidas em repouso por 30 minutos e passado esse tempo, as amostras foram centrifugadas na velocidade de 4000 rpm por 4 minutos. O sobrenadante foi coletado e a leitura foi efetuada em um espectrofotômetro (UV/VIS) na absorvância de 420 nm. Foram realizadas cinco leituras para cada amostra, sendo os resultados expressos em miligramas de equivalente de quercetina (padrão) por 100 g de amostra (mg EQE/100 g). O gráfico 2 representa a curva de calibração da quercetina ($y = 0,0148x$; $r^2 = 0,998$).

Gráfico 2 – Curva de calibração da quercetina.



Fonte: Autor (2019).

3.4.3.3 Carotenoides (licopeno e β -caroteno)

Para determinação de carotenoides, foi utilizada a metodologia proposta por Nagata e Yamashita (1992). Foi pesado 1,0 g da amostra, extraída com 10 mL de uma mistura de acetona-hexano (4:6) e submetida a agitação em vórtex por 1 minuto. O sobrenadante foi retirado e a amostra foi filtrada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV/VIS nos comprimentos de onda: 453nm, 505nm, 645nm e 663nm. Os resultados das leituras foram aplicados nas equações 3 e 4:

- **Licopeno**

$$(\mu\text{g}/100\text{ ml}) = (0,0458 \times a_{663} + 0,204 \times a_{645} + 0,372 \times a_{505} - 0,0806 \times a_{453}) \times 1000 \quad (3)$$

- **B-caroteno**

$$(\mu\text{g}/100\text{ ml}) = (0,216 \times a_{663} - 1,22 \times a_{645} - 0,304 \times a_{505} + 0,452 \times a_{453}) \times 100 \quad (4)$$

3.4.4 Determinação do perfil lipídico

As frações lipídicas extraídas em Soxhlet foram submetidas a reação de transesterificação e após a evaporação dos solventes, reconstituídas com hexano padrão CG e injetadas em um cromatógrafo gasoso Shimadzu, modelo GC 2010 Plus, para identificação dos ácidos graxos presentes.

3.4.5 Microscopia eletrônica de varredura e energia dispersiva de raios-X

A microscopia eletrônica de varredura permite a visualização detalhada das microestruturas do material em análise, enquanto o sistema de EDS, possibilita a determinação qualitativa e quantitativa dos elementos químicos presentes nas amostras.

As amostras foram fixadas nos *stubs* por meio de uma fita adesiva de carbono em seguida submetidas ao processo de metalização com uma fina camada de ouro de 20 nm. Este procedimento permite que as amostras apresentem condutividade ao feixe eletrônico emitido pelo microscópio eletrônico de varredura, proporcionando a formação das imagens pelos detectores de elétrons secundários do equipamento.

As análises de MEV-EDS foram realizadas em equipamento Quanta 450 FEG – FEI, com tensão de 20 kV de aceleração de elétrons com aumento de 3000 x.

3.5 Preparo das massas alimentícias padrão e mistas adicionadas com a farinha da vagem de moringa

Foram preparadas as amostras de macarrão do tipo talharim segundo a metodologia proposta por Reis (2013) com teor de umidade máximo de 13%, sendo classificado como massa seca (BRASIL, 2000). Os ingredientes necessários para a formulação padrão estão listados na Tabela 13.

Tabela 13 – Formulação padrão de massa alimentícia do tipo talharim e das massas adicionadas da FVM.

Ingredientes	MC	M15	M20
Farinha de trigo	100,00 g	85 g	80,00 g
Sal	0,780 g	0,78 g	0,780 g
Água	25,00 mL	45 mL	60,00 mL
FVM	-	15,00 g	20,00 g

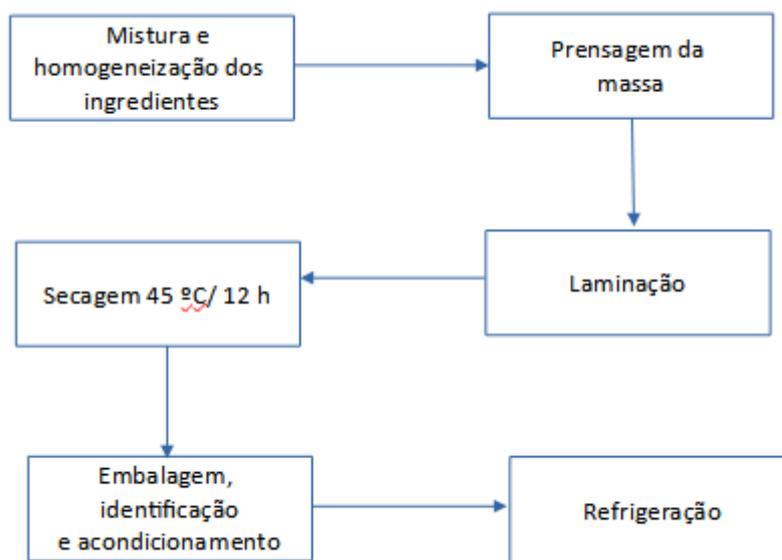
Fonte: Adaptado de Reis (2013).

Para elaboração das massas enriquecidas e da massa padrão os ingredientes sólidos foram misturados previamente e depois submetidos à homogeneização em uma masseira. Em seguida a água foi acrescentada lentamente, até que a massa se apresentou aglomerada e com aspecto homogêneo.

A prensagem da massa foi realizada em uma máquina para produção de macarrão em pequena escala. O equipamento dispõe de dois cilindros em aço inoxidável que permitem a regulagem da espessura da massa, sendo este procedimento repetido até que seja obtida espessura desejada. A laminação das massas foi feita no mesmo equipamento, que possui também dois cilindros específicos para moldagem, com comprimento de 20 cm e largura de 0,5 cm.

Após a obtenção das massas alimentícias, foi realizada a secagem em uma estufa com circulação de ar na temperatura de $45\text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C})$ até obtenção de peso constante. Após esta etapa, as massas secas foram embaladas, identificadas e acondicionadas em sacos de polietileno e refrigeradas em temperatura de $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm (2\text{ }^{\circ}\text{C})$, para análises posteriores. As etapas do processo de elaboração das massas são apresentadas de forma sucinta no fluxograma da figura 10.

Figura 10 – Fluxograma das etapas do processo de elaboração das massas.



Fonte: Autor (2019).

3.6 Análises da farinha de trigo e das farinhas mistas adicionadas com a farinha da vagem da moringa

3.6.1 Caracterização físico-química, determinação da composição centesimal e cálculo do valor energético

Estas análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas no item 3.4.1.

3.6.2 Falling number, amido danificado e teor de glúten (úmido, seco e index)

A determinação do *falling number* foi realizada em equipamento FN 1900, Perten instruments®. Cada análise foi realizada em triplicata, de acordo com o método 56-81 b (AACC, 2000).

Para determinação de percentual de amido danificado as leituras para cada amostra foram efetuadas em equipamento SD Matic® (Chopin) de acordo com a metodologia 76-31 proposta pela AACC (2006).

Os teores de glúten (seco, úmido e *index*) foram determinados com o sistema Perten Glutomatic® de acordo com o método de número 38-12.02 (AACC, 2000).

3.6.3 Análises reológicas

Os ensaios de farinografia foram realizados de acordo com a metodologia 54-21.02 (AACC, 2011), em farinógrafo Brabender® para verificação dos seguintes parâmetros: percentual da absorção de água, tempo de desenvolvimento (min), estabilidade (min) e índice de tolerância a mistura (UF). A operação foi repetida de forma a se obter também os farinogramas para as farinhas adicionadas da farinha de moringa (FM15 e FM20).

Os ensaios de alveografia avaliaram a tenacidade, ou pressão máxima (mm H₂O) suportada pela massa até o limite de ruptura, a abscissa média de ruptura (L-mm), o índice de configuração da curva (P/L) e energia de deformação da massa (W-10⁻⁴ J), em Alveógrafo NG marca Chopin® com registrador automático Alveolink NG, de acordo com o método 54-30.02 (AACC, 1999).

3.7 Análises das massas alimentícias

3.7.1 Avaliação da composição centesimal e cálculo do valor energético

Estas análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas no tópico 3.4.1.

3.7.2 Determinação de compostos bioativos

Estas análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas no tópico 3.4.3.

3.7.3 Determinação do perfil lipídico

Estas análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no tópico 3.4.4.

3.7.4 Microscopia eletrônica de varredura e energia dispersiva de raios-X (MEV-EDS)

Estas análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no tópico 3.4.5.

3.8 Testes de qualidade tecnológica

Foram realizados ensaios de avaliação da qualidade dos produtos com a determinação dos parâmetros listados a seguir:

3.8.1 Tempo de cozimento

Neste ensaio, 10,0 g de cada amostra foi submetida à cocção, em 140 mL de água destilada em ebulição, até total gelatinização do amido nas massas. Posteriormente as amostras foram submetidas à compressão entre duas lâminas de vidro em intervalos de 30 segundos, até que foi verificado o desaparecimento do eixo central, de acordo com o protocolo de número 16 – 50 da AACC (2000).

3.8.2 Aumento da massa do produto cozido

Uma alíquota de 10,0 g de cada amostra foi pesada antes do cozimento, posteriormente, a água foi drenada e após um intervalo de tempo de 3 minutos as amostras cozidas foram novamente pesadas. O valor percentual do aumento da massa é representado pela razão entre a massa do produto cozido e a massa do produto cru (AACC, 2000).

3.8.3 Aumento do volume do produto cozido

O aumento do volume foi determinado relacionando-se os volumes das massas antes e após o cozimento. Foram pesados 10,0 g de massa crua, esta foi amostra imersa em 140,0 mL de hexano. Em seguida, foi medido o volume de hexano deslocado pela massa crua. O mesmo procedimento foi repetido para obter o volume deslocado pela massa cozida. O aumento do volume das massas foi determinado pela razão do volume deslocado pelas massas cozida e crua, em percentual (AACC, 2000).

3.8.4 Perda de sólidos

Foi coletada uma alíquota de 25 mL da água de cozimento de 10 g de cada uma das massas, em cadinhos e levada a estufa com circulação de ar em temperatura de 105 °C até obtenção de peso constante. O resíduo sólido retido nos cadinhos após a secagem, foi pesado e a proporção de massa perdida em relação às amostras cruas foram calculadas e expressas em porcentagem (AACC, 2000).

3.9 Tratamento estatístico

Os resultados foram submetidos a tratamento estatístico para análise de variância ANOVA, determinação das médias e desvios padrões com aplicação do Teste de Tukey (1949) em nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Foram utilizados os programas Past, versão 4.03 e Libre Office Calc, versão 7.3.1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das matérias-primas

4.1.1 Composição centesimal da farinha da vagem da moringa

Fernandes *et al.* (2021) determinaram a composição centesimal de frutos frescos da moringa colhidos em duas diferentes regiões da Guiné-Bissau. Em um comparativo com o presente estudo, os dados listados na Tabela 14, mostraram que houve diferença significativa para os percentuais de todos os componentes determinados.

Tabela 14 – Composição centesimal da farinha dos frutos de *M. oleifera* Lam.

Análise	Fernandes <i>et al</i> (2021)		Leão (2022)
Umidade (g/100g)	79,0 ^a ± 0,4	76,8 ^b ± 0,9	82,4 ^c ± 1,2
Proteínas (g/100g)	19,8 ^a ± 0,04	19,5 ^a ± 0,06	11,52 ^b ± 0,41
Lipídios (g/100g)	4,3 ^a ± 0,1	2,7 ^b ± 0,06	6,03 ^c ± 0,2
Cinzas (g/100g)	6,3 ^a ± 0,06	5,9 ^b ± 0,05	5,37 ^c ± 0,46
Fibras solúveis (g/100g)	N.I	N.I	13,7 ± 1,26
Fibras insolúveis (g/100g)	N.I	N.I	17,1 ± 1,68
Fibras totais (g)	N.I	N.I	30,8 ± 1,53
Carboidratos (g/100g)	79,6 ^a ± 0,1	71,9 ^b ± 0,04	77,08 ^c ± 0,4

Fonte: Adaptado de Fernandes *et al.* (2021); Dados da pesquisa (2022).

Comparação entre os valores encontrados por Fernandes *et al* (2021), na Guiné-Bissau e por Leão (2022) no Brasil. N.I: não informado.

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, representam diferença significativa ($p > 0,05$).

Observou-se que os frutos oriundos das duas regiões da Guiné-Bissau, apresentaram teores consideravelmente mais elevados de proteínas, além de maiores percentuais de cinzas, porém os frutos analisados no presente estudo, apresentaram maior teor de lipídios. Essas diferenças na composição centesimal são justificadas pelas diversas condições em que as plantas se desenvolveram, pois, fatores como clima, composição do solo, pluviosidade, horas

de sol, dentre outros, influenciam o metabolismo vegetal e a elaboração dos compostos fitoquímicos provenientes das variadas rotas metabólicas (YIDA, 2019).

Quanto a composição mineral dos frutos (tabela 15), no presente estudo foram observados maiores valores para o potássio e enxofre, sendo ainda encontradas quantidades consideráveis de cobre, fósforo e cálcio. Melesse e Berihum (2013) estudando a composição mineral de vagens frescas provenientes da Etiópia, encontraram maiores valores de potássio, fósforo e magnésio se comparado ao presente estudo. Vale ressaltar também que os autores não identificaram a presença de enxofre e cobre. Além disso, os teores de todos os minerais observados no presente estudo, diferiram significativamente ($p > 0,05$) dos teores encontrados nos frutos cultivados na Etiópia.

Tabela 15 – Teores de minerais nos frutos frescos de *M. oleífera*.

Minerais	Concentração (g/Kg)	
	Melesse & Berihum (2013)	Leão (2022)
K	36,4 ^a ± 0,34	24,97 ^b ± 0,11
Ca	2,74 ^a ± 0,19	2,49 ^b ± 0,08
P	5,49 ^a ± 0,02	3,74 ^b ± 0,11
S	N.I	7,49 ± 0,09
Cu	N.I	6,23 ± 0,09
Mg	2,69 ^a ± 0,02	1,24 ^b ± 0,04
Na	0,38 ^a ± 0,01	2,32 ^b ± 0,02

Fonte: Adaptado de Melesse e Berihum (2013) Dados da pesquisa (2022).
N.I: não informado. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, representam diferença significativa ($p > 0,05$).

A importância dos chamados macrominerais, como o sódio, potássio, cálcio, fósforo e magnésio, é bem conhecida, estes elementos desempenham importantes funções relacionadas com a estrutura e formação do tecido ósseo e dentes, regulação da pressão arterial, transmissão dos impulsos nervosos, dentre outras. Os microminerais, como o cobre e o zinco, embora necessitem serem adquiridos na dieta em quantidades muito pequenas, desempenham funções vitais, relacionadas a reações enzimáticas, ação antioxidante e modulação do sistema imunológico, o que os torna imprescindíveis para o equilíbrio das funções fisiológicas, garantindo a manutenção de um bom estado de saúde (GOMBART; PIERRE; MAGGINI, 2020).

Em um levantamento de estudos realizados com pacientes portadores da COVID-19, Diyya e Thomas (2022) relacionaram a deficiência de minerais como ferro, zinco, selênio,

magnésio e cobre, com uma maior suscetibilidade à infecções, principalmente de origem viral. O estudo destacou que estes micronutrientes estão envolvidos na proteção das células do sistema imunológico por mecanismos antioxidantes, ainda não totalmente elucidados, e que a deficiência de vitaminas e minerais contribuiu como fator de risco durante o surto de SARS-CoV-2. Os autores acreditam que muitos dos desafios enfrentados durante o tratamento da COVID-19 podem ser superados pela suplementação de micronutrientes, considerando suas crescentes demandas de necessidade em relação à idade, estado físico e presença de comorbidades, dentre outras condições de saúde.

Segundo Pyo, Tsang e Parker (2022), a fortificação de cereais ou de seus produtos derivados com componentes minerais, vem se tornando uma prática comum. Estes autores relatam que a fortificação de arroz com pirofosfato férrico, resulta em um produto com alta estabilidade de micronutrientes e boa aceitação pelos consumidores.

No presente estudo foi verificado que a farinha da vagem da moringa apresenta potencial para ser utilizada no enriquecimento de massas alimentícias, por apresentar em sua composição, minerais importantes como potássio, enxofre, cobre, fósforo, sódio e magnésio. As vantagens do enriquecimento nutricional de alimentos, tornam-se evidentes por aumentar o teor de minerais, principalmente se considerarmos a demanda crescente por uma alimentação saudável e os recentes achados que associam uma maior qualidade dos alimentos associada a adesão a uma dieta saudável, com a prevenção de doenças ou melhoria do estado de saúde dos indivíduos.

4.1.2 Rendimento do processo para elaboração da farinha da vagem da moringa e atividade de água

O rendimento do processamento dos frutos para a elaboração de FVM, foi de 6,2 % ($\pm 0,7\%$), considerando a desidratação dos frutos *in natura*, com teor de umidade de 82,4 % ($\pm 1,2\%$) e o peneiramento em tamiz com malha de 60 mesh, que originou grânulos com dimensões de 250 μm . Após a secagem farinha da vagem da moringa desidratada, apresentou atividade de água de 0,4167 ($\pm 0,014$).

4.1.3 Análises toxicológicas

4.1.3.1 Avaliação de citotoxicidade da farinha da vagem da moringa em cultura de neutrófilos

A mensuração dos níveis da enzima lactato desidrogenase (LDH) é amplamente utilizada como parâmetro para investigação de danos celulares em culturas de neutrófilos, pois injúrias que ocasionem danos à integridade da membrana celular promovem a perda da enzima para o meio externo, permitindo que seja detectada em grandes quantidades no fluido extracelular (LOPES, 2010).

Na tabela 16 são apresentados os valores médios obtidos para a atividade de LDH nas suspensões de neutrófilos em presença das amostras da farinha da vagem da moringa, nas formas de extrato aquoso a frio e extrato obtido por infusão, não apresentaram diferença estatística significativa entre si ($p < 0,05\%$) sendo obtidos valores mais baixos que a média obtida para a suspensão de neutrófilos em solução HBBS.

Tabela 16 – Médias dos valores da avaliação da toxicidade de FVM em cultura de neutrófilos, determinada por meio da atividade de LDH.

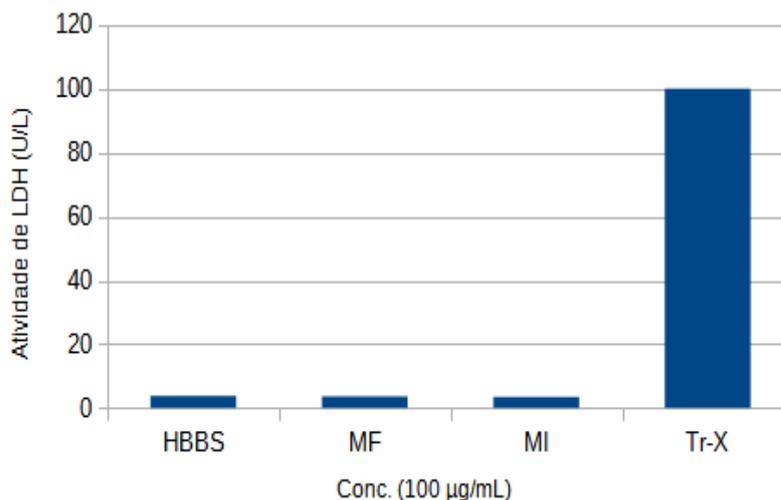
Amostra	Atividade de LDH (U/L)
HBBS	3,73 ^a ± 0,82
MF	3,70 ^a ± 0,64
MI	3,69 ^a ± 0,68
Tr-X	97,96 ^b ± 2,06

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

HBBS - solução controle (*Hank's Balanced Salt Solution*); MF: extrato aquoso de FVM; MI – extrato obtido por infusão de FVM; Tr-X: padrão de citotoxicidade Triton-X. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna, representam diferença significativa ($p > 0,05$).

Portanto, verificou-se a segurança da farinha da vagem da moringa quanto a este parâmetro toxicológico. Em contrapartida, conforme esperado, o padrão de citotoxicidade utilizado neste estudo (Triton X-200), elevou significativamente a atividade de LDH, indicando danos expressivos às células. O gráfico referente aos resultados desta análise é apresentado na figura 11.

