

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO

AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO PÓ DE FOLHAS DE
MORINGA (*MORINGA OLEIFERA* LAM.) NAS
CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE BOLO

FABÍOLA DA SILVA FRANCISCO LOPES

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO PÓ DE FOLHAS DE
MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) NAS CARACTERÍSTICAS
TECNOLÓGICAS DE BOLO**

FABÍOLA DA SILVA FRANCISCO LOPES

Sob a Orientação do Professor
Dr. Argemiro Sanavria

e Coorientação da Professora
Dra. Eveline Lopes Almeida

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação**, no Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola, Área de Concentração em Educação Agrícola.

**Seropédica, RJ
Junho de 2021**

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

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

L864a LOPES, FÁBÍOLA DA SILVA FRANCISCO , 1980-
AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO PÓ DE FOLHAS DE
MORINGA (MORINGA OLEIFERA LAM.) NAS CARACTERÍSTICAS
TECNOLÓGICAS DE BOLO / FÁBÍOLA DA SILVA FRANCISCO
LOPES. - Seropédica, 2021.
41 f.: il.

Orientador: Argemiro Sanavria.
Coorientadora: Eveline Lopes Almeida.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em
Educação Agrícola, 2021.

1. Bolo. 2. Extração sólido-líquido. 3. Farinha. 4.
Moringa oleifera. 5. Textura. I. Sanavria, Argemiro ,
1949-, orient. II. Almeida, Eveline Lopes , 1981-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola.
IV. Título.

"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"

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AGRÍCOLA**

FABÍOLA DA SILVA FRANCISCO LOPES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação**, no Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola, Área de Concentração em Educação Agrícola.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 29/06/2021

Argemiro Sanavria, Dr. UFRRJ

Sandra Maria Gomes Thomé, Dra. UFRRJ

Jeane Medeiros Martins de Araújo, Dra. IFPB

Dedico aos meus pais Maria Efigênia da Silva Francisco e Nivalte Francisco (in memoriam), pela educação que fez toda a diferença em minha vida e pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus! Obrigada por tudo que o Senhor tem feito em minha vida. Bênçãos que nem sei contar! A Ti toda honra, toda glória e todo o louvor!

Ao meu esposo Alessandro Felipe Lopes e ao meu filho João Célio Francisco Lopes, pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência.

Aos colegas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Campus Itapina, que fizeram parte deste processo e me auxiliaram em algum momento da pesquisa. Em especial: aos servidores do complexo de laboratórios, Irany Rodrigues Pretti, Petterson Gonçalves Teixeira e Carlos Eduardo Batista Groner; aos professores, Veredino Louzada da Silva Júnior, Stella Magda Bitencourt Teixeira, Selma Garcia Holtz, Cecilia Sandra Nunes Morais e Nilson Nunes Morais Júnior; à estagiária de nutrição, Jackeline Lopes Silva; e, ao aluno do curso Licenciatura em Ciências Agrárias, Talys Moratti Lemos de Oliveira.

Aos colegas da turma I/2018 do Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola (PPGEA), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), pelo companheirismo, especialmente ao Geraldo Pereira Araújo e Sueda Caliari.

À amiga que o PPGEA me deu, Daniella Alves Sant'ana, por todo apoio, companheirismo e incentivo.

À amiga e servidora do IFES, Campus Itapina, Karla Percilia da Silva Fortes, que sempre teve uma palavra de encorajamento e me auxiliou quando eu mais precisei.

Ao apoio do colega Gilmar Ferreira Vita.

À amiga de longa data Mariella de Oliveira Costa, que mesmo distante se fez tão presente.

Ao meu orientador professor Argemiro Sanavria, pela paciência, empatia e ensinamentos que levarei para vida toda.

À minha co-orientadora professora Eveline Lopes Almeida, por aceitar me auxiliar, abrir as portas do Laboratório Planta Piloto de Cereais Raízes e Tubérculos (UFRJ) e estar sempre disponível.

À Brunna Vilarinho, pelo apoio, parceria e companheirismo na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

À tia Zélia Maria de Castro Lopes, pela colaboração quando eu mais precisei.

À minha amiga Anna Carina Pinheiro Campos e sua família, que me hospedou no Rio de Janeiro durante a pesquisa com tanto carinho.

Aos meus irmãos Ronald Luís da Silva Francisco e Danilo César da Silva Francisco, por sempre se colocarem à disposição para me ajudar.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) pela parceria com a UFRRJ para nos proporcionar essa oportunidade de capacitação, e em especial a administração do IFES *campus* Itapina que me deu apoio e incentivo para concluir o curso.