Figura 11 – Avaliação da toxicidade de FVM em cultura de neutrófilos determinada por mensuração da atividade da enzima lactato desidrogenase (LDH).



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

HBBS - solução controle (*Hank's Balanced Salt Solution*); MF: extrato aquoso a frio de FVM; MI – extrato de FVM; obtido por infusão Tr-X: padrão de citotoxicidade Triton X-200.

Embora não existam muitos estudos na literatura especializada quanto à citotoxicidade dos frutos da moringa, em um estudo anterior realizado por Mayer e Seltz (1993), os autores relataram que os frutos frescos da moringa são consumidos por populações humanas em países como a Índia, Paquistão, Egito, Sudão e também em países da América Latina, fazendo parte da cultura alimentar destes povos, o que reforça sua segurança quanto ao aspecto toxicológico.

É importante destacar que, no cenário atual, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) por meio da Resolução - RE N° 1.478, de 3 de junho de 2019, suspendeu a utilização de qualquer parte da espécie *Moringa oleifera*, como ingrediente para alimentos, ou como matéria-prima para elaboração de suplementos alimentares, alegando não existirem comprovações da segurança do uso desta espécie como alimento ou suplemento alimentar (BRASIL, 2019). No entanto, os resultados obtidos no presente estudo, que atestaram ausência de citotoxicidade para as vagens da moringa, podem contribuir para que a ANVISA futuramente pondere em reavaliar esta decisão para considerar a liberação do uso da espécie em situações específicas.

4.1.3.2 Avaliação de toxicidade da farinha dos frutos da moringa em náuplios de *Artemia salina* (Leach.)

A. salina é um microcrustáceo comumente utilizado em bioensaios de toxicidade de compostos bioativos provenientes de diferentes fontes, sendo notadamente utilizada em testes para detecção de atividade tóxica em extratos vegetais (ALVES *et al* 2000) e ainda como organismo alvo para avaliar níveis de contaminação ambiental, qualidade água e eficácia de biocidas (NUNES *et al.*, 2006).

De acordo com Meyer *et al* (1982), amostras que apresentam uma dose letal média (DL₅₀) inferior a 1000 µg/mL, são consideradas atóxicas e amostras que apresente uma DL₅₀ superior a 1000 µg/mL são classificadas como tóxicas para a espécie.

No presente estudo, foi avaliada a toxicidade de três extratos aquosos preparados em diferentes concentrações e obtidos por infusão dos frutos frescos de *M. oleifera*. Os resultados obtidos revelaram que todos os extratos foram considerados atóxicos para este microcrustáceo, conforme apresentado na tabela 17.

Tabela 17 – Resultado da avaliação de toxicidade da farinha dos frutos da moringa em náuplios de *Artemia salina* (Leach.).

Amostra	Concentração (µg/mL)	DL50 (µg/mL)
Extrato 1	100	Inferior a 1000
Extrato 2	500	Inferior a 1000
Extrato 3	1000	Inferior a 1000

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Braga (2018) avaliou a toxicidade de um extrato bruto das sementes de moringa em camundongos, não evidenciando toxicidade frente a estes animais, embora o extrato tenha se mostrado eficiente como nematicida, de forma que o autor conclui ser justificado a investigação do uso farmacológico de extratos das sementes da moringa com esta finalidade.

Outros autores também têm estudado a toxicidade de diferentes partes de *M. oleifera* com intuito de validar sua utilização em alimentos. Moraes Neto (2021) demonstrou que os extratos aquosos das folhas, obtidos por infusão e maceração se apresentaram atóxicos para *Artemia salina* Leach, o que condiz com os resultados obtidos para os frutos no presente estudo. O autor também estudou a toxicidade das folhas da moringa em peixes da espécie *Danio*

rerio, observando taxas de mortalidade inferiores a 50% em concentrações de 500, 1000 e 2000 µg/mL, administradas por via oral aos animais.

O presente estudo corrobora com resultados encontrados por outros autores quanto a não comprovação de toxicidade para as vagens de moringa. Dantas *et al.*, (2020) que também utilizaram a espécie *Artemia salina* Leach como bioindicador de toxicidade para extratos etanoicos das vagens, relataram não ter ocorrido nenhuma morte dos indivíduos. Em um estudo realizado por Arcanjo *et al.*, (2012), os autores relatam que a DL₅₀ de um extrato etanoico obtida para o microcrustáceo foi inferior a 1000 µg/mL, o que reforça a percepção de que as vagens da moringa não apresentam potencial de elevada toxicidade.

Dantas *et al* (2020) trabalharam também com extrato etanólico das sementes de moringa, das cascas das sementes e das amêndoas nas concentrações de 1500, 1000, 500, 100, 50 µg/mL. Deste estudo, os autores concluíram que todos os extratos foram atóxicos para *A. salina*, com DL₅₀ inferior a 1000 ppm. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos *et al* (2022), para diferentes partes da planta (caule, talo e folhas), onde os autores também relatam que nenhuma das amostras analisadas se mostraram tóxicas frente a esta espécie. A avaliação toxicológica de todas as partes da moringa, é importante para que possam ser utilizadas com segurança em produtos alimentícios que a utilizem como matéria-prima e ingrediente para melhoria da qualidade nutricional dos mesmos.

4.1.4 Composição centesimal, parâmetros físicos e químicos da farinha de trigo e das misturas FM15 e FM20

Os resultados da composição centesimal e análises dos parâmetros físicos e químicos para a farinha de trigo e para as farinhas FT15 e FT20 são apresentados na tabela 18.

Tabela 18 - Composição centesimal acidez e pH da farinha de trigo (FT) e das misturas FM15 e FM20.

Análises	FT	FM15	FM20
Umidade (%)	13,58 ^a ± 0,26	11,85 ^b ± 0,58	11,27 ^c ± 0,36
Lipídios (%)	1,17 ^a ± 0,14	2,03 ^b ± 0,17	2,41 ^c ± 0,23
Proteínas (%)	11,46 ^a ± 0,19	11,02 ^b ± 0,35	11,61 ^c ± 0,52
Cinzas (%)	0,68 ^a ± 0,09	1,24 ^b ± 0,04	1,51 ^c ± 0,08
Carboidratos (%)	86,69 ^a ± 1,14	85,71 ^b ± 1,84	84,47 ^c ± 1,84
pH	6,52 ^a ± 0,28	6,13 ^b ± 0,41	6,08 ^c ± 0,55
Acidez titulável (meq NaOH/100 g)	1,48 ± 0,11	1,65 ± 0,14	1,81 ± 0,18

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

FT: farinha de trigo, FM15 e FM20: farinhas de trigo mistas adicionadas com 15% e 20%, respectivamente, da farinha da vagem da moringa. * Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, representam diferença estatística significativa ($p > 0,05$).

Conforme citado anteriormente os frutos da moringa *in natura* apresentaram elevado teor de umidade, apesar disso, foi possível obter uma farinha com baixo teor de umidade após o processamento e secagem dos frutos.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 20, observa-se que a adição da farinha de vagem da moringa, nos percentuais de 15% e 20% conferiu às misturas FM15 e FM20, redução no teor de umidade. Vale destacar que a Legislação Brasileira permite um percentual máximo de umidade de 15%, para farinhas de trigo e embora não existam valores fixados para as misturas avaliadas neste estudo, é importante que este valor não seja ultrapassado, pois teor de umidade acima de 15%, pode favorecer o desenvolvimento de microrganismos, em contrapartida, valores de umidade muito baixos podem interferir de forma negativa nas propriedades tecnológicas das farinhas (BRASIL, 2017).

Os valores dos macronutrientes não tiveram alteração significativa nas misturas, mas foi observada maior acidez e redução do pH, nas farinhas mistas com o aumento da concentração de FVM.

De acordo com Prosapio e Norton (2017), a adição de outros constituintes de origem vegetal na formulação de massas alimentícias mistas, pode conferir alterações nestes parâmetros, assim como os métodos utilizados para secagem do produto, sendo a liofilização um método bastante eficiente para que ocorra uma menor perda de ácidos orgânicos durante o processo. Apesar deste aumento da acidez titulável total, o valor obtido para as misturas en-

contra-se abaixo do limite máximo de 2,0% estabelecido para farinha de trigo pela Legislação Brasileira (ANVISA, 2000), embora não exista um valor fixado para as farinhas mistas utilizadas no presente estudo.

Quanto aos parâmetros de cor, de acordo com a Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E, 1976) o parâmetro L*(luminosidade) apresenta valor máximo de 100, que corresponde a cor branca, capaz de refletir perfeitamente a luz que incide sobre uma superfície que apresente este valor de luminosidade, enquanto a ausência total de reflexão de luz (ou total absorção) é representada pelo valor mínimo de zero, constituindo o preto.

Os resultados para os padrões de cores estão expressos na tabela 19. Conforme esperado, com a adição da farinha da vagem da moringa à farinha de trigo, foi observada redução do valor de L* nas amostras FT15 e FT20, com esta redução sendo mais acentuada com o aumento da concentração de FVM nas misturas.

Tabela 19 – Análise de cor da farinha de trigo, da farinha da vagem da moringa e misturas (FM15 e FM20).

Parâmetros de cor	FT	FT15	FT20	FVM
L*	93,87 ^a ± 0,008	86,64 ^b ± 0,13	85,37 ^b ± 0,13	70,40 ^c ± 0,03
a*	-0,51 ^a ± 0,005	-1,68 ^b ± 0,04	-1,71 ^b ± 0,005	-2,05 ^c ± 0,05
b*	11,15 ^a ± 0,01	15,92 ^b ± 0,03	16,71 ^c ± 0,12	27,48 ^d ± 0,03

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

FT: farinha de trigo, FT15 e FT20: farinhas de trigo mistas adicionadas com 15% e 20%, respectivamente, da farinha da vagem da moringa. * Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, representam diferença estatística significativa ($p > 0,05$). L* = Luminosidade, a* = coordenada vermelho/verde, b* = coordenada amarelo/azul.

De acordo com Mendes (2012), o ângulo Hue representa o ângulo de tonalidade, onde +a* (0°) indica o vermelho, +b* (90°) indica o amarelo o amarelo, -a* (180°) corresponde ao verde e -b* (270°) corresponde ao azul. No presente estudo, observou-se que as amostras adicionadas de FVM apresentaram tendência a uma coloração verde acinzentada nas duas misturas, com aproximação dos valores de a* e b* para as amostras FM15 e FM20 com os valores obtidos para FVM.

4.2. Parâmetros Tecnológicos

4.2.1 *Falling number (FN) e amido danificado*

A análise de FN ou tempo de queda, determina de forma indireta a ação da enzima α -amilase em farinhas de trigo. Quando se observam valores abaixo de 200 segundos, estes caracterizam farinhas com elevada atividade enzimática, pois a ação da α -amilase sobre o amido, leva a uma diminuição da viscosidade do gel, reduzindo o tempo de queda das hastes do viscosímetro na solução. É importante destacar que os valores de FN estão relacionados também com o percentual de amido danificado nas amostras. A análise de ANOVA ($p < 0,05$) revelou diferença significativa para os valores de FN e amido danificado, entre todas as amostras. Os resultados obtidos para estas análises são apresentados na tabela 20.

Tabela 20 – Resultados de *falling number* e amido danificado para a farinha de trigo e misturas adicionadas da farinha da vagem da moringa.

Amostra	<i>Falling number</i> (s)	Amido danificado (%)
FT	357 ^a ± 6,81	5,17 ^a ± 0,21
FT15	321 ^b ± 8,49	3,53 ^b ± 0,07
FT20	303 ^c ± 9,86	3,19 ^c ± 0,03

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

FT: farinha de trigo, FT15 e FT20: farinhas de trigo mistas adicionadas com 15% e 20%, respectivamente, da farinha da vagem da moringa. * Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna, representam diferença estatística significativa ($p > 0,05$).

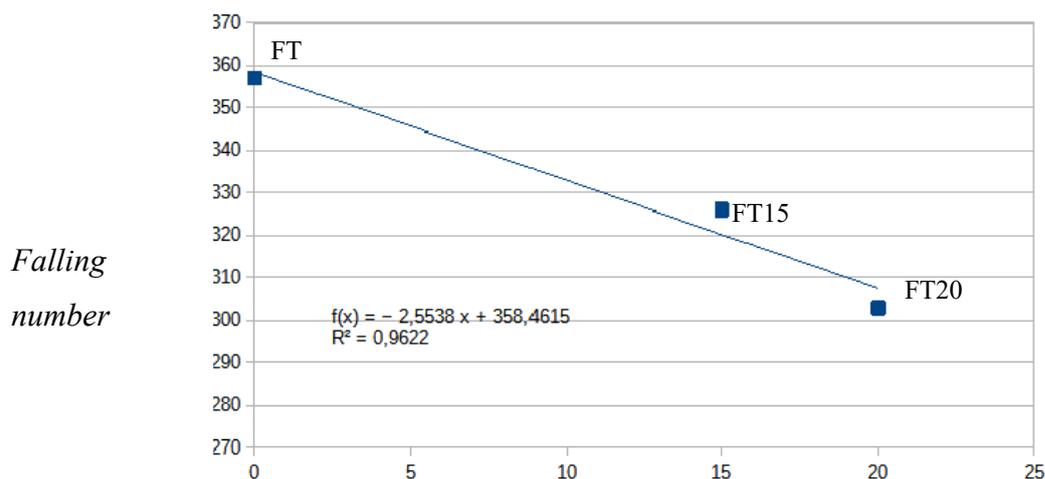
Para Germani (2016), uma farinha de trigo pura, ideal para panificação deve apresentar FN entre 250 e 300. Pizzinato (1999) destacou que os valores de FN para massas alimentícias devem estar acima de 250, embora não seja estabelecido um valor máximo. Este autor elaborou uma classificação da atividade da enzima α -amilase, estabelecendo uma relação entre esta atividade e o tempo de queda, considerando alta atividade da enzima α -amilase quando a farinha apresenta valor de FN menor que 150 segundos, enquanto valores compreendidos entre 200 e 300 segundos caracterizam farinhas com ótima atividade e um tempo de queda superior a 300 segundos, caracteriza farinhas com baixa atividade desta enzima.

Menegusso *et al.* (2013) trabalhando com farinhas mistas, com substituição da farinha de trigo por fécula de mandioca em diferentes percentuais, também observaram a redução dos valores de FN, em relação à farinha padrão, na medida que era aumentada a concen-

tração da fécula de mandioca na mistura. Em um estudo similar, Medeiros *et al* (2012) adicionaram à farinha de trigo, 10 % de farinha de pupunha. Com relação aos valores de FN, eles concluíram que a mistura resultou em um produto tecnicamente viável para a produção de pães de forma. Segundo estes autores, foram obtidas leituras de *falling number* que variaram entre 349 s e 361 s, valores considerados adequados para estes produtos.

No presente estudo foi observado que a adição da farinha da vagem de moringa à farinha de trigo, também reduziu significativamente o *falling number*. No gráfico 3, são apresentados também a equação de regressão e o coeficiente de determinação do FN em função da porcentagem de substituição da farinha de trigo por farinha da vagem de moringa.

Gráfico 3 – Gráfico e equação de regressão e coeficiente de determinação do *falling number* em função da porcentagem de substituição da farinha de trigo por farinha da vagem de moringa (FVM).



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

FVM: farinha da vagem de moringa. FT: farinha de trigo, FT15 e FT20: farinhas de trigo mistas adicionadas com 15% e 20%, respectivamente, da farinha da vagem da moringa (FVM).

Os valores médios de FN obtidos podem refletir a redução no teor de amido, ou ação da moringa sob a enzima α -amilase, uma vez que nas misturas, a farinha de trigo está diluída com a adição da farinha da vagem da moringa, alterando para menos os valores de FN. Porém, Fernandes *et al.* (2008) encontraram um comportamento oposto ao substituírem parcialmente a farinha de trigo por farinha de casca de batata. Os autores relataram aumento nos valores de FN com o aumento da farinha da casca de batata na mistura, justificando que esta

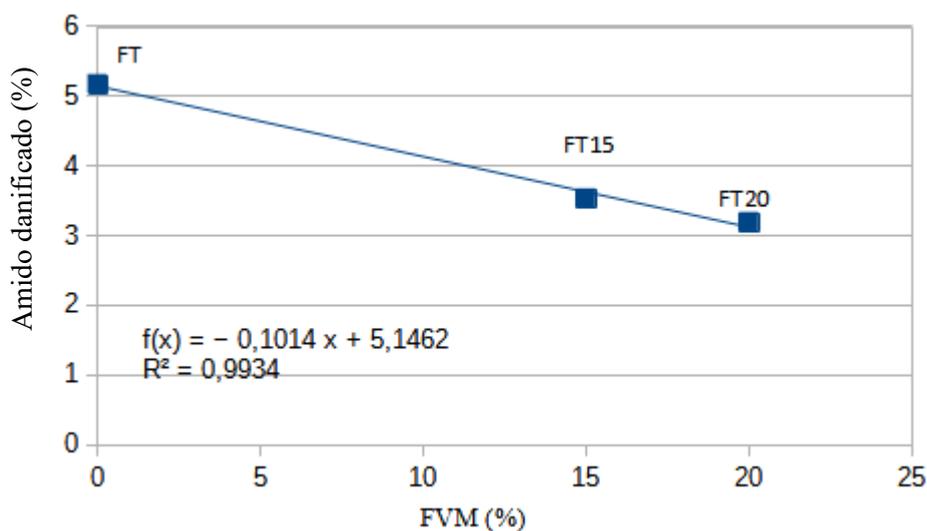
farinha adicionada à farinha de trigo, não contribuiu para o aumento nos teores de enzimas amilolíticas, mas aumentou a viscosidade da mistura.

No presente estudo é provável que não apenas a diluição da farinha de trigo ocasionada pela mistura com FVM, mas também a própria farinha da vagem de moringa, tenha interferido diretamente na ação da enzima α -amilase, pela redução significativa observada nos valores de FN. Apesar das misturas ainda terem mantido características de farinhas com baixa atividade da α -amilase, a adição farinha da vagem da moringa, pode ter acrescentado enzimas amilolíticas à mistura.

Segundo Temesgen *et al.* (2019), o amido nos frutos íntegros da moringa, está concentrado principalmente nas sementes. Portanto, sugerimos estudos adicionais para elucidar o mecanismo pelo qual ocorreu essa diminuição, dos valores de FN e quantificação da enzima α -amilase, se presente, na farinha da vagem da moringa. Além disso, vale destacar também que, para a produção de massas alimentícias adicionadas com a farinha da vagem da moringa, é imprescindível que sejam utilizadas farinhas de trigo com baixa atividade de α -amilase e valores elevados de FN, uma vez que a redução no teor de amido ocasionada pela mistura e a possível ação da enzima α -amilase nativa das sementes, tenderá a reduzir o valor de FN e enfraquecer as farinhas.

O processo de moagem da farinha de trigo, acarreta danos à estrutura física dos grânulos de amido, levando a um aumento da atividade da enzima α -amilase, que refletirá nas propriedades reológicas da massa. Nesse estudo, foi observado que a adição da farinha da vagem de moringa à farinha de trigo, reduziu de o teor de amido danificado, provavelmente por diluição da farinha de trigo, que se encontra em menor percentual nas misturas. Os resultados do efeito da adição de moringa à farinha de trigo nos valores de amido danificado estão expressos no gráfico 4.

Gráfico 4 - Gráfico e equação de regressão e coeficiente de determinação do teor de amido danificado em função da porcentagem de substituição da farinha de trigo por farinha da vagem de moringa.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

FT: farinha de trigo, FT15 e FT20: farinhas de trigo mistas adicionadas com 15% e 20%, respectivamente, da farinha da vagem de moringa. (FVM)

Conforme pode ser observado na tabela 20, a adição da farinha de moringa resultou em considerável redução no teor de amido danificado na mistura. A análise do gráfico 4, permite observar que houve uma queda acentuada nos teores de amido danificado nas amostras FM15 e FM20, em relação à farinha de trigo pura. Este resultado é coerente, pois retrata a redução do teor de farinha de trigo na mistura, ademais, um fato importante a ser destacado, é que enquanto o grânulo de amido íntegro, tem capacidade de absorção de água equivalente a cerca de 30 % de seu peso, o amido danificado pode absorver água em até 100% de seu peso. Para Moretto e Fett (1999), um baixo teor de amido danificado contribui para que seja obtida baixa umidade no produto final e isto é particularmente importante para massas alimentícias secas, pois de acordo com a Legislação, o teor de umidade final deste produto, não deve ultrapassar 13 %.

4.2.2 Glúten (úmido, seco e index)

No presente estudo, foi observado que houve redução do teor de glúten na mistura, relacionada diretamente com a substituição da farinha de trigo pela farinha das vagens de

moringa, nos percentuais de 15% e 20% (Tabela 21). Este é um resultado esperado, uma vez que a adição de farinhas sem glúten à farinha de trigo, promoverá uma diluição do glúten e consequente enfraquecimento da massa (EL-DASH *et al.*, 1994).

Tabela 21 – Teores de glúten (úmido, seco e index) para a farinha de trigo e farinhas mistas com a vagem da moringa.

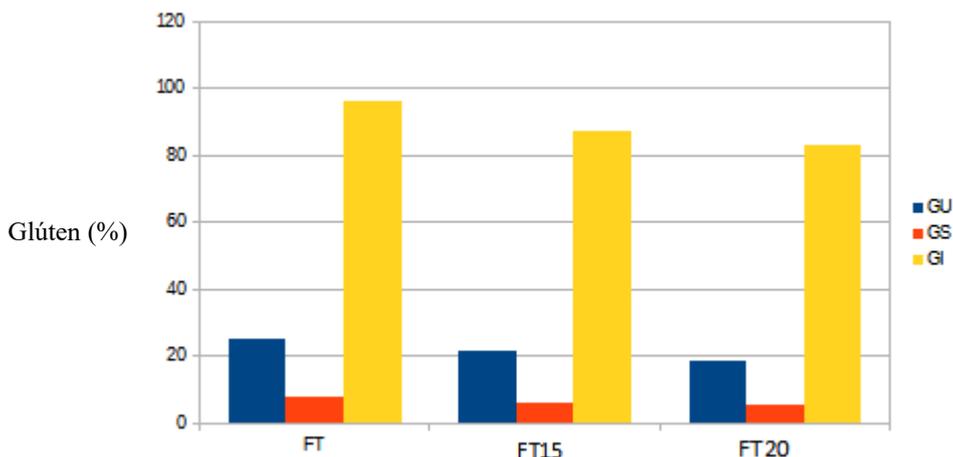
Amostra	Glúten úmido (%)	Glúten seco (%)	Glúten <i>index</i> (%)
FT	25,46 ^a ± 0,37	8,18 ^a ± 0,50	96,18 ^a ± 1,88
FT15	21,89 ^b ± 0,48	6,16 ^b ± 0,41	87,03 ^b ± 1,37
FT20	18,62 ^c ± 0,42	5,69 ^c ± 0,36	83,04 ^c ± 1,69

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

FT: farinha de trigo, FT15 e FT20: farinhas de trigo mistas adicionadas com 15% e 20%, respectivamente, da farinha da vagem da moringa. *Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

O gráfico da figura 12 permite uma melhor visualização dos resultados obtidos para os teores de glúten. A análise de ANOVA ($p < 0,05$) revelou diferença significativa para todos os parâmetros de glúten das três amostras, sendo promovidas alterações nos teores de glúten *index* em FT15 e FT20. Uma classificação da força das farinhas de trigo, segundo o percentual de glúten *index*, proposta por Pizzinatto (1999), considera como farinhas fortes aquelas que apresentam teores de glúten *index* superiores a 90%.

Figura 12 – Gráfico retratando a influência da adição de FVM à farinha de trigo nos teores de glúten úmido, seco e *index*.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

FT: farinha de trigo, FT15 e FT20: farinhas de trigo mistas adicionadas com 15% e 20%, respectivamente, da farinha da vagem da moringa. Glúten úmido (em azul); glúten seco (em laranja); glúten *index* (em amarelo).

A adição de farinha da vagem da moringa (FVM) à farinha de trigo, reduziu significativamente o teor de glúten. Porém, ainda que as misturas FT15 e FT20 tenham apresentado decréscimo nos percentuais de glúten úmido e *index*, principais parâmetros para determinar a força das farinhas, estas misturas mantiveram-se boas, de acordo com a classificação de Pizzinatto (1999), uma vez que apresentaram valores acima de 80%. Com relação aos teores de glúten úmido, apenas a farinha de trigo pura estaria adequada para uso em panificação, ou para elaboração de massas alimentícias. Segundo Ribeiro (2009), farinhas com valores de glúten úmido situados entre 24% e 36%, são farinhas fortes e podem ser utilizadas para elaboração destes produtos.

Fernandes *et al.*, (2008) substituíram farinha de trigo por farinha da casca de batatas e relataram que no valor de 12%, a mistura também apresentou queda das três frações do glúten. Menegusso *et al.*, (2013) trabalhando com farinhas de trigo pura e adicionadas de fécula de mandioca nos percentuais de 10%, 20% e 30%, também observaram redução nos teores do glúten, a medida que aumentaram o teor de fécula de mandioca na mistura, porém os autores relataram não ter ocorrido diferença significativa nos valores do glúten *index* para a amostra de farinha de trigo e as amostras adicionadas de fécula de mandioca. No presente es-

tudo, foi observada uma tendência do glúten *index* sofrer redução com o aumento de FVM nas misturas.

Yano (2019) também observou que a substituição parcial do trigo por farinhas obtidas de diferentes fontes vegetais, como milheto, legumes e frutas, ocasionou a diminuição do teor de do glúten nas massas, de forma que as farinhas mistas se apresentaram mais fracas e menos extensíveis que a farinha de trigo pura.

Tais resultados corroboram com Tian *et al.*, (2022) que estudaram as alterações conferidas no teor de glúten em farinha de trigo, ao adicionarem uma farinha obtida da alga unicelular *Chlorella pyrenoidosa*, com o intuito de promover uma melhoria na qualidade nutricional de produtos elaborados com esta mistura. Os autores observaram que o aumento da farinha da alga na mistura, também promoveu considerável redução no teor de glúten, alterando as propriedades reológicas das massas.

Do ponto de vista prático, a adição da farinha da vagem da moringa nas concentrações estudadas, embora tenha reduzido significativamente os teores de glúten das massas, não inviabilizou a elaboração dos macarrões em escala laboratorial. Porém, assim como ocorreu com os valores de FN, é importante destacar o fato de que farinhas fracas quando submetidas a este tipo de mistura, podem ter seu teor de glúten bastante reduzido, não sendo capazes de manter a retenção de gases da fermentação de forma eficiente, sendo por este motivo, contraindicadas para panificação ou no caso de serem utilizadas na produção de macarrão, podem não apresentar a elasticidade e extensibilidade necessárias, por isso valores baixos de glúten, também inviabilizam o uso dessas farinhas para produção de massas alimentícias.

4.2.3 Reologia das farinhas de trigo e das farinhas mistas

4.2.3.1 Farinografia

Para a aferição dos parâmetros de farinografia, previamente foram determinados os valores das umidades da farinha de trigo (13,58%) e das misturas FT15 (11,85%) e FT20 (11,27%). De posse dos resultados do primeiro farinograma de cada amostra, foram realizadas novas análises desta vez com a correção para o valor padrão de 500 UF BRABENDER.

Os principais parâmetros determinados pelo farinograma são:

- Absorção de água: quantidade de água (%) que deve ser adicionada à massa para que ela atinja a consistência de 500 UF.

- Tempo de desenvolvimento: intervalo de tempo contado após 30 segundos, entre a primeira adição de água, até atingir o ponto de máxima consistência e a primeira indicação de enfraquecimento da massa.
- Estabilidade: este parâmetro indica a resistência que a massa possui ao ser submetida a um tratamento mecânico, sem ruptura da rede de glúten e ao tempo de fermentação.

Os resultados obtidos revelam que a farinha de trigo utilizada se classifica como farinha forte e adequada para a produção de massas. A adição de farinha da vagem da moringa (FVM) à massa, alterou de forma considerável suas propriedades, conforme pode ser observado na tabela 22.

Tabela 22 – Resultados do farinograma para FT, FM15 e FM20.

Parâmetro analisado	FT	FT15	FT20
Consistência (UF)	516	573	585
Absorção de água (%)	57,7	59,8	60,6
Tempo de desenvolvimento (min)	12	7,9	5,7
Estabilidade (min)	12	6,7 b	4,3

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

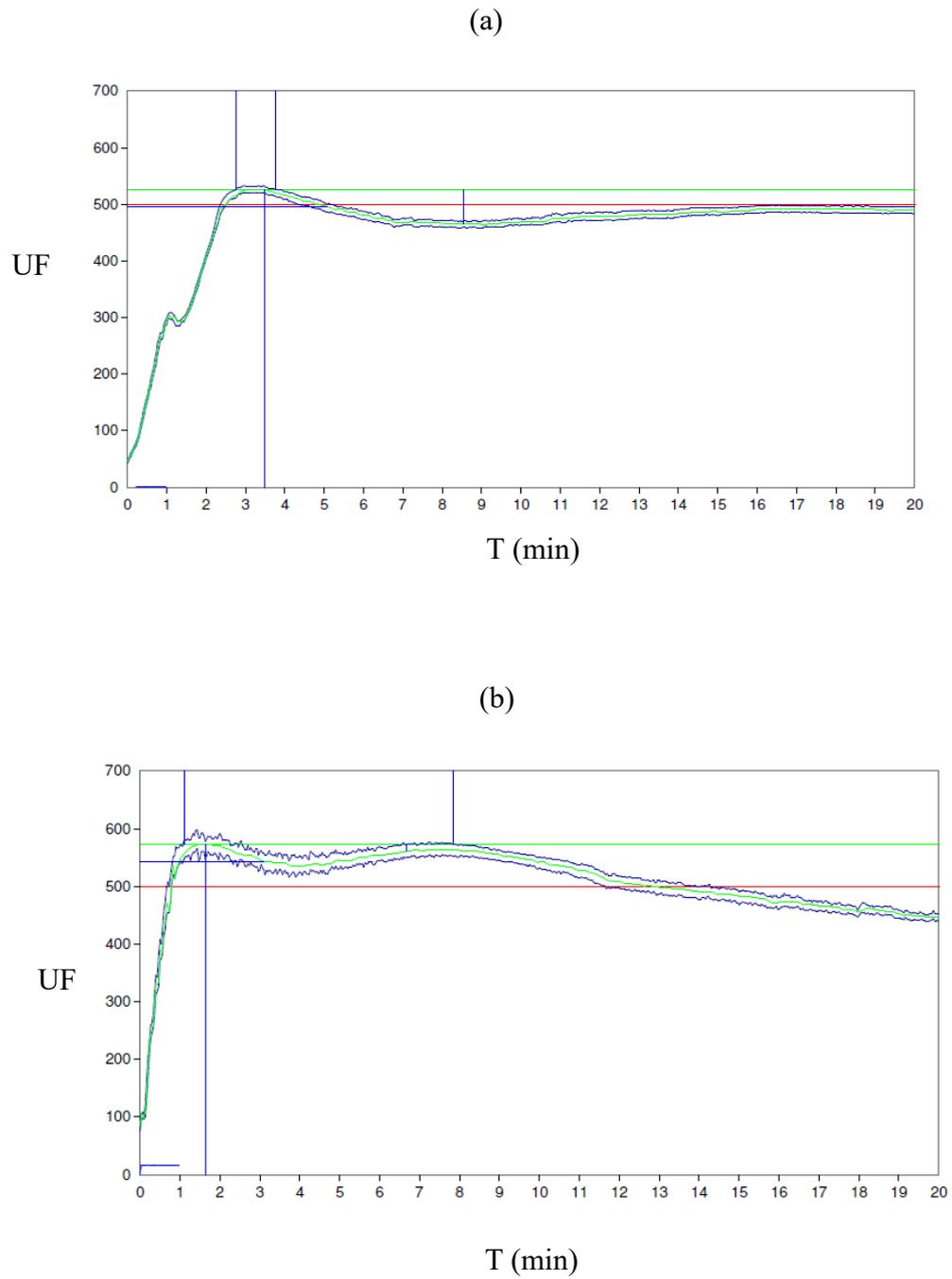
FT: farinha de trigo, FT15 e FT20: farinhas de trigo adicionadas com 15% e 20%, respectivamente, da farinha da vagem da moringa.

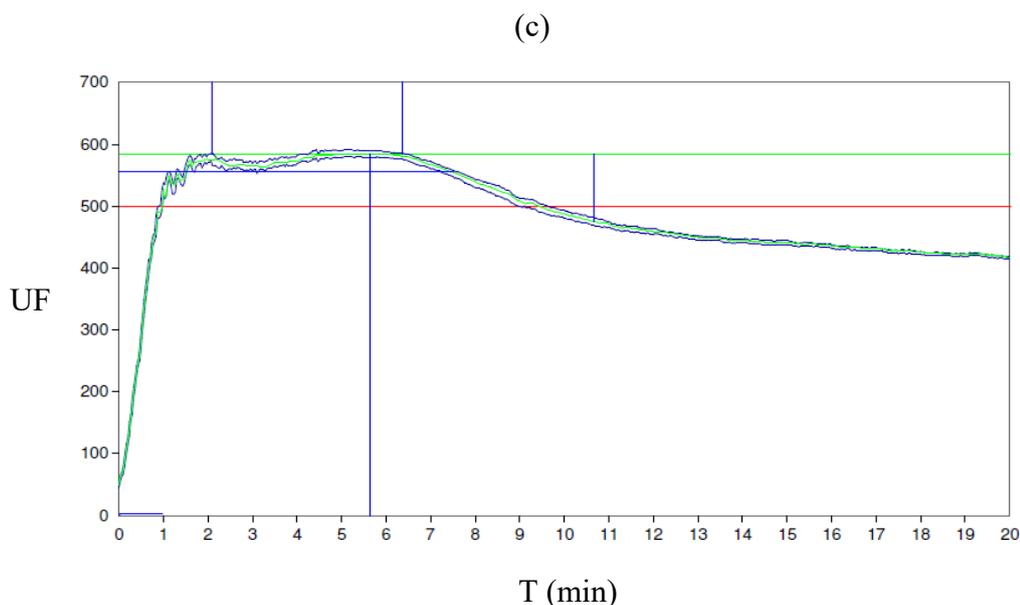
Os dados listados acima, permitem observar as alterações causadas pela adição de FVM à farinha de trigo, causou aumento dos valores de absorção de água com o aumento dos percentuais de FVM nas misturas. Este era um resultado esperado, pois as duas misturas apresentaram significativo aumento no teor de fibras. De acordo com Mamat *et al.*, (2014) e Qian e Ding (1996), a água liga-se aos grupos hidroxilas presentes na região amorfa das fibras, aumentando a capacidade de retenção de água nestas condições e conseqüentemente a absorção, o que ocasiona o intumescimento nas massas adicionadas de fibras.

O aumento da absorção de água, provoca um maior tempo de desenvolvimento da massa, para que esta atinja a consistência ideal, entre 480-520 UF, resultando em um maior trabalho mecânico do equipamento. Conforme pode ser observado a partir dos resultados expressos na tabela 22, as massas contendo 15% e 20%, respectivamente, da farinha da vagem da moringa, apresentaram maior consistência que a massa de farinha de trigo pura, com valores muito acima do valor de 520 UF, considerado ideal. Porém, apesar destes elevados valores de consistência nas amostras FT15 e FT20, durante o processamento das massas pelo farino-

gráfo, o enfraquecimento de ambas ao longo do tempo, ficou bastante evidenciado, conforme pode ser observado nos gráficos apresentados na figura 13.

Figura 13 – Análise de farinografia para as amostras FT, FM15 e FM20.





Fonte: Dados da pesquisa (2022).

(a) FT: farinha de trigo; (b) FT15 farinha de trigo mista adicionada com 15% da farinha da vagem da moringa; (c) farinha de trigo mista adicionada com 20 % da farinha da vagem da moringa.

Os resultados obtidos através da farinografia corroboraram com aqueles obtidos para o *falling number*, glúten e amido modificado, uma vez que em todas estas análises foi evidenciado o enfraquecimento da farinha de trigo, após a adição de FVM. A diluição do glúten pela redução do teor de trigo nas amostras FM15 e FM20 e o elevado teor de fibras existente nestas amostras, apresentam-se como os fatores mais importantes que levaram a este enfraquecimento.

O elevado teor de fibras provavelmente também contribuiu para que o tempo em que as massas FM15 e FM20 atingissem a estabilidade, fosse reduzido. Ordoñez *et al.*, (2019) compararam os resultados do comportamento farinográfico para três formulações de pães: uma com 100 % de farinha de trigo e duas outras com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de coco e farinha das sementes de sacha (*Plukenetia volubilis* L). Uma das formulações (T4) continha 75% de farinha de trigo, 12,5% de farinha de coco e 12,5% de farinha da semente de sacha e a outra (T5) continha 80% de farinha de trigo, 12,5% de farinha de coco e 7,5% de farinha das sementes de sacha. Os autores observaram que nas duas formulações ocorreram consideráveis alterações no comportamento das massas, com aumento da absorção de água e redução do tempo de desenvolvimento e da estabilidade e apontam que as alterações tenham sido ocasionadas pelo aumento no teor de fibras nas farinhas mistas o que levou ao seu enfraquecimento.

Marcato *et al.* (2021) realizaram um estudo comparativo quanto às propriedades de farinografia entre farinha de trigo refinada e farinha de trigo integral. Os autores observaram que a farinha de trigo integral apresentou maior absorção de água, redução no tempo de desenvolvimento e na estabilidade, em comparação com a farinha de trigo refinada. No presente estudo, além do aumento na consistência das misturas adicionadas com farinha da vagem da moringa em relação a amostra controle, foi observado também aumento na absorção de água e redução no tempo de desenvolvimento da massa e na estabilidade nas massas adicionadas com a farinha da vagem da moringa, sendo a maior diferença obtida para a amostra M20, em relação ao controle. Para farinhas que serão destinadas à produção de massas alimentícias é tolerado um tempo de estabilidade superior a 15 minutos, entretanto, valores muito altos podem promover a quebra da rede de glúten durante o processamento, inviabilizando a utilização da farinha devido ao enfraquecimento excessivo.

4.2.3.2 Alveografia

Os resultados das análises do comportamento das farinhas mistas quanto aos parâmetros de alveografia são apresentados na tabela 23.

Tabela 23 – Resultado dos parâmetros de alveografia para as amostras de farinha de trigo pura e adicionadas da farinha da vagem da moringa.

Parâmetro	Amostra		
	FT	FT15	FT20
P (mm)	98 ^a ± 2,6	101 ^b ± 2,5	137 ^c ± 4,98
L (mm)	27 ^a ± 1,2	21 ^b ± 2,5	18 ^c ± 0,57
W (10 ⁻⁴ J)	118 ^a ± 4,58	95 ^b ± 3,05	108 ^c ± 3,5
P/L	3,7 ^a ± 0,49	4,81 ^b ± 0,15	7,61 ^c ± 0,45

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

FT: farinha de trigo, FT15 e FT20: farinhas de trigo mistas adicionadas com 15% e 20%, respectivamente, da farinha da vagem da moringa. *Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

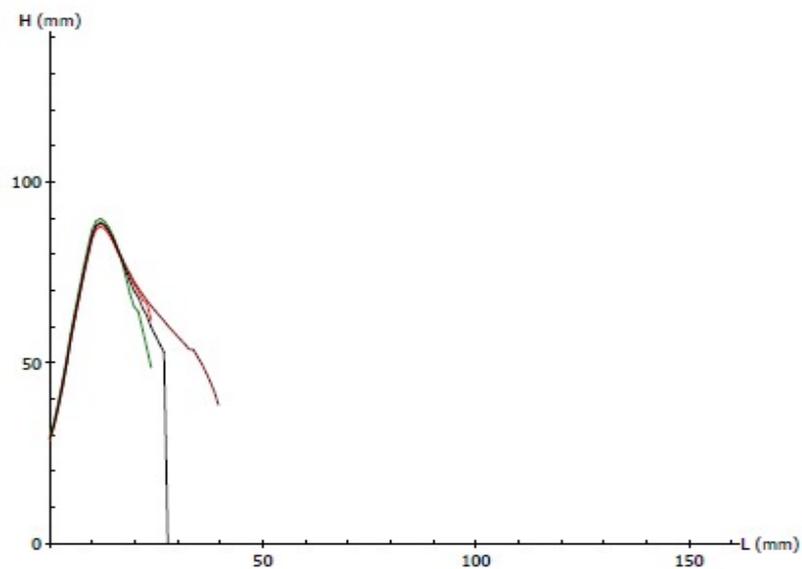
De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que a adição de FVM nas concentrações de 15% e 20% à farinha de trigo, alterou significativamente todos os parâmetros das análises de alveografia. Foi evidenciado que o aumento do percentual de FVM na mistura ocasionou aumento do valor de P (tenacidade) tornando a massa mais elástica, redução na ex-

tensibilidade da rede do glúten (L) e da energia aplicada para que se tenha deformação de um grama de massa da massa nestas condições específicas (W).

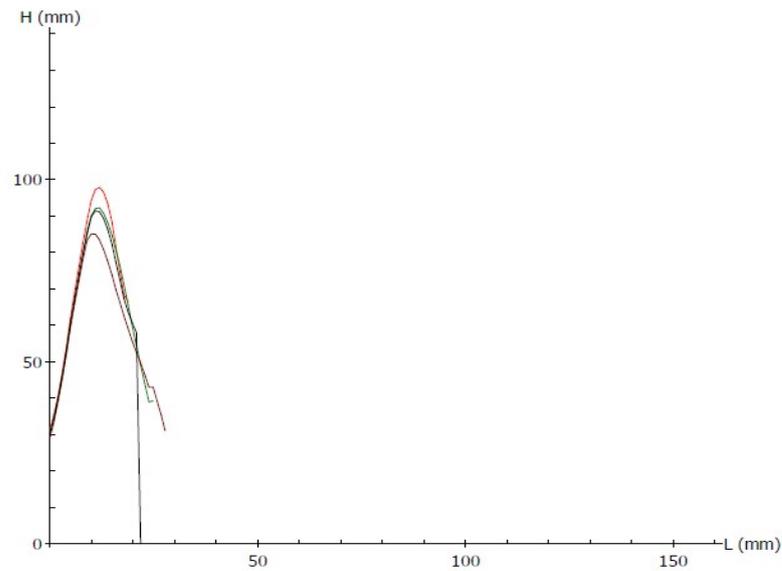
O valor da relação P/L foi aumentado em relação ao valor obtido para a farinha de trigo pura, com o aumento da concentração de FVM nas farinhas mistas, que se mantiveram com pouca extensibilidade. Segundo Pizzinato (1996), as massas utilizadas na elaboração de macarrões possuem esta característica de apresentarem uma maior elasticidade e pouca extensibilidade. Na figura 14 são apresentados os gráficos obtidos para as análises de alveografia.

Figura 14 – Alveogramas das amostras FT, FT15 e FT20.

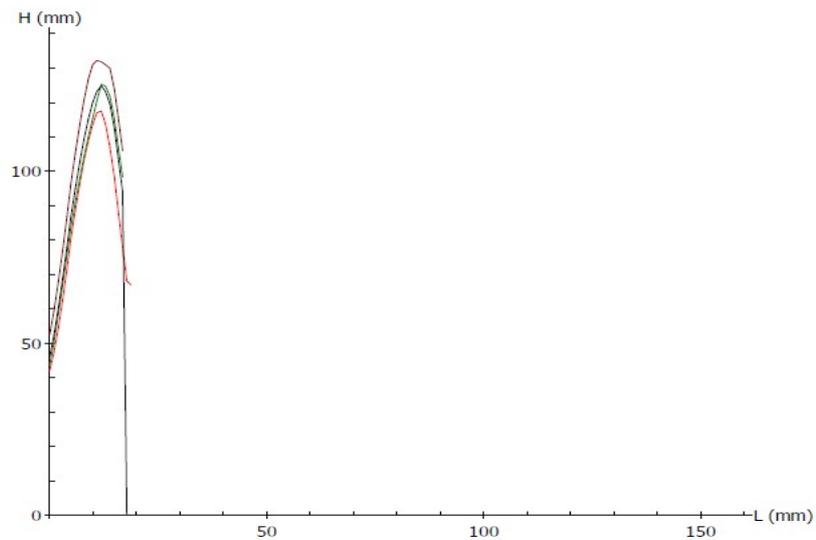
(a)



(b)



(c)



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

(a) FT: farinha de trigo; (b) FT15 farinha de trigo mista adicionada com 15% da farinha da vagem da moringa; (c) farinha de trigo mista adicionada com 20 % da farinha da vagem da moringa.

Vários autores observaram que a adição de fibras à farinha de trigo tende a elevar o valor de P e reduzir o valor de L, aumentando significativamente o valor da relação P/L. Blibech *et al.*, (2015) adicionaram galactomananas em farinha de trigo e observaram esta tendência. Pessanha (2016) adicionou fibra de bambu e goma tara à farinha de trigo e observou

um considerável aumento de P e redução de L, o que ocasionou grande aumento da relação P/L.

Gómez *et al.*, (2003) propuseram uma teoria de que este aumento poderia ser resultante da interação entre as fibras insolúveis e as proteínas da farinha de trigo, corroborando com um mecanismo semelhante proposto por Wang *et al.*, (2002), em que os autores demonstraram ter ocorrido interação entre as proteínas da farinha de trigo e a celulose adicionada na mistura.

Resultado similar foi obtido por Mironeasa e Codină (2018), que adicionaram farinha de semente de tomate à farinha de trigo e observaram que houve aumento na relação P/L, na medida em que o percentual da farinha de semente de tomate era aumentado nas misturas sendo obtido os seguintes valores de acordo com os respectivos percentuais adicionados nas misturas: 0 % (1,89); 5 % (1,97); 10 % (2,85) 15 % (4,57) e 20 % (5,25).

No presente estudo, os resultados foram semelhantes aos obtidos pelos autores anteriormente citados, pois a adição da farinha da vagem da moringa, um componente rico em fibras, também conduziu ao aumento de P e significativa redução L, levando a um grande aumento da relação P/L, sendo obtido maior valor para este parâmetro, na mistura FT20 e menor valor para a farinha de trigo pura. Estes valores aumentados para P/L indicam que a massa pode se apresentar adequada para a produção de macarrões. No entanto, apesar deste significativo aumento na relação P/L, a redução no valor de W, significa a aplicação de menos energia pelo equipamento durante o processamento da massa, sendo um indicativo do enfraquecimento da rede de glúten, o que demonstra que a adição de FVM à farinha de trigo em maiores percentuais pode inviabilizar a aplicação destas misturas para a elaboração de massas alimentícias.

4.3 Análises das massas alimentícias

4.3.1 Composição centesimal

Os resultados das análises das massas experimental e controle, são apresentados na tabela 24.

Tabela 24 – Teor de umidade, composição centesimal (base seca) e valor energético, para a massa controle (MC), e as massas adicionadas de farinha da vagem da moringa (M15 e M20)

Análise	Amostras		
	MC	M15	M20
Umidade (%)	12,29 ^a ± 0,27	10,26 ^b ± 0,61	8,52 ^c ± 0,34
Proteínas (%)	11,19 ^a ± 0,33	11,13 ^a ± 0,47	11,36 ^a ± 0,13
Lipídios (%)	1,36 ^a ± 0,18	2,09 ^b ± 0,38	2,53 ^c ± 0,11
Cinzas (%)	0,48 ^a ± 0,04	1,35 ^b ± 0,17	1,67 ^c ± 0,05
Fibras solúveis (%)	0,12 ^a ± 0,01	5,79 ^b ± 0,38	8,32 ^c ± 0,21
Fibras insolúveis (%)	1,59 ^a ± 0,11	6,83 ^b ± 0,25	9,21 ^c ± 0,23
Fibras totais (%)	1,71 ^a ± 0,28	12,62 ^b ± 0,53	17,53 ^c ± 0,61
Carboidratos totais (%)	86,97 ^a ± 2,35	85,52 ^a ± 1,98	84,36 ^a ± 2,06
Valor energético (Kcal)	398,04 ^a ± 6,02	354,93 ^b ± 4,16	335,53 ^c ± 3,86

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

MC: macarrão controle; M15 e M20: macarrões adicionados de 15% e 20%, respectivamente da farinha da vagem da moringa. *Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Conforme pode ser observado, o teor de umidade da formulação padrão, sem adição da FVM, foi o mais elevado e todas as médias para este parâmetro, apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$). A RDC nº 93, de 31 de outubro de 2000 da ANVISA, classifica como massas alimentícias secas, aquelas com valores de umidade inferiores às 13% (BRASIL, 2000). Umidade inferior a 13% é desejável para estes produtos, pois dificulta o crescimento de microrganismos e reduz a velocidade das reações enzimáticas, resultando em maior estabilidade, elevando a vida de prateleira do produto (CASAGRANDE, 1999; CHISTÉ *et al.*, 2006).

Com relação à concentração de proteínas, foi verificado que as leituras também apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras MC, M15 e M20, embora tenha sido observado um pequeno aumento no teor de proteínas na amostra M20 e uma pequena redução em M15, quando comparadas com a amostra MC. Além disso, é possível que as massas M15 e M20 adicionadas de FVM tenham apresentado alteração no perfil de aminoácidos, considerando as diferenças entre os aminoácidos presentes na farinha da vagem da moringa e na farinha de trigo.

Moraes Neto (2021) adicionou um máximo de 15% do pó das folhas de moringa em substituição de farinha de trigo, com o intuito de enriquecer pães, quanto ao seu valor nutricional. O autor observou uma variação no teor de proteínas de 7,34% na formulação padrão para 13,11% nos pães adicionados com o percentual citado. Esse considerável aumento é justificado pelo elevado teor de proteínas presentes nas folhas. A título de exemplo Teixeira (2012) encontrou um percentual de 28,65% de proteínas em base seca nas folhas da moringa, enquanto Gopalan (1994) e Moyo *et al.*, (2011) observaram valores de 27,2% e 30,3%, respectivamente. No presente estudo, as vagens frescas da moringa apresentaram teor de 11,5% de proteínas, valor consideravelmente inferior ao encontrado nas folhas, o que justifica o pequeno aumento obtido em relação a formulação controle.

Um aumento significativo foi observado no percentual de cinzas com a adição de FVM às amostras M15 e M20. Este resultado reflete o aumento quantitativo da composição da fração mineral das amostras M15 e M20, em relação a amostra controle.

Baptista *et al.*, (2012) trabalhando com o pó da folha da moringa em substituição parcial da farinha de trigo (no percentual de 9,09%), obtiveram teor de cinzas de 1,62%. Entretanto, a fração mineral para a farinha padrão apresentou percentual de cinzas de 1,35%, o que representa um pequeno ganho da mistura quando comparado com o padrão.

Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que as farinhas obtidas dos frutos frescos, também se apresentaram eficientes para incorporação de minerais às massas alimentícias, em decorrência dos valores obtidos. Na tabela 25, são apresentados os teores de minerais, para a amostra controle e as duas amostras adicionadas da farinha da vagem da moringa.

Tabela 25 – Teores dos minerais identificados por EDS nas amostras controle e adicionada da farinha da vagem da moringa

Elemento	Minerais (mg/Kg)			IDR (mg/ 100 g)
	MC	M15	M20	
K	650 ^a ± 0,03	4130 ^b ± 0,12	5360 ^c ± 0,11	3500
S	650 ^a ± 0,08	1170 ^b ± 0,09	1650 ^c ± 0,08	-
P	90 ^a ± 0,04	1150 ^b ± 0,05	1440 ^c ± 0,06	700
Ca	220 ^a ± 0,02	720 ^b ± 0,03	1030 ^c ± 0,06	1000
Na	650 ^a ± 0,02	1370 ^b ± 0,05	1650 ^c ± 0,035	-
Mg	N. I	320 ^a ± 0,03	420 ^b ± 0,02	260

Fonte: Dados da pesquisa (2022). BRASIL (2005).

MC: macarrão controle; M15 e M20: macarrões adicionados de 15% e 20%, respectivamente da farinha da vagem da moringa. *Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$). N.I: não identificado na amostra.

O potássio é um elemento que desempenha importantes funções fisiológicas como regulação da contração cardíaca e da pressão arterial, atua na transmissão dos impulsos neuromusculares, dentre outras funções e sua IDR é considerada elevada, pois recomenda-se um mínimo de 3500 mg diárias para adultos (NASCIMENTO, 2017). Assim, alimentos que contribuam para que este valor seja atingido, podem representar um ganho quanto ao aspecto nutricional para os consumidores. Além do potássio, a adição de FVM aumentou significativamente os teores de enxofre, fósforo, cálcio, sódio, além de incorporar magnésio às massas M15 e M20.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2012) determina que 100 g do produto deve apresentar valores mínimos de 15 % da IDR para ser classificado como fonte de minerais. Portanto, a amostra M20 pode ser considerada fonte de potássio (15,3 %), magnésio (16, 1%) e fósforo (20,6 %), enquanto a amostra M15, pode ser considerada como fonte de fósforo (16,4 %), com base nos valores obtidos.

Atualmente, grande importância está sendo conferida aos micronutrientes, em especial aos minerais. Matthias et al., (2022) sugerem a fortificação de condimentos com minerais, justificando que estes ingredientes são amplamente usados por vários povos, fazendo parte da cultura gastronômica de muitas populações. Os autores sugerem a adição de outros micronutrientes em condimentos e redução do teor de sódio a níveis aceitáveis, como forma de atender às necessidades sensoriais, culturais, nutricionais e de saúde destas populações.

Os teores de carboidratos totais não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre o controle e as massas enriquecidas, no entanto, observou-se aumento de fibras solúveis e insolúveis, que são carboidratos não digeríveis, o que ocasionou significativa redução no valor energético, relacionadas ao aumento de FVM nas misturas M15 e M20, respectivamente.

Foi evidenciado que M15 e M20, podem ser considerados alimentos com elevado teor de fibras, pois os valores obtidos foram consideravelmente superiores ao valor de 6,0 g/100 g determinado pela Legislação para que esta classificação seja obtida (BRASIL, 2012).

Os benefícios do consumo de alimentos ricos em fibras são de amplo conhecimento, sobretudo quanto a regulação da motilidade intestinal, redução dos níveis séricos de glicose e colesterol, prevenindo a obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes mellitus dependente de insulina e não dependente de insulina (KHAN *et al.*, 2019) além de apresentar benefícios na manutenção do peso corporal (ABREU *et al.*, 2021).

Fu *et al* (2022) estabeleceram uma relação entre ingestão de fibras e redução dos níveis glicêmicos e de hemoglobina glicada (HbA1c). A HbA1c é um parâmetro para acompanhamento de pessoas diabéticas ao longo de meses, pois uma maior ingestão e absorção de glicose, resulta em maiores valores de hemoglobina glicada. Segundo os autores, uma relação entre fibra alimentar, benefícios à microbiota intestinal e redução dos níveis de HbA1c foi observada entre pacientes que ingeriram uma quantidade maior ou igual a 7,2 g/dia de fibras.

No entanto, além destes benefícios, outros estudos têm avaliado a importância do consumo de fibras dietéticas em diferentes condições. Liu *et al.*, (2022) estabeleceram uma relação entre o consumo de lignanas e de fibras dietéticas totais com a redução de fratura no quadril em homens e mulheres idosos. Esta é uma associação importante, embora os autores ainda não tenham proposto um mecanismo que possa elucidar esta relação.

Em um outro estudo, foi observado por Liu *et al.*, (2022), que o consumo de feijões marrons inteiros e uma fração de fibra isolada deste material levou a redução da placa aterosclerótica em camundongos, no entanto, a dieta a que os animais foram submetidos não reduziu a concentração de lipídios no plasma. Além disso, os autores observaram que a dieta de feijão inteiro contribuiu para uma diversidade significativamente maior da microbiota intestinal em comparação com o grupo controle. À luz de resultados tão significativos, obtidos em estudos recentes, evidenciamos que o desenvolvimento de produtos que apresentem alto teor de fibras, como foi verificado no presente estudo, pode representar um potencial ganho à saúde dos consumidores.

Quanto ao valor energético, foi observada diminuição significativa para as duas formulações adicionadas com FVM, porém, acordo com a Legislação em vigor as mesmas

não podem ser consideradas como alimentos de reduzido valor energético, uma vez que para que condição ser obtida, é necessária uma redução mínima de 25% em relação a amostra controle (BRASIL, 2012).

4.3.2 Perfil lipídico

A adição de FVM à farinha de trigo promoveu o aumento no teor de lipídios das amostras, M15 e M20, além de considerável alteração no perfil de ácidos graxos (tabela 26). Os resultados revelam que a adição de FVM às amostras M20 e M15, aumentou o percentual de alguns ácidos graxos insaturados, a exemplo dos ácidos palmitoleico, cis-9-oleico e araquidônico, quando comparadas com a amostra controle, porém houve uma considerável redução no teor de ácido γ -linoleico, com o aumento de FVM nas massas.

Tabela 26 – Perfil de ácidos graxos das amostras MC, M15 e M20

Ácido graxo (%)	Amostra			
	FVM	MC	M15	M20
Saturados				
Palmitico (C16:0)	6,5 ^a ± 0,00	15,6 ^b ± 0,00	10,5 ^a ± 0,00	12,2 ^c ± 0,00
Esteárico C18:0)	3,3 ^a ± 0,00	0,9 ^b ± 0,00	2,6 ^c ± 0,00	4,2 ^d ± 0,01
Beênico (C22:0)	3,8 ^a ± 0,00	N.I	3,1 ^b ± 0,00	3,0 ^b ± 0,00
Total de saturados	13,6^a ± 0,00	16,5^b ± 0,01	16,2^b ± 0,00	19,3^c ± 0,00
Insaturados				
Miristoleico (C14:1)	N. I	N. I	N. I	1,2 ± 0,00
Palmitoleico (C16:1)	0,7 ^a ± 0,00	0,56 ^b ± 0,00	0,4 ^c ± 0,00	2,3 ^d ± 0,00
Cis-oleico (C18:1/ ω -9)	76,5 ^a ± 0,00	17,8 ^b ± 0,00	54,4 ^c ± 0,00	50,7 ^d ± 0,00
γ -linoleico (C18:2)	2,5 ^a ± 0,00	61,1 ^b ± 0,00	24,4 ^c ± 0,00	17,8 ^d ± 0,00
Araquidônico (C20:4/ ω -6)	1,9 ^a ± 0,00	0,5 ^b ± 0,00	1,8 ^a ± 0,00	1,3 ^c ± 0,00
γ -Linolênico (C18:3/ ω -3)	1,9 ^a ± 0,00	2,7 ^b ± 0,00	1,2 ^c ± 0,00	2,1 ^d ± 0,00
Total de insaturados	83,5^a ± 0,00	82,7^a ± 0,00	82,2^a ± 0,00	75,4^b ± 0,00
Não identificados	1,8^a ± 0,00	0,75^b ± 0,00	0,8^b ± 0,00	0,83^b ± 0,00
Saturados/ insaturados	0,16^a ± 0,00	0,20^b ± 0,00	0,20^b ± 0,00	0,25^c ± 0,00

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

FVM: farinha da vagem da moringa. MC: macarrão controle; M15 e M20: macarrões adicionados de 15% e 20%, respectivamente da farinha da vagem da moringa. *Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$). N.I: não identificado na amostra.

Um aumento no teor de ácido oleico (ômega 9) foi observado nas formulações M15 e M20, quando comparado com a formulação controle. Embora o ácido oleico não seja um ácido graxo essencial, pode ser necessária à sua obtenção por meio dos alimentos, uma vez que sua síntese tem como precursores os ácidos graxos ômega 3 e ômega 6, presentes apenas em fontes vegetais e nem sempre obtidos em quantidades suficientes na dieta (SCHAEFER, 2002).

Para o ácido γ -linoleico (um ácido ω -6) foi observada uma considerável redução nas amostras M15 e M20 quando comparada com a amostra controle. Conforme pode ser observado na tabela 26, o teor deste ácido graxo decaiu de 61,1% na amostra MC para 17,8% em M20 e na amostra M15, o teor do ácido γ -linoleico foi de 24,4%. Esta redução é explicada pelo baixo teor de ácido γ -linolênico presente na farinha da vagem da moringa e pode apresentar uma desvantagem quanto ao aspecto dietético, uma vez que este é um ácido graxo essencial, devendo ser adquirido da dieta, pois se apresenta como um componente fundamental para importantes funções metabólicas

O ácido γ -linolênico, foi encontrado em pequenas quantidades em todas as amostras. Este ácido graxo está relacionado com o ganho de densidade óssea, e redução da perda óssea em mulheres no período da menopausa, além de apresentar ações anti-inflamatória e antioxidante (NESTEL, 2019; RAHMAN *et al.*, 2014; FASSETT; COOMBES, 2011; PUGLISI; FERNANDEZ, 2008; SCHLEMMER *et al.*, 1999). Estudos recentes têm revelado uma possível atuação deste ácido graxo na manutenção de valores normais da pressão arterial em mulheres no período pós-menopausa (HIME, 2021).

No presente estudo foi observado ainda que o aumento da concentração de FVM nas amostras, reduziu o teor de ácidos graxos insaturados, principalmente na amostra M20, que apresentou diferença significativa para as demais amostras ($p < 0,05$), embora a relação entre os ácidos graxos saturados e insaturados tenha sido mais alta para esta formulação. Medeiros (2020) trabalhando com pães adicionados com farinha da amêndoa da castanha de caju em farinha de trigo, encontrou uma relação semelhante. A autora observou que os pães adicionados de 30% de farinha da amêndoa da castanha de caju apresentaram uma relação entre ácidos graxos saturados/ insaturados de 0,20, contra 0,18 para os pães adicionados com 20% de farinha da amêndoa da castanha de caju e 0,11 para a amostra controle.

4.3.3 Análises físicas e químicas

Conforme pode ser observado na tabela 27, as massas M15 e M20, possuem baixa atividade de água em temperatura de 25 °C. A análise de variância (ANOVA) demonstrou que as médias das leituras da atividade de água apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras MC, M15 e M20. Apesar do valor de a_w para MC ter sido o mais elevado, manteve-se abaixo de 0,60, valor considerado seguro para inibir tanto alterações enzimáticas, como o crescimento de microrganismos.

Tabela 27 – Média dos valores de pH, acidez e parâmetros de cor

Análises	MC	M15	M20
Atividade de água	0,410 ^a ± 0,02	0,442 ^b ± 0,02	0,580 ^c ± 0,03
pH	6,13 ^a ± 0,11	5,53 ^b ± 0,14	5,38 ^c ± 0,13
Acidez (%)	2,63 ^a ± 0,32	2,48 ^b ± 0,29	2,27 ^c ± 0,24
L* (luminosidade)	84,57 ^a ± 0,02	79,15 ^b ± 0,01	76,07 ^c ± 0,01
a* (verde a vermelho)	0,19 ^a ± 0,02	-0,16 ^b ± 0,01	-0,25 ^c ± 0,03
b* (amarelo a azul)	14,31 ^a ± 0,03	15,12 ^b ± 0,02	16,7 ^c ± 0,0

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

M15 e M20: macarrões adicionados de 15% e 20%, respectivamente da farinha da vagem da moringa. *Letras diferentes em uma mesma linha indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A água não ligada presente nos alimentos pode ser aproveitada por bactérias e fungos, permitindo o crescimento destes microrganismos, ou ainda servir como meio para reações enzimáticas. Por este motivo, a determinação do valor de atividade de água (a_w) possibilita avaliar a disponibilidade de água livre, de forma a relacioná-lo com a probabilidade de crescimento de microrganismos, ou degradação do produto por meio de ação enzimática ao longo do tempo (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que os valores de a_w observados, estão na faixa em que o desenvolvimento e a reprodução de microrganismos patogênicos ou não, são inibidos, minimizando as alterações que os mesmos poderiam causar, embora alguns microrganismos sejam capazes de permanecer viáveis por longos períodos nos alimentos (WELTI; VERGARA, 1997; CHISTÉ *et al.*, 2006). Com base nesta observação, pode-se inferir que tanto a amostra M15, quanto a amostra M20, se encontram em faixas de valores de atividade de água que indicam uma maior segurança destes produtos quanto a degradação microbológica.

Os valores de pH e acidez titulável total para as massas elaboradas no presente estudo, mantiveram-se abaixo do valor determinado pela Legislação Brasileira, que para massas alimentícias secas ou frescas, não devem ultrapassar 5,0 % (BRASIL, 2000) Valores superiores a este, são considerados inadequados sob o ponto de vista sanitário, pelo potencial risco de crescimento de microrganismos patogênicos (FERREIRA, 2002).

Menegasi e Leonel (2006) desenvolveram uma massa com 50% de fécula de mandioca com salsa, em substituição à farinha de trigo e observaram um produto final com pH de 5,96 e acidez titulável total de 2,08%. Silva *et al.*, (2019) desenvolveram quatro formulações de massas adicionadas de brotos de alfafa, observando valores de pH e acidez dentro dos limites estabelecidos pela Legislação com valores de pH que variaram de $5,73 \pm 0,06$ a $6,63 \pm 0,06$ e de acidez variando de $0,41 \pm 0,02$ a $1,63 \pm 0,05$. Os autores destacam que estes resultados em conjunto com o enriquecimento nutricional conferido às massas, devem motivar o desenvolvimento de novos produtos deste gênero. No presente estudo, os valores obtidos para *aw*, pH e acidez apontam para a viabilidade que as farinhas adicionadas de FVM nos percentuais de 15% e 20% apresentaram para se adequarem à Legislação em vigor.

A análise dos parâmetros de cor revelou tendência à redução da luminosidade nas massas M15 e M20, em comparação com MC, assim como aconteceu com as farinhas mistas. A luminosidade foi menor na amostra M20, que contém a maior concentração de FVM, ou seja, as amostras tenderam a uma coloração mais escura, com redução do brilho, à medida que foi adicionada a farinha da vagem da moringa em maior concentração.

Conforme esperado, a amostra controle, apresentou maior valor para L^* enquanto M15 apresentou um valor intermediário e M20 o menor valor, com as três amostras apresentando diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre si para este parâmetro. Assim como ocorreu com as farinhas mistas, foi verificado que houve aproximação dos valores de a^* e b^* das amostras M15 e M20 com os valores obtidos para FVM, com todas as amostras apresentando diferença estatística significativa ($p < 0,05$). Segundo Zampini *et al.*, (2007), um dos problemas na elaboração de misturas em alimentos tradicionais, como pães e macarrões, reside no fato de que as alterações da cor do produto, em relação a um produto de referência, pode influenciar negativamente o consumidor na decisão de adquirir este produto, pois a cor é um atributo fundamental na escolha, embora não tenha influência significativa na discriminação do sabor.

4.2.4 Compostos bioativos

a) Fenólicos e flavonoides totais

Os resultados para fenólicos totais e flavonoides totais estão expressos na tabela 28. A análise de variância ANOVA revelou que as três amostras de massas apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para estas duas classes de compostos bioativos antes e após a cocção, e conforme esperado, a amostra FVM apresentou as maiores concentrações para compostos fenólicos e flavonoides.

Tabela 28 – Teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais, antes e após a cocção das amostras

Amostra	Fenólicos totais (mg EAG/100g)	Flavonoides totais (mg EQE/100g)
FVM (cru)	28,01 ^a ± 0,81	22,97 ^a ± 0,77
FVM (cozido)	25,76 ^b ± 0,75	20,91 ^b ± 0,61
MC (cru)	2,87 ^c ± 0,28	0,52 ^c ± 0,27
MC (cozido)	1,74 ^d ± 0,16	0,29 ^d ± 0,33
M15 (cru)	8,79 ^e ± 0,11	6,11 ^e ± 0,36
M15 (cozido)	7,51 ^f ± 0,22	5,37 ^f ± 0,15
M20 (cru)	13,06 ^g ± 0,61	8,82 ^g ± 0,19
M20 (cozido)	11,40 ^h ± 0,45	7,16 ^h ± 0,32

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

FVM: farinha da vagem da moringa. MC: macarrão controle; M15 e M20: macarrões adicionados de 15% e 20%, respectivamente da farinha da vagem da moringa. *Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A concentração de fenólicos totais e flavonoides presentes na farinha da vagem da moringa foram de $28,01 \pm 0,81$ (mg EAG/100g) e $22,97 \pm 0,77$ (mg EQE/100g), respectivamente. Estes valores, embora inferiores aos valores obtidos por Galdino *et al* (2021) que encontraram as concentrações de 158,6 mg/EQ100 em extrato etanólico e Teles *et al.*, (2016) que obteve 85,6 mgEQ/ 100 no extrato hidroalcoólico, são consideráveis, se levarmos em conta que estes autores trabalharam com extratos das folhas da moringa, partes da planta que são mais ricas nestes constituintes.

Os dados listados na tabela 28 permitiram observar também, que a amostra controle apresentou baixas concentrações, para fenólicos totais, assim como para flavonoides totais. A concentração de fenólicos totais de MC, está abaixo dos resultados descritos por Tibola *et al.*, (2020), para farinhas de trigo refinado, obtidas de três diferentes cultivares no Brasil. Segundo estes autores foram encontrados concentrações de 4,15 mg /EQ100; 3,02 mg /EQ100 e 3,23 mg /EQ100 para as três amostras em estudo. Alimentos obtidos a partir de farinhas de trigo refinadas, possuem pequenas concentrações de componentes bioativos, devido ao processo para obtenção destas farinhas, durante o qual são retiradas as camadas mais externas dos grãos.

Um outro ponto importante é que os teores dos compostos bioativos apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para as mesmas amostras, antes e depois da cocção, sendo observadas reduções destes constituintes. De acordo com Fracassetti *et al.*, (2020), o processo de cozimento também ocasionou a perdas de compostos bioativos em duas variedades de arroz pigmentado. Segundo estes autores, os melhores resultados no sentido de minimizar as perdas, foram obtidos após o cozimento por 25 minutos em uma proporção água: arroz de 2:1. Nestas condições, a água remanescente após o cozimento, apresenta-se como fonte de compostos bioativos, devendo ser consumida junto com o alimento para aumentar a absorção destes compostos.

Rufino *et al.*, (2010) classificaram a presença de compostos fenólicos nos alimentos, correlacionando-os com suas concentrações. Para estes autores, alimentos com concentrações de fenólicos totais inferiores a 10 mg EAG/100g contém baixos teores, enquanto valores compreendidos entre 10-50 mg EAG/100g são considerados médios e concentrações superiores a 50 mg EAG/100g são tidas como altas.

Assim, de acordo com os resultados do presente estudo, a amostra FVM possui médios teores de fenólicos totais por esta classificação, antes e após o cozimento. Porém, dentre as massas enriquecidas, apenas a amostra M20 seria classificada com valores médios de compostos fenólicos totais antes e depois do cozimento. As amostras MC e M15 apresentaram baixos teores destes compostos bioativos, antes e depois do cozimento, segundo o critério proposto por este autor.

Na natureza, os compostos fenólicos, notadamente os flavonoides, desempenham papel na defesa química do vegetal contra agressões externas e suas propriedades benéficas são amplamente estudadas no campo da farmacologia e da nutrição. Para a tecnologia de alimentos, destaca-se a capacidade destes compostos de inibir a oxidação lipídica, causada por

radicais livres, repercutindo em uma maior vida útil dos produtos (HOLLMAN; KATAN, 1998; LAZZAROTTO, 2019;).

O consumo de fenólicos, dentre os quais os flavonoides, a partir dos alimentos, se apresenta benéfico, uma vez que estes inibem a oxidação em sistemas biológicos, sendo importante para a prevenção do desenvolvimento de doenças crônicas como câncer, doenças do sistema cardiovascular, doenças inflamatórias e neurodegenerativas, além de atuarem como moduladores do sistema imunológico. Além disso, alguns estudos têm demonstrado uma associação entre o consumo de polifenóis e redução do risco de *diabetes melitus* gestacional (FERGUSSON; HARRIS, 1999; KELSEY *et al.*, 2011; ULLAH *et al.*, 2020; GAO *et al.*, 2021).

Um outro aspecto importante a ser destacado é que nem sempre a simples presença destes compostos significa um bom aproveitamento à nível fisiológico, pois fatores como baixa absorção, elevada taxa de metabolização e excreção ou pouca atividade intrínseca, podem contribuir para uma baixa efetividade destes componentes (MANACH *et al.*, 2010).

b) Carotenoides

Conforme esperado a farinha da vagem da moringa apresentou maiores teores de licopeno e β -caroteno, antes e após o cozimento, quando comparada com as demais amostras em estudo (Tabela 29).

Tabela 29 – Teores de licopeno e β -caroteno nas amostras antes e após a cocção

Amostra	Licopeno ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	β -caroteno ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
FVM (cru)	127,1 ^a \pm 2,25	291,4 ^a \pm 3,52
FVM (cozido)	116,9 ^b \pm 2,86	282,6 ^b \pm 3,48
M20 (cru)	34,9 ^c \pm 2,43	82,4 ^c \pm 2,45
M20 (cozido)	32,1 ^d \pm 1,96	74,9 ^d \pm 2,06
M15 (cru)	24,2 ^e \pm 1,03	59,6 ^e \pm 1,93
M15(cozido)	21,5 ^f \pm 1,13	52,4 ^f \pm 1,87
MC (cru)	N. I	1,61 ^g \pm 0,41
MC (cozido)	N. I	1,22 ^h \pm 0,37

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

FVM: farinha da vagem da moringa. MC: macarrão controle; M15 e M20: macarrões adicionados de 15% e 20%, respectivamente da farinha da vagem da moringa. N.I

Não identificado. *Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Foi constatado que todas as amostras apresentaram perdas de licopeno após o cozimento, sendo observada diferença estatística significativa pela análise de variância (ANOVA) entre as mesmas amostras antes e após a cocção. As perdas provavelmente ocorreram devido a degradação do licopeno pela temperatura de cocção, pois este é insolúvel em água, o que minimiza suas perdas por lixiviação. É importante que as perdas de licopeno sejam minimizadas, uma vez que uma maior absorção é conseguida com o aumento de sua disponibilidade na dieta (OBEROI *et al.*, 2021).

De acordo com Bramley (2000), o cozimento influencia positivamente a absorção de licopeno, porém a presença de elevado teor de fibras, pode interferir de forma negativa por aumentar a viscosidade, impondo um obstáculo a absorção destes componentes (JOHNSON-DOWN, 2000).

Esta interferência das fibras na absorção do licopeno é particularmente importante para o presente estudo, considerando-se o elevado teor de fibras que a adição de FVM conferiu às amostras M15 e M20, o que pode contribuir para uma baixa biodisponibilidade deste componente.

Quanto ao teor de β -caroteno, foi observada redução com diferença estatística significativa para todas as amostras ($p < 0,05$) após o cozimento. El_Massry *et al.*, (2013) relataram que encontraram um teor próximo de 1000 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ de β -caroteno nos frutos frescos da moringa, corroborando com Chhicara *et al.* (2021) que relataram um teor de β -caroteno é de 970 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, valores superiores às quantidades determinadas no presente estudo. Há que se destacar também que a utilização da vagem da moringa como fortificante de alimentos ainda é relativamente negligenciada, pois a maioria dos dados existentes na literatura, relata o uso das folhas e das sementes para este fim.

No presente estudo, a adição da farinha da vagem da moringa nos percentuais de 15% e 20%, conferiu significativo enriquecimento no teor de carotenoides das massas M15 e M20, quando comparadas com a amostra controle, mas é importante salientar que a adição de FVM na farinha de trigo em percentuais mais elevados, inviabilizaria a elaboração de macarrões, por conta das alterações conferidas nas propriedades tecnológicas das massas.

Assim como o licopeno, o β -caroteno é um composto termolábil e o cozimento dos alimentos, geralmente reduz sua concentração nos alimentos, notadamente se realizado por tempo prolongado. Ramos Filho (2001) relata perda de 30,25 % de licopeno após o cozi-

mento da polpa dos frutos de pequi (*Caryocar brasiliense*). Em um estudo de Fratianni *et al.* (2021), os autores observaram que as espécies de hortaliças folhosas *Sonchus asper* (L.), *Sonchus oleraceus* L.), *Spinacia oleracea* (L). e *Cichorium intybus* (L.), quando submetidas à cocção por fervura não apresentaram perdas consideráveis de carotenoides, porém a cocção por vapor reduziu os teores de luteína em 20% e β -caroteno em 15%. Uma alternativa que pode se apresentar para o melhor aproveitamento do potencial que as vagens da moringa possuem como fonte de carotenoides, seria a utilização de extratos concentrados destes frutos em alimentos, de forma a direcionar sua utilização para a incorporação em produtos onde se deseje uma concentração aumentada destes constituintes.

4.3.5 Avaliação da qualidade tecnológica (testes de cozimento)

Os testes de cozimento para massas alimentícias fornecem importantes informações relacionadas ao comportamento da massa durante o preparo, sendo considerados imprescindíveis para avaliar as modificações apresentadas pelo produto após o processo de cocção, de forma que esta relação entre as características da massa antes e após o cozimento, é considerada como o mais importante indicador de qualidade para os consumidores (CASAGRANDE, 1999; MENEGASSI; LEONEL, 2006).

Na tabela 30, são apresentados os valores obtidos nos testes de qualidade tecnológica das amostras M15 e M20 em comparação com a amostra controle.

Tabela 30 – Valores médios dos parâmetros de qualidade tecnológica das massas após o cozimento.

Formulação	Tempo de cozimento (min)	Aumento do peso (%)	Aumento do volume (%)	Perda de sólidos (%)
M20	8,01 ^a ± 0,34	149,32 ^a ± 2,06	159,64 ^a ± 1,94	1,06 ^a ± 0,07
M15	8,33 ^b ± 0,28	141,46 ^b ± 2,38	153,17 ^b ± 1,22	1,74 ^b ± 0,04
MC	9,15 ^c ± 0,17	133,83 ^c ± 1,97	149,04 ^b ± 1,56	3,24 ^c ± 0,11

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

MC: macarrão controle; M15 e M20: macarrões adicionados de 15% e 20%, respectivamente da farinha da vagem da moringa. *Letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A adição de outros constituintes à farinha de trigo pode refletir-se em alterações consideráveis destes parâmetros, de acordo com o tipo de ingrediente que está sendo adiciona-

do à massa, a depender de fatores como o teor de amido, fibras, proteínas e lipídios da mistura final (ORMENESE *et al.*, 2001).

Quanto aos parâmetros de qualidade tecnológica, avaliados neste estudo para as amostras MC, M15, M20, o tempo de cocção apresentou diferença estatística significativa ($P < 0,05$). Uma justificativa para esta condição, seria que a interação entre proteínas e fibras, podem atuar retendo água no centro da massa e acelerar a gelatinização do amido. Esta hipótese é plausível com o presente estudo, pois as massas alimentícias M15 e M20 apresentaram considerável aumento nos teores de fibras, o que pode ter potencializado a interação com as proteínas presentes na massa. Além disso, de acordo com Patiño-Rodriguez *et al.*, (2018), a redução do teor de amido e a presença de fibras facilita a transferência de calor durante o aquecimento, reduzindo o tempo de cocção das massas.

Reis (2013), desenvolveu quatro formulações de macarrão com adição de farinha da polpa de tilápia em substituição à farinha de trigo, nos teores de 2,5%; 5,0%; 7,5% e 10,0%, observando que os valores médios para o tempo de cozimento e perdas de sólidos, não apresentaram diferença estatística significativa. No entanto, as formulações com maiores quantidades de amido, apresentaram menor aumento de massa. A autora justifica esta alteração, pelo fato de que nas amostras adicionadas com a farinha da polpa de tilápia, ocorreu um aumento significativo nos teores de proteínas, resultando em uma maior absorção e retenção de água.

No presente estudo foi observado que a adição da farinha da vagem de moringa, não alterou significativamente o percentual de proteínas das massas M15 e M20, embora seja sugerida a ocorrência de alteração no perfil de aminoácidos nesta formulação. Ademais, os constituintes presentes na vagem da moringa, foram suficientes para promoverem alterações significativas no tempo de cozimento. Foram verificados também aumentos de peso e volume nas amostras M15 e M20, provavelmente relacionados com o aumento no teor de fibras nesta formulação e sua maior capacidade de retenção de água, que provoca o intumescimento durante o processo de cocção.

Existem divergências quanto ao aumento de peso ideal para o macarrão após o cozimento. De acordo com Kruger *et al.*, (1996), o ideal é um aumento de pelo menos 170 g/100 g do produto cru, o que representa um aumento médio de 170 %. Porém, para massas adicionadas de outros constituintes em substituição à farinha de trigo, que podem interferir na qualidade do produto cozido e em última instância, nos parâmetros citados, nem sempre é possível atingir este resultado, assim, Hummel (1996) salientou que um ganho de peso igual ou superior a 100%, já pode ser considerado satisfatório para esta condição.

Com relação ao aumento de volume, a partir dos dados listados na tabela 30, observou-se que de acordo com Hummel (1996), estas massas teriam apresentado um baixo aumento de volume, uma vez que o autor considera como um ganho ideal, valores entre 200 % a 300 %. Porém, Ormenese *et al.*, (2001), relataram que uma massa adicionada de outros ingredientes além da farinha de trigo, tende a apresentar menor aumento de volume na medida que o percentual de adição aumenta, a depender das modificações que serão conferidas por estes ingredientes. Ainda segundo estes autores, a modificação da composição das proteínas que no processo de mistura atuam hidratando a massa, pode acarretar algum aumento no volume.

No entanto, os autores não apresentaram uma correlação entre misturas que possam fornecer um ganho proteico à farinha de trigo e se este ganho sempre poderia resultar em maior aumento da massa. Conforme já citado, é possível que o aumento no teor de fibras também possa acarretar um aumento no volume final, considerando a capacidade de retenção de água pelas fibras e a formação de complexos, ao interagirem com as proteínas.

Shiozawa *et al.*, (2020) elaboraram macarrões adicionados de farinha de feijão tipo fradinho e farinha de arroz em substituição à semolina de trigo *durum*, em diferentes percentuais. Os autores observaram que das cinco amostras estudadas, todas apresentaram aumento de volume inferior aos valores considerados ideais por Hummel (1996). Estes resultados eram esperados, sendo justificado pelos autores que a maior proporção de outros constituintes adicionados à farinha de trigo, pode levar a um menor aumento no volume das massas, por interferir na composição alterando a qualidade das proteínas.

Com relação a perda de sólidos, uma classificação proposta também por Hummel (1996), definiu como uma massa de muito boa qualidade, aquelas que após a cocção apresentaram perdas máximas de sólidos solúveis em até 6%. Para o autor, perdas de no máximo 8% caracterizam uma massa de qualidade média e perdas iguais ou superiores a 10%, caracterizam uma massa de baixa qualidade. Assim, de acordo com esta classificação as massas adicionadas da farinha da vagem da moringa, seriam consideradas de boa qualidade.

Segundo Munner *et al.*, (2018), maiores teores de fibras acarretam numa redução na perda de sólidos, pois a capacidade das fibras de reterem água evita que os sólidos sejam perdidos por lixiviação. Estes autores elaboraram massas alimentícias adicionadas com isolados proteicos e fibras de ervilhas em diferentes concentrações e verificaram que as amostras com menores teores de fibras apresentaram maiores perdas de sólidos.

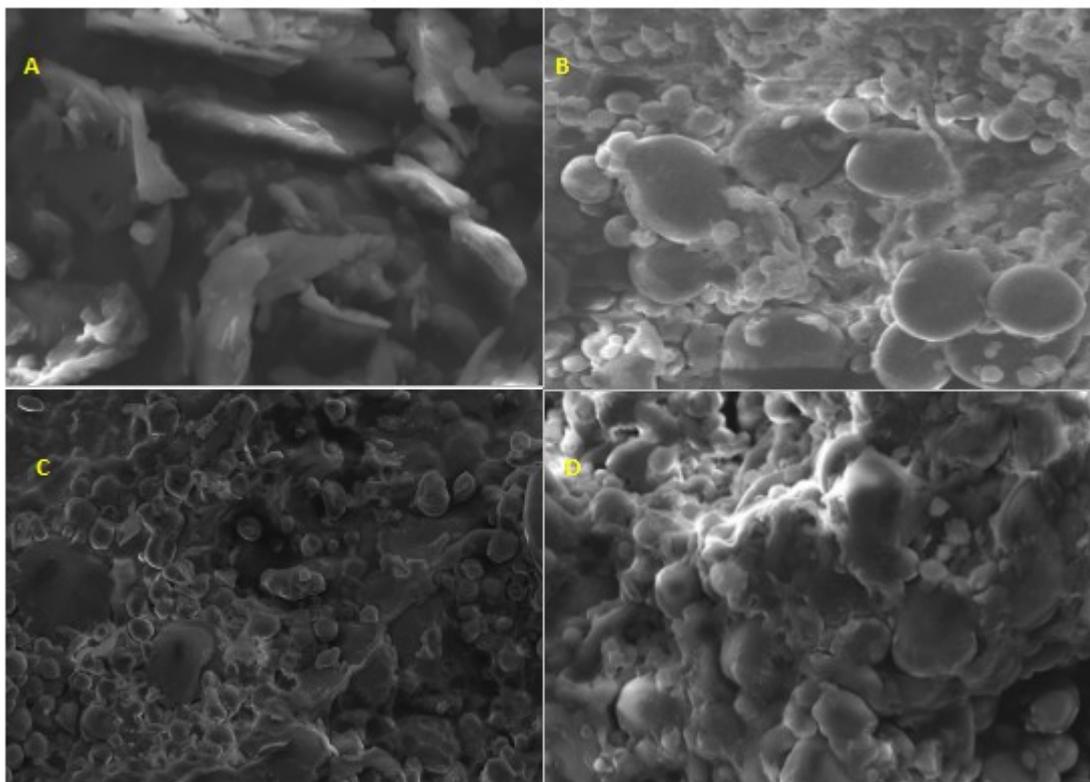
Gonçalves *et al.*, (2022) elaboraram produtos similares a massas alimentícias, sem a presença de trigo na sua composição. Os autores utilizaram farinha de aveia (*Avena sativa*) e de banana da terra (*Musa sapientum*) nos percentuais de 25% e 75%; 50% e 50%; 75% e

25%, respectivamente. Segundo os autores, todas as amostras apresentaram resultados promissores, com perdas de sólidos inferiores a 1,0%. Possivelmente os teores de fibras nas amostras, contribuíram para evitar uma maior perda de sólidos solúveis em água.

4.3.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As imagens de MEV (figura 15) sugerem uma interação entre as fibras provenientes da vagem da moringa e os demais constituintes da farinha de trigo, o que pode se configurar como um dos fatores que contribuíram para preservação do amido, observado nas imagens, com aspecto característico de grânulos esféricos, evitando maiores perdas de sólidos durante o processo de cocção. Vale ressaltar que MC, M15 e M20 apresentaram teores de proteínas similares, porém M15 e M20 apresentaram teores de fibras muito superior ao de MC, o que pode corroborar para a importância das fibras como um agente atuante na retenção de sólidos.

Figura 15 – Imagens de MEV: (A) FVM; (B) MC; (C) M15 e (D) M20. Aumento: 3000x



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

É importante destacar que as alterações conferidas aos alimentos, por adição de outros ingredientes, embora com o objetivo de conferir a estes uma melhoria na qualidade nutricional e apresentar potencial para alegação funcional, nem sempre têm boa aceitação pelos consumidores. Portanto, parâmetros mais facilmente perceptíveis como perda de sólidos, que resulta em uma água de cozimento mais turva devido à alta solubilidade amido, pequeno ganho de massa e aumento ou redução consideráveis no tempo de cozimento, podem acarretar perdas na qualidade sensorial do produto e resultar em maior rejeição dos consumidores (BHATTACHARYA; ZEE; CORKE, 1999).

5. CONCLUSÃO

Não foi demonstrada toxicidade aguda para os frutos da moringa em cultura de neutrófilos humanos e nem para o microcrustáceo *Artemia salina*, de forma que o produto se mostrou seguro para o consumo, segundo estas análises.

Com base nos resultados que atestaram ausência de toxicidade, espera-se que este trabalho possa contribuir para que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) revise a Resolução 1.478 de 03 de junho de 2019, cujo texto alega a escassez de estudos que comprovem a segurança para o consumo humano e proíbe a fabricação, importação, comercialização, propaganda e distribuição de alimentos, ou suplementos alimentares que contenham em suas formulações qualquer componente obtido da *Moringa oleifera* (Lam.).

A adição da farinha das vagens da moringa alterou significativamente todas as propriedades físicas e químicas de importância tecnológica, avaliadas neste estudo, a saber: umidade, atividade de água, falling number, teor de amido danificado, teor de glúten (úmido, seco e index), consistência, estabilidade, parâmetros de cor, absorção de água, tenacidade e extensibilidade, porém não inviabilizou a produção dos mesmos em escala laboratorial.

A adição da farinha das vagens da moringa nas massas alimentícias nos percentuais de 15% e 20% conferiu modificações na composição de macronutrientes e micronutrientes, melhorando-os nutricionalmente.

As massas alimentícias enriquecidas com a farinha da vagem da moringa apresentaram maiores teores de fósforo, potássio, enxofre e magnésio, quando comparadas com o controle.

A farinha da vagem da moringa conferiu elevados teores de fibras às massas alimentícias e redução do valor energético total para estes produtos, além da incorporação de compostos fenólicos totais, flavonoides e carotenoides, com diferença significativa dos valores mensurados nas massas adicionadas da farinha da vagem da moringa, podendo apresentar potenciais benefícios se incorporadas à dieta.

As amostras M15 e M20 se classificam como de teor aumentado de fibra alimentar, segundo a Legislação.

O perfil de ácidos graxos sofreu considerável alteração nas massas adicionadas com a farinha das vagens da moringa.

Os testes de qualidade tecnológica revelaram que as massas adicionadas com a farinha da vagem da moringa apresentaram-se viáveis quanto aos parâmetros analisados.

A vagem fresca da moringa mostrou-se promissora para uso como ingrediente com fins de enriquecimento de massas alimentícias.

Os objetivos deste trabalho foram plenamente atingidos, ao se comprovar ausência de toxicidade quanto aos parâmetros analisados e obter massas alimentícias melhoradas nutricionalmente, além dos produtos obtidos terem se mostrado viáveis quanto às propriedades tecnológicas.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, F. A. R.; IBRAHIM, M. D.; KNTAYYA, S. B. Health benefits of *Moringa oleifera*. **Asian Pacific Journal of Cancer Prevention**, v. 20, n. 15, p. 8571- 8576. Malasya, 2014. <https://doi.org/10.7314/apjcp.2014.15.20.8571>. Acesso em: 23 de abril de 2021.
- ABIOYE, V. F.; AKA, M. Proximate composition and sensory properties of moringa fortified maize-ogi. **J Nutr. Food Sci.**, v. S12, n. 001, 2015. doi:10.4172/2155-9600.S12-001.
- ABREU, A. T.; MILKE-GARCÍA, M. P.; ARGÜELLO-ARÉVALO, G. A.; CALDERÓN-DE LA BARCA, A. M.; CARMONA-SÁNCHEZ, R. I.; CONSUELO-SÁNCHEZ, A.; COSS-ADAME, E.; GARCÍA-CEDILLO, M. F.; HERNÁNDEZ-ROSILES, V.; ICAZA-CHÁVEZ, M. E.; MARTÍNEZ-MEDINA, J. N.; MORÁN-RAMOS, S.; OCHOA-ORTÍZ, E.; REYES-APOCADA, M.; RIVERA-FLORES, R. L.; ZAMARRIPA- DORSEY., M.; ZARATE-MONDRAGON, R.; VÁZQUEZ-FRÍAS, R. Fibra dietaria y microbiota, revisión narrativa de un grupo de expertos de la Asociación Mexicana de Gastroenterología. **Revista de Gastroenterología de México**, v. 86, n. 3, p. 287-304, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rgmx.2021.02.004>. Acesso em: 11 de maio de 2022.
- AHMADU, T; AHMAD, K; ISMAIL, S. I; RASHED, O; ASIB, N; OMAR, D. Antifungal efficacy of *Moringa oleifera* leaf and seed extracts against *Botrytis cinerea* causing gray mold disease of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) **Braz. J. Biol.**, v. 81, n. 4, p. 1007-1022, 2021. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.233173>. Acesso em: 11 de maio de 2022.
- ALMATRAFI, M. M; VERGARA-JIMENEZ; MURILLO, A. G; NORRIS, G. H; BLESSO, C. N; FERNANDEZ, M. L. Moringa leaves prevent hepatic lipid accumulation and inflammation in guinea pigs by reducing the expression of genes involved in lipid metabolism. **Int. J. Mol. Sci.**, v. 18, p. 1330- 1342, 2017.
- ALVES, T. M. A.; SILVA, A. F.; BRANDÃO, M.; GRANDI, T. S. M.; SMÂNIA, E. F. A.; SMÂNIA JR., A.; ZANI, C. L. Biological screening of Brazilian medicinal plants. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 95, n. 3, p. 367-373, 2000.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). **Method 44-15**. 8. ed., v. 1. Saint Paul, 2000. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 17 nov. 2020.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). **Method 30 -20**. 8. ed.v.1 Saint Paul, 2000. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 17 nov. 2020.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). **Method 46-12**. 8. ed. Saint Paul, 2000. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 17 nov. 2020.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). **Method 8-12**. 8. ed. v.1 Saint Paul 2000. Disponível em <http://methods.aaccnet.org>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- ANWAR, F.; BHANGER, M. I. Analytical characterization of *Moringa oleifera* seed oil grown in temperate regions of Pakistan. **J Agric Food Chem.**, v. 51, n. 22, p. 6558-63. doi: 10.1021/jf0209894.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**: method nº 981.12. 16th ed. Gaithersburg: AOAC, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - 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: 21 de maio de 2019.

ARANIBAR, C.; PIGNI, N. B.; MARTINEZ, M.; AGUIRRE, A.; RIBOTTA, P.; WUNDERLIN, D.; BORNEO, R. Utilization of a partially-deoiled chia flour to improve the nutritional and antioxidant properties of wheat pasta. **Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie**, v. 89, 3p. 81-387, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.003>. Acesso em 21 de maio de 2019.

ARCANJO, D. D. R.; ALBUQUERQUE, A. C. M.; MELO-NETO, B.; SANTANA, L. C. L. R. MEDEIROS, M. G. F.; CITÓ, A. M. G. L. Bioactivity evaluation against *Artemia salina* Leach of medicinal plants used in Brazilian Northeastern folk medicine. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 505-509, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000300013>. Acesso em: 21 de maio de 2019.

ASENSI, G. D.; DURANGO, A. M. V.; BERRUEZ, G. R. *Moringa oleifera*: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. Universidad de Murcia, Espana. Universidad de Cordoba, Colombia. Archivos Latinoamericanos de Nutricion. **Oficial de La Sociedad Latinoamericana de Nutricion**, v. 67, n. 2, 2017.

ASHWELL, M. Conceptos functional foods. **International life sciences institute- Europe Concise Monograph Series**, p. 1-39. 2002.

BAGDI, A.; TÓTH, B.; LÓRINCZ, R.; SZENDI, S. Z.; GERE, A.; KÓKAI, Z.; SIPOS, L.; TÖMÖSKÖZI, S. Effect of aleurone-rich flour on composition, baking, textural, and sensory properties of bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 762-769, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.073>. Acesso em: 08 de abril de 2020.

BAPTISTA, A.T. A.; SILVA, M.O.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S. Avaliação físico – química e sensorial de biscoitos tipo *cookies* elaborados com folha de *Moringa oleifera* Lam. **Boletim do Centro de Pesquisas de Processamento de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 65-74, 2012. <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v30i1.28584>. Acesso em: 11 de junho de 2020.

BARRETO, M. B.; BEZERRA, A. M. E.; FREITAS, J. V. B.; GRAMOSA, M. V.; NUNES, E. P.; SILVEIRA, E. R. Constituintes químicos voláteis e não-voláteis de *Moringa oleifera* Lam., Moringaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 4, p. 893-897, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102%2D695X2009000600018>. Acesso em: 08 de junho de 2020.

BAUBLIS A. J.; LU, C.; CLYDESDALE, F. M.; DECKER, E. A. Potential of wheat-based breakfast cereals as a source of dietary antioxidants. **J Am Coll Nutr.**, v. 19, n. 3, p. 308S-311S, 2000. doi: 10.1080/07315724.2000.10718965. Acesso em: 08 de junho de 2020.

BHALLA, N.; INGLE, N.; PATRI, S. V.; HARANATH, D. Phytochemical analysis of *Moringa oleifera* leaves extracts by GC-MS. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, p 6915–6928, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.07.075>. Acesso em: 18 de maio de 2022.

BHATTACHARYA, S. B; DAS, A. K ; BANERJEE, N. Chemical investigation on the gum exudates from Sajna (*Moringa oleifera*). **Carbohydrate Res.**, v. 101, p. 253-62, 1982. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(00\)88067-2](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(00)88067-2). Acesso em: 18 de maio de 2022.

BHATTACHARYA, K.; ZEE, S. Y.; CORKE, H. Physico chemical properties relates to quality of rice noodles. **Cereal Chemistry**, v. 76, n. 6, p. 861-867, 1999. <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.6.861>. Acesso em: 18 de maio de 2022.

BHATTACHARYA, A.; GHOSH, G.; AGRAWAL, D.; SAHU, P. K.; KUMAR, S.; MISHRA, S. S. GC-MS profiling of ethanolic extract of *Moringa oleifera* leaf. **Int J Pharm Bio Sci.**, v. 5, n. 4, p. 263-275, 2014.

BENNETT, R.; MELLON, F.; FOIDL, N.; PRATT, J.; DUPONT, M.; PERKINS, L.; KROON, P. Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of the multi-purpose trees *Moringa oleifera* L. (Horseradish Tree) and *Moringa stenopetala* L. **J Agri and Food Chem**, v. 51, n. 12, p. 3546-53, 2003. doi:10.1021/jf0211480. Acesso em: 25 de maio de 2022.

BEZERRA, A. M. E., MEDEIROS-FILHO, S., FREITAS, J. B. S., TEÓFILO, E. M. Avaliação da qualidade das sementes de *Moringa oleifera* Lam. durante o armazenamento. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, 28 (6): 1240-1246.2004.

BHARALI, R.; TABASSUM, J.; AZAD M. R. Chemomodulatory effect of *Moringa oleifera* Lam. on hepatic carcinogen metabolising enzymes, antioxidant parameters and skin papillomagenesis in mice. **Asian Pac J Cancer Prev.**, v. 4, n. 2, p. 131-9, 2003.

BLIBECH, M.; MAKTOUF, S.; CHAARI, F.; ZOUARI, S.; NEIFAR, M.; BESBES, S.; ELLOUZE-GHORBEL, R. Functionality of galactomannan extracted from Tunisian carob seed in bread. **Journal of Food Science and Technology**. v. 52, n.1, p.423-429, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007%2Fs13197-013-0966-2>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

BRAGA, A. C. L. **Avaliação da toxicidade e do trânsito gastrintestinal de extratos e frações nematocidas de *Moringa oleifera* em camundongos**. 56f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2018.

BRAMLEY, P. M. Is lycopene beneficial to human helth? **Phytochemistry**, v. 54, n. 3, p. 233-6, 2000. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(00\)00103-5](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(00)00103-5). Acesso em: 03 de junho de 2020.

BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 1.478, de 3 de junho de 2019. Dispõe sobre a proibição da fabricação, importação, comercialização, propaganda e distribuição de todos os alimentos que contenham *Moringa oleifera*. **Diário Oficial da União**, Brasília, 04/06/2019, Edição: 106, Seção: 1, Página: 42.

BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 54, DE 12 DE NOVEMBRO DE 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 354/96**. A presente Norma se aplica a farinha de trigo obtidas do *Triticun sestivum* e/ou de outras espécies do gênero *Triticun* (exceto *Triticum*

durum) que sejam reconhecidas para a fabricação de farinhas de trigo. Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde; Brasília, 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 132/99** Regulamento técnico para fixação- de identidade e qualidade de sêmola ou-semolina de *Trigo durum*, farinha de *Trigo durum* e farinha integral de *Trigo durum*. Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Brasília, 1999.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Resolução RDC nº 93**, Dispõe sobre o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia. Brasília, 2000.

BRASIL, Ministério da Saúde Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Resolução RDC nº 263**, Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Brasília, 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, **Farmacopeia Brasileira**, volume 1. 5ª Ed. Brasília, 2010 a.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária **Farmacopeia Brasileira**, volume 2. 5ª Ed. Brasília, 2010 b.

BRILHANTE, R. S. N; VENDAS, J. A; PEREIRA, V. S; CASTELO-BRANCO, D. S. C. M; CORDEIRO, R. A; SAMPAIO, C. M. S; PAIVA M. A. N; SANTOS, J. B. F; SIDRIM, J. J. C; ROCHA, M. F. G. Avanços na pesquisa sobre os usos múltiplos da *Moringa oleifera*: uma alternativa sustentável para a população socialmente negligenciada. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**. V. 10 e. 7, p. 621-630, 2017.

CÁCERES, A.; FREIRE, V.; GIRÓN, L.M.; A VILÉS, O.; PACHECO, G.; *Moringa oleifera* (*Moringaceae*): etnobotanical studies in Guatemala. **Economic Botany**, v.45,n.4, p.522-523. 1991. doi:10.1007/BF02930717. Acesso em: 03 de junho de 2020.

CALDEIRA, M. T.; LIMA, V. L. A.; SEKI, H. A.; RUMJANEK, F. D. Diversidade de trigo, tipificação de farinhas e genotipagem. **Rev. Biotec. Cien. Desenv.** v. 16, n. 1, p. 44-48, Brasília, 2000.

CARDOSO, A.L.; OLIVEIRA, G.G. 9. Alimentos Funcionais. **Revista Nutri Jr - Jornal Eletrônico**, nº 05. 2008.

CARVALHO JÚNIOR, D. **Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas**. Núcleo de Desenvolvimento e Tecnologia - GRANOTEC DO BRASIL, 1999. 97 p.

CASAGRANDE, D. A. Análise tecnológica, nutricional e sensorial de macarrão elaborado com farinha de trigo adicionada de farinha de feijão-guandu. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 137-143, maio/ago. Campinas, 1999. <https://doi.org/10.1590/S1415-52731999000200003>. Acesso em: 08 de abril de 2020.

CHANA, W.F. Caracterización de la hoja y harina de *Moringa oleifera*. **Ciência Latina Revista Científica Multidisciplinar**. 5(3), 2590-2604, 2021. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.475. Acesso em: 03 de junho de 2022.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. de O.; MATHIAS, E. de A.; RAMOA JÚNIOR, A. G. A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 861–864, 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do trigo**. ISBN: 978-85-62223-09-9 Brasília: Conab, 2017. ISBN: 978-85-62223-09-9

DAHOT, M.U; MEMON, A. R. Nutritive significance of oil extracted from *Moringa oleifera* seeds. **J Phar Univ Karachi**. 10:75-80, 1985.

DANTAS, D. L.; SOUSA, A. P. M; COSTA, J. D; OLIVEIRA, J. A. M; ALMEIDA, A. F; APOLINÁRIO, M; .SANTANA, R. A. C; CAMPOS, A. R. N. Estudo toxicológico de sementes de *Moringa oleifera* Lam. usando o teste de *Artemia salina* Leach. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento[S.l.]**, v. 9, n.9 pág. e457997332, 2020. doi: 10.33448/rsd-v9i9.7332

DANTAS, D. L; FREITAS, J. C. R; CAMPOS, A. R. N; SANTANA, R. A. C. Estudo morfométrico e toxicológico de vagens de *Moringa oleifera* Lam. Presentes no município de Cuité -PB. **Revista Educação, Ciência e Saúde** , 7(1), 58-69. 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.20438/ecs.v7i1.234>. Acesso em: 07 de março de 2021.

DAMODARAN, S.; PAKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Editora Artmed. P 900, 2010.

DIYYA, A.S.M; THOMAS, N. V. Multiple Micronutrient Supplementation: As a Supportive Therapy in the Treatment of COVID-19. **BioMed Research International**, Article ID 3323825, 2022.

EGEA-FERNANDEZ, J.M; EGEA-SANCHEZ J.M, EGEA-SANCHEZ, I; RIVERA NUNEZ. D. Cultivos promisorios para enfriar el clima y alimentar al mundo. Murcia. 207 p. 2015.

EL-DASH, A.; MAZZARI, M.R.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas. Uso de farinha mista de trigo e mandioca na produção de pães**. Volume 1, pág. 28-31, 43,52. Embrapa, DF, 1994.

EL-MASSRY, F. H; MOSSA, M.E.M; YOUSSEF, S.M. Moringa oleifera plant value and utilization in food processing. **Egyptian Journal of Agricultural Research**, Vol.91 N.4, pp.1597-1609, 2013.

FAHEY, J. W. *Moringa oleifera*: A review of the medicinal evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. **Trees Life J**, 1, 5, Maryland, 2005. doi:10.1201/9781420039078.ch12

FAIZI, S; SIDDIQUI, B. S; SALEEM, R; SIDDIQUI, S; AFTAB, K; GILANI, A. H. Isolation and structure elucidation of new nitrile and mustard oil glycosides from *Moringa oleifera* and their effect on blood pressure. **J Nat Prod**. Sep;57(9):1256-6. 1994 doi: 10.1021/np50111a011.

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.**, v. 6, n. 2, p. 115-119, Campina

Grande, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000200028>. Acesso em: 08 de abril de 2020.

FASSETT, R. G; COOMBES J. S. Astaxanthin: a potential therapeutic agent in cardiovascular disease. *Mar Drugs*. 9:447–465, 2011. doi: 10.3390/md9030447

FERNANDES, A; BANCESSI, A; PINELA, J; DIAS, M. I; LIBERAL, A; CALHELHA, R.C; ĆIRIĆ, A; SOKOVIĆ, M; CATARINO, L; FERREIRA, I.C.F.R; BARROS,L. Nutritional and phytochemical profiles and biological activities of *Moringa oleifera* Lam. edible parts from Guinea-Bissau (West Africa). *Food Chemistry*, V. 341,2021. Part 1,128229, 2021. ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.128229>. Acesso em: 08 de abril de 2022.

FERREIRA, S. M. R. Controle da Qualidade de Alguns Produtos. In: FERREIRA, S.M.R. **Controle da qualidade em sistemas de alimentação coletiva I**. São Paulo, cap. 6, p.49-150 Varela, 2002.

FIGUEIREDO, M. T. S; SANTOS, M. H; SILVA, D. K; OLIVEIRA, T. L. R; NETO, A. B. L. Análise do efeito bacteriostático de sementes de moringa frente a *Escherichia coli*. *Revista Multidisciplinar Em Saúde*, 2(3), 20, 2021. <https://doi.org/10.51161/rem/2679>. Acesso em: 08 de abril de 2022.

FOGAGNOLI, G; SERAVALLI, E. A. G. Aplicação de farinha de casca de maracujá em massa alimentícia fresca. *Brazilian Journal of Food Technology* (online), v.17, n.3, p.204-212. Campinas, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.0614>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2020

FRACASSETTI, D; POZZOLI, C; VITALINI, S; TIRELLI; IRITI, M. Impact of Cooking on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Pigmented Rice Cultivars. *Foods*. 9, 967, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9080967>. Acesso em: 08 de abril de 2022.

FRATIANNI, A.; D'AGOSTINO, A.; NIRO, S.; BUFANO, A.; PAURA, B.; PANFILI, G. Loss or Gain of Lipophilic Bioactive Compounds in Vegetables after Domestic Cooking? Effect of Steaming and Boiling. *Foods*. 10, 960, 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10050960>. Acesso em: 08 de abril de 2022.

GALDINO, F.S; NETA, R,L,A; CARTAXO, H. B; LUCENA, J. D; SILVA, D. R; LUCENA G. T. S; Feitoza, G. S; Brito S. A. Avaliação das atividades antioxidante e gastroprotetora de *Moringa oleifera*. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 4, e55210414410. Santa Maria, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14410>. Acesso em: 08 de abril de 2022.

GANATRA, T. H; UMANG, H. J; PAYAL, N. B; TUSHARBINDU, R. D; PRAVIN, R. T. A panoramic view on pharmacognostic, pharmacological, nutritional, therapeutic and prophylactic values of *Moringa oleifera* Lam. *International Research Journal of Pharmacy*, 3(6), 1–7. India, 2012.

GAO, Q; CHUNRONG, Z; XUEZHEN, Z; RENJUAN, C; TING X; MIAO, H; QIAN L; MAN, K; GUOPING, X; WEIZHEN, H; GUOQIANG, S; XUEFENG, Y; NIANHONG, Y; LIPING, H. Inverse association of total polyphenols and flavonoids intake and the intake from fruits with the risk of gestational diabetes mellitus: A prospective cohort study. *Clinical Nutrition*. V.40, 2. p. 550-559, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.05.053>. Acesso em: 08 de abril de 2022.

GERMANI, R. **Qualidade de farinha de trigo e panificação**. In: Semana acadêmica de engenharia de alimentos, 9., 2003, Rio de Janeiro. Apostila. Rio de Janeiro: UFRuralRJ, 2003. 74 p.

GHASI, S. N.; WOBODO, E; OFILI; J O. Hypcholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera* Lam in high fat diet fed wistar rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 69, n.1, p.21- 25, 2000. doi: 10.1016/s0378-8741(99)00106-3. Acesso em: 11 de fevereiro de 2020.

GIDAMIS, A.B; PANGA, J. T; SARWATT, S.V; CHOVE, B.E; SHAYO, N. B. Nutrient and Antinutrient Contents in Raw and Cooked Young Leaves and Immature . Pods of *Moringa oleifera*, Lam.**Ecology of Food and Nutrition**,v. 42, p. 399 – 411. 2003. <https://doi.org/10.1080/03670240390268857>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2020.

GÓMEZ, M.; RONDA, F.; BLANCO, C.A.; CABALLERO, P.A.; APESTEGUÍA, A. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. **European Food Research and Technology**, v.216, n.1, p.51-56. Spain, 2003. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0632-9>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2020.

GOMBART, A. F; PIERRE, A; MAGGINI, S. A Review of Micronutrients and the Immune System Working in Harmony to Reduce the Risk of Infection. **Nutrients**. v. 12, n. 1, 2020. doi: 10.3390/nu12010236.

GONÇALVES, A; DE PAULA, J. M; DE BRITO SODRÉ, L. W; GERALDI, C. A. Q; GUEDES, S. F; LOSS, R. A. Elaboração de massa alimentícia fresca a partir das farinhas de banana da terra (*Musa sapientum*) e aveia (*Avena sativa*). **Scientific Electronic Archives**, 15(4), 2022. <https://doi.org/10.36560/15420221535>. Acesso em: 21 de julho de 2022.

GOPALAN, C. Micronutrient malnutrition in SAARC, **Boletín del NFI**. ISBN: 0971-2720 India, 1994.

Grasso, S. (2020). Extruded snacks from industrial by products: A review. **Trends in Food Science and Technology** , 99 (January 2019), 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.012>. Acesso em: 08 de abril de 2020.

GUEVARA, A. P; VARGAS, C; SAKURAI, H; FUJIWARA, Y; HASHIMOTO, K; MAOKA, T. An antitumor promoter from *Moringa oleifera* Lam. **Mutat Res**.10:181-8, 1999. doi: 10.1016/s1383-5718(99)00025-x.

HAARD, N. F. Características de los tejidos vegetales comestibles: In: FENNEMA, O. R. **Química de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia, p. 966-967 1992.

HIME, L. F. C. C; C. C. L; LOPES, C. M. C; ROA, C. L; ZUCHELO, L. T. S; BARACAT, E. C; ANDRADE, J; SOARES, J. M. Is there a beneficial effect of gamma-linolenic acid supplementation on body fat in postmenopausal hypertensive women? A prospective randomized double-blind placebo-controlled trial, **Menopause**: V.28-Issue 6-p 699-705 2021. doi: 10.1097/GME.0000000000001740.

HOLLMAN, P.C., KATAN, M.B. Bioavailability and health effects of dietary flavonoids in man. **Archives of Toxicology Supplement**, Berlin, v.20, p.237-248, 1998. doi: 10.1007/978-3-642-46856-8_21.

- HUMMEL, C. Macaroni products: manufacture, processing and packing. **Food Trade Press**, Ltd., 287p. London, 1966.
- IDAKWOJI, P. A; BARNABAS, A; ELAH S. Co-administration of ethanolic leaf extract of *Moringa oleifera* and metformin reverses polyphagia, polydipsia and stabilizes body weight in alloxan-induced diabetic rats. **Glob J Res Med Plants Indig Med.**4:193–202, 2015.
- IGWILO, I. O; OLOYODE, O. B; ENEMOR, V. H. A. Nutrient composition and the effect of processing on *Canavalia ensiformis* seed. **International Journal of Agriculture and Food Systems**,1(1),48–50, 2007.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-químicos para Análises de Alimentos.** 4ª ed. (1ª Edição digital)1020 p, 2008.
- JAYAWARDANA, B. C.; LIYANAGE, R.; LALANTHA, N.; IDDAMALGODA, S.; WETHTHASINGHE, P. Antioxidant and antimicrobial activity of drumstick (*Moringa oleifera*) leaves in herbal chicken sausages. **LWT – Food Sci Technol.**; 64(2):1204–8. Sri Lanka, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.028>. 11 de fevereiro de 2020.
- JOHNSON-DOWN, L; Food habits of Canadians: lutein and lycopene intake in the Canadian population. **J Am. Diet. Assoc.** . 102(7):9988-91, 2002. doi: 10.1016/s0002-8223(02)90226-9.
- JOSHI P, MEHTA D. Effect of dehydration on the nutritive value of drumstick leaves. **Journal of Metabolics and Systems Biology.** 1(1):5-9. 2010.
- KELSEY, N; HULICK, W; WINTER, A; ROSS, E; LINSEMAN, D. Neuroprotective effects of anthocyanins on apoptosis induced by mitochondrial oxidative stress. **Nutritional Neuroscience**, V. 14, 2011. doi: 10.1179/1476830511Y.0000000020.
- KHAN, A; RAHMAN, U. U; SIDDIQUI, S; IRFAN, M; SHAH, A. A; BADSHAH, M; HASAN, F; KHAN, S. Preparation and characterization of resistant starch type III from enzymatically hydrolyzed maize flour. **Molecular Biology Reports**, 46(4), 4565–4580, 2019. doi: 10.1007/s11033-019- 04913-5
- KHARE, G.C; SINGH, V; GUPTA, P.C. A new leucoanthocyanin from *Moringa oleifera* gum. **J Indian Chem Soc.**10:247-8. India, 1997. doi:10.1002/chin.199825214
- KENT, N. L. **Technology of cereal.** 3 ed. Bergarion Press, 221 p. London. 1984.
- KRUGER, J. E.; MATSUO, R. B.; DICK, J. W. Pasta and noodle technology. **American Association of Cereal Chemists.** 356p. 1996.
- KUETE, V. *Moringa oleifera*. Medicinal Spices and Vegetables from Africa: **Therapeutic Potential Against Metabolic, Inflammatory, Infectious and Systemic Diseases**, p. 485–496, 2017.
- KUMAR, S.; KUMAR, D.; SINGH, N.; VASISHT, B. D. In-vitro free radicals scavenging and antioxidant activity of *Moringa oleifera* pods. **J. Herb. Med. Toxicol.** 1, 117–122, 2007.
- LABUSCHAGNE, M. T.; CLAASSEN, A.; DEVENTER, C. S. Biscuit-making quality of backcross derivatives of wheat differing in kernel hardness. **Euphytica**, v. 96, n. 2, p. 263-266, 1997.

LEITÃO, R. F. F.; VITTI, P.; FERREIRA, V. L. P.; MIYA, E. E. Macarrão à base de farinhas ricas em proteínas. **Coletânea do Ital**, Campinas, 6:351-360,1975.

LEMES, A. C; TAKEUCHI, K. P; CARVALHO, J. C. M; DANESI, E. D. G. FreshPasta Production Enriched with *Spirulina platensis* Biomass. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 55, 5, 741–750, ISSN 1516-8913. Maringá, 2012.

LIU, J; HEFNI M. E; WITTHÖFT, C. M; BERGSTRÖM, M; BURLEIGH, S; NYMAM, - HÅLLENIUS F. Effects of Whole Brown Bean and Its Isolated Fiber Fraction on Plasma Lipid Profile, Atherosclerosis, Gut Microbiota, and Microbiota-Dependent Metabolites in Apoe^{-/-} Mice. **Nutrients**. 2022; 14(5):937. <https://doi.org/10.3390/nu14050937>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

LIU Z, CHEN B, LI B, WANG C, LI G, CAO W, ZENG F, CHEN Y. Greater Consumption of Total and Individual Lignans and Dietary Fibers Were Significantly Associated with Lower Risk of Hip Fracture—A 1:1 Matched Case–Control Study among Chinese Elderly Men and Women. **Nutrients**. 2022; 14(5):1100. <https://doi.org/10.3390/nu14051100>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

LOPES, A. A. **Avaliação da atividade antiinflamatória e antioxidante das cápsulas do extrato seco padronizado e da afrormosina, isoflavonóide, obtidos de *Amburanacearensis*** A C SMITH. 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado em Farmacologia). Departamento de Farmacologia e Fisiologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

LORENZI, H., MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil – nativas e exóticas cultivadas**, 2ª Ed. Nova Odessa. Instituto Plantarum, p.576. 2008.

MA, Z. F; AHMAD, J; ZHANG, H; KHAN, I; MUHAMMAD, S. Evaluation of phytochemical and medicinal properties of *Moringa oleifera* as a potential functional food. **South African Journal of Botany**. v.129, 40-46. China, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.12.002>. Acesso em: 07 de julho de 2022.

MALUF, M. L. F.; WEIRICH, C. E.; DALLAGNOL, J. M.; SIMÕES, M. R; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R. Elaboração de massa fresca de macarrão enriquecida com pescado defumado. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.69, n. 1, p. 84-90. São Paulo, 2010.

MAMAT, H.; MATANJUN, P.; IBRAIM, S.; AMIN, S.F.M.; HAMID, M.A.; RAMELI, A.S. The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread. **Journal of Applied Phycology**, v.26, n.2, p.1057-1062, 2014.

MANACH, C; WILLIAMSON, G; MORAND, C; SCALBERT, A; RÉMÉSY, C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. **Am. J. Clin. Nutr.**, 81, 230S, 2005. doi: 10.1093/ajcn/81.1.230S.

MARCATO, A. R; WAHANIK, A.L; PASTORE, G.M; NERI-NUMA. I. A; FELISBERTO, M. H. F; CAMPELO, P. H; CLERICI, M. T. P. S. Farinha de inhame em massa fresca integral: avaliação da qualidade tecnológica e funcional. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e59310213002, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.13002>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

MARIUSSO, A. C. B. **Estudo do enriquecimento de massas alimentícias com subprodutos agroindustriais visando o melhoramento funcional e tecnológico de massas**

frescas. Dissertação (Faculdade de Engenharia de Alimentos - Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual de Campinas). Campinas, 2008.

MATOS, F. J. A.; ALENCAR, J. W.; CRAVEIRO, A. A.; MACHADO, M. I. L. Ácidos graxos de algumas oleaginosas tropicais em ocorrência no Nordeste do Brasil. **Química Nova**, v. 15 (3).1992.

MATTHIAS, D; MCDONALD, C.M; ARCHER, N; ENGLE-STONE, R. The Role of Multiply-Fortified Table Salt and Bouillon in Food Systems Transformation. **Nutrients**. 14(5):989. 2022; <https://doi.org/10.3390/nu14050989>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

MAYER, F.; SELTZ, E. *Moringa stenopetala* provides food and low-cost water purification, **Agroforestry Today**, v.5, p.16-18, ISSN 1013-9591, 1993.

MBICKAY, M. Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: a review. **Front Pharmacol**, 3, 1-12 2012. doi: 10.3389/fphar.2012.00024

MEDCALF, D. G.; GILLES, K. A. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. **Cereal Chem.**, v. 42, p. 558-568, 1965.

MEDEIROS, G. R.; KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Quality characterization of wheat flour mixed with peach pulp palm (*Bactris gasipaes* Kunth). **Alim. Nutr. Araraquara**, v. 23, n. 4, p. 655-660, 2012.

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**. 2020. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

MENDES, L. G. **Microencapsulação do corante natural de urucum: uma análise da eficiência da goma do cajueiro com material de parede**, 2012. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012.

MELESSE, A; BERIHUM, K. Chemical and mineral compositions of pods of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera* cultivated in the lowland of Gamogofa Zone. **J Environ Occup Sci** 2(1):33-38, 2013. doi:10.5455/jeos.20130212090940

MENEGASSI, B.; LEONEL, M. Análises de qualidade de uma massa alimentícia mista de manioquinha-salsa. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. v. 2. Botucatu, 2006.

MENEGUSSO, F. J; VIECILI, A. A; PAULY, T; FERREIRA, D. T. L. Comparação das análises de umidade, Falling number e glúten em farinha de trigo forte, fraca e média mista com fécula de mandioca em diferentes porcentagens. **YUMPU**, 2013.

MENSAH, J.K; IKHAJIAGBE, B; EDEMA, N. E; EMOKHOR, J. Phytochemical nutritional and antibacterial properties of dried leaf powder of *Moringa oleifera* (Lam) from Edo Central Province, Nigeria. **J Nat Prod Plant Resource**.10:107-12, 2012.

MEYER, B.N; FERRIGNI, N. R; PUTNAM, J. E; JACOBSEN, L. B; NICHOLS, D. E; MCLAUGHLIN, J. L. A convenient general bioassay for active plant constituents. **Planta Medica**, v.45, p.31-34, 1982.

MIRSAEEDGHAZI, H.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOUSAVI, S.M.A. Rheometric measurement of dough rheological characteristics and factors affecting it. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.10, n.1, p.112-119, 2008.

MIRONEASA, S; CODINĂ, G. G. Effect of Composite Flour Made from Tomato Seed and Wheat of 650 Type of a Strong Quality for Bread Making on Bread Quality and Alveograph Rheological Properties. **International Journal of Food Engineering**. v 4, n. 1, 2018. doi: 10.18178/ijfe.4.1.22-26

MOHANTY, M; GOEL, R. B. Phytoperspective of *Moringa oleifera* for oral health care: An innovative ethnomedicinal approach. **Phytotherapy Research**. 2020. <https://doi.org/10.1002/ptr.6896>. Acesso em: 03 de novembro de 2021.

MONDAL, A.; DATTA, A. K. Bread baking – A review. **Journal Food Engineering**. v. 86, p. 465-474, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014>

MORAES NETO, S. L. **Desenvolvimento e caracterização de pães tipo forma adicionados de farinha de folhas de *Moringa oleifera* Lam.** 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

MORETTO, E; FETT, R. **Processamento e Análise de Biscoito**. Livraria Varela. São Paulo: 1999.

MORGAN, J. E.; WILLIAMS, P. C. Starch damage in wheat flours: a comparison of enzymatic, iodometric, and near-infraredreflectance techniques. **Cereal Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 200-212, 1995.

MORRISON, W. R; TESTER, R. F. Properties of damage starch granules. II. Crystallinity, molecular order and gelatinisation of ball-milled starches. **Journal of Cereal Science**, v. 19, n. 2, p. 209-217, 1994. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1994.1028>. Acesso em: 14 de agosto de 2019.

MOURA, A.S.; SOUZA, A.L.G.; JUNIOR, A.M.O.; LIRA, M.L.; SILVA, G.F. Caracterização físico-química da folha, flor e vagem da moringa (*Moringa oleifera* Lamarck). **Encontro Nacional da Moringa**, Aracaju, 2009.

MOYO, B., MASIKA, P.J., HUGO, A.; MUCHENJE, V. Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. **African J. Biotechn.**, v.10, n.60, p.12925-12933, 2011. doi: 10.5897/ajb10.1599

MUANGNOI, C.; CHINGSUWANROTE, P.; PRAENGAMTHANACHOTI, P.; SVASTI, S.; TUNTIPOIPAT, S. Moringa oleifera pod inhibits inflammatory mediator production by lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 murine macrophage cell lines. **Inflammation**, *s. L*, v. 35, n. 2, p. 445–455, 2012. doi: 10.1007/s10753-011-9334-4.

NASCIMENTO, R. F; GAVRON, A.B; BOWLES, S; CHAVES, E.S; BORTOLOZO, E. A. F. Q. Determination of the sodium and potassium levels in meals served in a university restaurant in the south of Brazil. **Braz. J. Food Technol.**, v. 20, e2016167, 2017. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.16716>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

NESTEL, P. J. Dietary fat and blood pressure. **Curr Hypertens Rep** 21:17, 2019. doi: 10.1007/s11906-019-0918-y

NICOLETTI, A. M. **Enriquecimento nutricional de macarrão com uso de subprodutos agroindustriais de baixo custo**. Dissertação (Universidade Federal de Santa Maria). Santa Maria, 2007.

NOUMAN, W; BASRA, S. M. A; SIDDIQUT, M. T; YASMEEN, A; GULL, T; ALCAYDE, M. A. C. Potential of *Moringa oleifera* Lam. as livestock fodder crop: A review. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 37, p. 1211–1266, 2013. DOI:10.3906/tar-1211-66

NUNES B. S; CARVALHO F. D; GUILHERMINO L. M; VAN STAPPEN, G. Use of the genus *Artemia* in ecotoxicity testing. **Environ. Pollut.** 144: 453–462, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.12.037>

NUNES, E; FERNANDES, A. <https://specieslink.net/search/>. Acesso em: 14 de outubro de 2022.

OBEROI, D. p. s.; SINGH, T. P.; SOGI, D. S. InVivo Bioavailability of Lycopene from Watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb) Coloring. **Nutrition and Cancer**. v.73, 1365-1370, 2021. <https://doi.org/10.1080/01635581.2020.1801773>. Acesso em: 17 de março de 2022.

ODURO, I; ELLIS, W. O; OWUSU, D. Nutritional potential of two leafy vegetables: *Moringa oleifera* and *Ipomoea batatas* leaves. **Sci. Res. Essays**. 3(2): 057-060. 2008.

OLORODE, O; IDOWU, M; ILORI, O. Effect of benoil (*Moringa oleifera*) leaf powder on the quality characteristics of ‘Ogi. **J.Food. Nutr.** 3, 83–89.2013.

ORDOÑEZ, E; CASTILLO, K. E; REÁTEGUI, D; CONDORI, V. E. Elaboración de pan con incorporación de harina de pulpa de coco y nibs de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). **Agroindustrial Science**, 9 (2) 189 – 198, 2019. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.02.12>. Acesso em: 05 de junho de 2020.

PADALINO, L; CONTE, A; LECCE, L; LIKYOVA, D; SICARI, V; PELLICANÒ, T. M; POIANA, M; DEL NOBILE, M. A. Functional pasta with tomato by-product as a source of antioxidant compounds and dietary fibre. **Czech Journal of Food Sciences**, 35(1), 48-56, 2018. <http://dx.doi.org/10.17221/171/2016-CJFS>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

PARI, L.; KUMAR, N.A. Hepatoprotective activity of *Moringa oleifera* on antitubercular drug-induced liver damage in rats. **Journal of Medicinal Food**, v. 5, p.171–177, 2002. doi: 10.1089/10966200260398206.

PATERSON, I.; ANDERSON, E. A. The renaissance of natural products as drug candidates. **Science**, v. 310, p. 451-453, 2005. doi: 10.1126/science.1116364

PAULA, P. C. **Propriedade hipoglicemiante, hipocolesterolêmica e antioxidante de proteínas de folhas de *Moringa oleifera* Lam.** 131 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

PEDRAL, A. L; BARBOSA, J. S; SANTOS, G. R; XAVIER A. C. R; ARIMATÉA, C.C; FONTES, A. S; SILVA, G. F; BARRETO, L. C. O. Caracterização físico – química de folhas da *Moringa oleifera* desidratadas por secagem convectiva e liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.17, n.1, p.33 – 39. Campina Grande, 2015. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v17n1p33-39>. Acesso em: 05 de junho de 2020.

PESSANHA, M. D. F. **Propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e características sensoriais do produto após assamento**. 119 f. (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

PIZZINATO, A.; MAGNO, C. P. R. S; CAMPAGNOLLI; D. M. F. **Avaliação e controle de qualidade da farinha de trigo**. Instituto de Tecnologia de Alimentos, 67p. [Apostila]. Campinas, 1996.

PIZZINATO, A. **Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação e controle**. Campinas: ITAL, 72 p. 1999.

PRAMANIK, A; ISLAM, S. S. Chemical investigation of aqueous extract of the mature and premature flowers of *Moringa oleifera* (Sajina) and structural studies of a polysaccharide isolated from its premature flowers. **Indian J Chem.**10:676-82,1998.

PROSAPIO, V; NORTON, I. Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, 80, 401-408, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.012>. Acesso em: 17 de maio de 2022.

PUGLISI, M. J.; FERNANDEZ M. L. Modulation of C-reactive protein, tumor necrosis factor-alpha, and adiponectin by diet, exercise, and weight loss. **J. Nutr.** 1 38:2293–2296, 2008. doi: 10.3945/jn.108.097188

PYLER, E. J. **Baking - Science & Technology**. 3.ed. vol II. Kansas: Sosland Publishing Company. 1988.

QIAN, J.Y.; DING, X.L. Effect of twin-screw extrusion on the functional properties of soya fiber. **Journal Science Food Agric.** v.71, n.1, p.64-68, 1996.

QUAGLIA, G. **Ciência y tecnología de La panificación**. 1ª edição. Zaragoza: Editorial Acribia S. A, 1991. 502 p.

RAHMAN, M. M.; FERNANDES, G; WILLIAMS P. Conjugated linoleic Acid prevents ovariectomy-induced bone loss in mice by modulating both osteoclastogenesis and osteoblastogenesis. **Lipids.** 49:211–224, 2014. doi: 10.1007/s11745-013-3872-5.

RAMACHANDRAN, C, PETER, K. V, GOPALAKRISHNAN, P. K. Drumstick: (*Moringa oleifera*) a multipurpose Indian vegetable. **Econ Bot.**; 34(3):276-83.1980.

RAMOS FILHO, M. M. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides pró-vitamínicos "A" da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **Bol. Centro Pesqui. Process. Aliment**; 19(1): 23-32, jan.-jun. 2001.

RAO, M. A. Rheological properties of fluid foods. In Rao, M. A. & Rizvi, S. S. H. (Eds). Engineering Properties of Foods, P. 1-47, Marcel Dekker, New York (USA). **Food Science and Technology Series**, n.19, 1986.

REFLORA - HERBÁRIO VIRTUAL. Disponível em:
<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/ConsultaPublicoHVUC/ConsultaPublicoHVUC.do?idTestemunho=5543583>. Acesso em 01 de setembro de 2022.

REIS, T. A. **Caracterização de macarrão massa seca enriquecido com farinha de polpa de pescado**. 83 p.: Dissertação (Universidade Federal de Lavras). Lavras, 2013.

REYES SANCHEZ, N.; SPORNLY, E.; LEDIN, I. Effects of feeding different levels of foliage from *Moringa oleifera* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition. **Livest. Sci.**, 101(1-3): 24-31. 2006.

<https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.09.010>. Acesso em: 26 de abril de 2020..

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

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, 21(4), 996-1002, 2010.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>. Acesso em: 20 de julho de 2022.

SAADABI, A. M.; ZAID, I. A.. An in vitro antimicrobial activity of *Moringa oleifera* L. seed extracts against different groups of microorganisms. **Aust J Basic Appl Sci** 5(5): 129-134, 2011.

SADEK, K.M., ABOUZED, T.K., ABOUELKHAIR, R., NASR, S. The chemo-prophylactic efficacy of an ethanol *Moringa oleifera* leaf extract against hepatocellular carcinoma in rats. **Pharmaceutical Biology** 55, 1458–1466, 2017. doi: 10.1080/13880209.2017.1306713.

SALEM, A. S.; SALAMA, W. M.; RAGAB W. A. Prolonged shelf life of sour cream by adding *Moringa oleifera* Leaves Extract (MOLE) or *Moringa oleifera* Oil (MOO). **Am J Food Technol** 10: 58-67. 2015. <https://doi.org/10.3923/ajft.2015.58.67>. Acesso em: 13 de abril de 2020.

SALEM, M.Z.M.; HAYSSAM, A.M e AKRAMI, M. *Moringa oleifera* seeds-removed ripened pods as alternative for papersheet production: antimicrobial activity and their phytoconstituents profile using HPLC. **Nature**. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98415-9>, 2021. Acesso em: 22 de julho de 2022.

SAINI, R. K.; SIVANESAN, I.; KEUM, Y. S. Phytochemicals of *Moringa oleifera*: A review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. **Biotech**, 6,1–14, 2016. doi: 10.1007/s13205-016-0526-3

SANT'ANA, L. F. R. Valor nutritivo e Fatores Antinutricionais de Multimisturas utilizadas como Alternativa Alimentar. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 3, n. 1, p. 129-135, 2000.

SANTOS, M. L.; OLIVEIRA, A. P. S.; SANTOS, B. N. G.; SILVA, O. A.; NUNES, L. C. C. *Moringa oleifera*, nutritional, phytochemical and toxicological evaluation of stem, stalk. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. e19511627682, 2022. doi: 10.33448/rsd-v11i6.27682.

SAWAYA, A. L. Desnutrição: consequências em longo prazo e efeitos da recuperação nutricional. **Estudos Avançados**. São Paulo. v. 20 n. 58. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142006000300016>. Acesso em: 07 de maio de 2020.

SCHAEFER, E. J. Lipoproteins, nutrition, and heart disease. **Am J Clin Nutr.** 75(2):191-212, 2002. doi: 10.1093/ajcn/75.2.191.

SCHLEMMER C. K; COETZER H; CLAASSEN N; KRUGER M. C. Oestrogen and essential fatty acid supplementation corrects bone loss due to ovariectomy in the female Sprague Dawley rat. **Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids** 61:381–390 1999.

SCHRAMM, S. **Reologia e reometria – fundamentos teóricos e práticos.** São Paulo: Artliber editora, 232p, 2006.

SGARBIERI, V. C. Proteínas em alimentos proteicos. 1ª edição, São Paulo. Editora Varela, 517 p. 1996.

SHIOZAWA, S; LIMA, L. E. L. P. R; SOUZA, R. S; BEZERRA, V. V. A. Produção e caracterização de massas alimentícias com substituição parcial de semolina de trigo *durum* por farinha de feijão fradinho e de arroz. **FTT Journal of Engineering and Business.** ISSN 2525-8729, 2020.

SIDDHURAJU, P, BECKER K. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agro-climatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.). **J Agric Food Chem**15: 2144–2155. 2003. doi: 10.1021/jf020444+.

SIDDIQUI, S; UPADHYAY, S; AHMAD, E. U;HUSSAIN, U.M; AHAMED, M. Cytotoxicity of *Moringa oleifera* fruits on human liver cancer and molecular docking analysis of bioactive constituents against caspase - 3 enzyme. **J Food Biochem.**;45: e13720, 2021. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13720>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

SILVA, A.R.; KERR, W.E. **Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil.** Uberlândia, MG: UFU/DIRIU, 95 p. 1999.

SILVA, M. V. S; PADILHA, R. T.; PADILHA, D. M. M. . Benefits of *Moringa oleifera* for human and animal health: Literature review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e50010817495, 2021. doi: 10.33448/rsd-v10i8.17495.

SILVA, M. L. T., BRINQUES, G. B., & GURAK, P. D. Use of sprouts byproduct flour for fresh pasta production. **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, 2019. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.06318>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

SILVA, M. V. S; PADILHA, R. T; PADILHA, D. M. M. Benefícios da *Moringa oleifera* para saúde humana e animal: Revisão de Literatura. **Research, Society and Development.** v. 10, n. 8, 2021.

SILVA NETO, J. X. **Purificação, caracterização bioquímica e atividade contra *Candida* spp. de uma nova proteína ligante à quitina de sementes de *Moringa oleifera* LAM.** Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, 2015.

SIVAM, A.S.; SUN-WATERHOUSE, D.; QUEK, S.Y.; PERERA, C.O. Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review. **Journal of Food Science**, v.75, n.8, p.163-174, 2010. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01815.x

STEFFE, J.F. Introduction to rheology. In.: **___ Rheological methods in food process engineering.** 2. ed. East Lansing: Freeman Press, 1996. cap. 1, p. 1-91.

SU, J. F. Protection against hepatic ischemia reperfusion injury in rats by oral pretreatment with quercetin. **Biomed. Environ. Sci.**, v. 16, p. 1-8, 2003.

SU, Q.; ROWLEY, K. G.; BALAZS, N. D. H. J. **Chromatogr., B: Anal. Technol. Biomed. Life Sci.** 781, 393, 2002.

TALREJA, T. Screening of crude extract of flavonoids of *Moringa oleifera* against bacterial and fungal pathogen. **Journal of Phytology**, v. 11, p. 31-35, 2010.

TELES, A. R. S; BARRETO, L. C. O; MOREIRA, J. J. S; SANTOS, J. A. B. **Potencial antioxidante do extrato etanólico de folhas da *Moringa oleifera* Lam.** XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Gramado – RS, 2016.

TEIXEIRA, E. M. B. **Caracterização química e nutricional das folhas da moringa (*Moringa oleifera* Lamarck).** Tese (Universidade Estadual Paulista), 96 p. Araraquara, 2012.

TIAN, S; WANG, F; LUO, M, YAN, F; KE, D; CHEN, H; GAO S. Effect of *Chlorella pyrenoidosa* powder on rheological properties and fermentation characteristics of dough. **Journal of Food Processing and Preservation.** v. 46 (4), 2022.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.16446>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

TIBOLA, C. S; FONTES, M. R. V; MIRANDA, M. Z; DEVOS, R. J. B; DIAS, A. R. G; BOCK, E; ZAVAREZE, E. R. Deoxynivalenol content, phenolic compounds, and antioxidant activity of wheat flour after debranning process. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, e01851, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01851>. Acesso em: 19 de julho de 2022.

TILOKE, C.; PHULUKDAREE, A.; CHUTUR GOON, A. The antiproliferative effect of *Moringa oleifera* crude aqueous leaf extract on cancerous human alveolar epithelial cells. **Bmc Complementary And Alternative Medicine.** [s.i], p. 226 - 226. 2013. doi: 10.1186/1472-6882-13-226.

ULLAH, A.; MUNIR, S.; BADSHAH, S. L.; KHAN, N.; GHANI, L.; POULSON, B. G.; EMWAS, A. H.; JAREMKO, M. Important Flavonoids and Their Role as a Therapeutic Agent. **Molecules.** 11;25(22):5243, 2020. doi: 10.3390/molecules25225243.

VERGARA-JIMENEZ, M; ALMATRAFI, M. M; FERNANDEZ, M. L. **Bioactive components in *Moringa Oleifera* leaves protect against chronic disease Antioxidants**, 6 p.91, 2017.

WANG, S. H; MAIA, L. H.; SILVA, L. F. M.; CABRAL, L. C. Estudo das propriedades reológicas e sensoriais após reconstituição dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.8, n.1, p.68-73, 2000.
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612000000100014>. Acesso em: 08 de novembro de 2020.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiol**; 24(2):115-119. Germany, 2007.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>. Acesso em: 08 de novembro de 2020.

WILLIAMS, L. L. *Moringa oleifera*: could this be an answer to our need for an alternative to fighting drug-resistance and chronic infections? **Med. Aromatic Plants** 2 (1), e142. 2013. doi:10.4172/2167-0412.1000e142,

XIAO X; WANG J; MENG C; LIANG W; WANG T; ZHOU B. *Moringa oleifera* Lam and its therapeutic effects in immune disorders. **Front Pharmacol.** 11:566783. 2020. doi: 10.3389/fphar.2020.566783,

YAMAMOTO, H. WORTHINGTON, S. T.; HOU, G.; NG, P. K. W. Rheological properties and baking qualities of selected soft wheat grown in the United States. **Cereal Chemistry**, v. 73, n. 2, p. 215-221, 1996.

YANO, H. . Recent practical researches in the development of gluten-free breads. **NPJ Science of Food**, 3, 7. <http://dx.doi.org/10.1038/s41538-019-0040-1>. Pmid:31304279, 2019.

ZALATNAI, A; LAPIS, K; SZENDE, B; RÁSÓ, E; TELEKES, A; RESETÁR, A; HIDVÉGI, M. Wheat germ extract inhibits experimental colon carcinogenesis in F-344 rats. **Carcinogenesis**. Oct;22(10):1649-52. doi: 10.1093/carcin/22.10.1649. PMID: 11577004, 2001. doi: 10.1093/carcin/22.10.1649.

ZAMBIAZI, R. C. **Análise Físico Química de Alimentos. Pelotas.** Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010.

ZAMPINI, M; SANABRIA, D; PHILLIPS, N; SPENCE, C. The multisensory perception of flavor: assessing the influence of color cues on flavor discrimination response. **Food Quality and Prefer**, 18, 975-984, 2007.