RESUMO

LOPES, Fabíola da Silva Francisco. **Avaliação da Incorporação do Pó de Folhas de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) nas Características Tecnológicas de Bolo.** 2021. 41f. Dissertação (Mestrado em Educação). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2021.

Este estudo objetivou avaliar as características tecnológicas de bolo com a incorporação do pó de folhas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.), seja *in natura* ou tratado em diferentes solventes em processo de extração sólido-líquido. As diretrizes para alcançar esse objetivo foram: aplicar tratamento de extração sólido-líquido no pó de folhas de moringa (PFM), bem como analisar o efeito da substituição do amido na formulação de bolo pelo PFM *in natura* e tratados nas características tecnológicas dos batidos e dos bolos, além de investigar a presença de saponinas no PFM *in natura* e tratado. Para tanto, foram colhidas folhas de *M. oleifera* e produzido o pó. Seguidamente executou-se o tratamento no PFM com os solventes água destilada, água: álcool 95 % e álcool 95 %. Os PFM tanto *in natura* como tratados foram utilizados na formulação dos bolos, substituindo 10 % do amido. Analisou-se no batido a gravidade específica, consistência e adesividade; nos bolos o volume específico, índices (volume, simetria e uniformidade), textura (dureza, elasticidade, mastigabilidade, coesividade e resiliência) e cor instrumental; nos PFM avaliou-se a cor instrumental e a presença de saponinas. Os resultados demonstraram que o PFM *in natura* ou tratado aumentou a gravidade específica, consistência e adesividade do batido. Não houve alteração no volume específico, índice de volume e uniformidade do bolo, o que não ocorreu com o índice de simetria que aumentou com a adição do PFM *in natura*. O PFM *in natura* contribuiu para reduzir todos os parâmetros de textura dos bolos (dureza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência). Os bolos com PFM, seja *in natura* ou tratados, apresentaram, de modo geral, miolos mais escuros, mais pigmentados e mais esverdeados em relação ao miolo do bolo controle. As amostras de PFM *in natura* e tratados apresentaram resultados negativos para a análise qualitativa de saponinas. Por meio do estudo realizado, conclui-se que a inserção do PFM tanto *in natura* como tratado alterou todas as características tecnológicas do batido. O PFM *in natura* influenciou em maior proporção as características tecnológicas do bolo do que o PFM com tratamentos, indicando que os tratamentos contribuíram para manutenção dos padrões do bolo controle, especialmente o tratamento PFM água: álcool que se sobressaiu aos demais tratamentos, podendo ser considerado o de melhor resultado. O PFM demonstrou ser um produto que pode ser adicionado a bolos sem grandes modificações tecnológicas, principalmente o PFM tratado. Sugere-se continuidade dos estudos quando houver a liberação oficial, governamental, através de análise sensorial dos bolos com PFM *in natura* e com tratamentos para avaliação da aceitação por provadores.

Palavras-chave: Bolo, Extração sólido-líquido. Farinha. *Moringa oleifera*. Textura.

ABSTRACT

LOPES, Fabíola da Silva Francisco. **Evaluation of the incorporation of moringa leaves powder (*Moringa oleifera* Lam.) on the technological characteristics of the cake.** 2021. 41p. Dissertation (Master Science in Education). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2021.

This study aimed to evaluate the technological characteristics of cake with an incorporation of moringa leaves powder (*Moringa oleifera* Lam.), either *in natura* or treated in different solvents in a solid-liquid extraction process. The guidelines to achieve this goal were to apply solid-liquid extraction treatment in moringa leaves powder (PFM), as well as analyze the effect of replacing starch in the cake formulation by PFM *in natura* and treated on the technological characteristics of batters and cakes, in addition to investigating the presence of saponins in *in natura* and treated PFM. For this purpose, *M. oleifera* leaves were harvested and the powder produced. Then, the treatment was carried out in the PFM with the solvents distilled water, water: alcohol 95.00% and alcohol 95.00%. Both *in natura* and treated PFM were used in the cake formulation, replacing 10.00% of the starch. Specific gravity, consistency and adhesiveness were analyzed in the batter; in the cakes the specific volume, indices (volume, symmetry and uniformity), texture (hardness, elasticity, chewiness, cohesiveness and resilience) and instrumental color, in the PFM the instrumental color and the presence of saponins were evaluated. The results showed that *in natura* or treated PFM increased the specific gravity, consistency and adhesiveness of the batter. There was no change in the specific volume, volume index and bolus uniformity, which did not occur with the symmetry index, which increased with the addition of *in natura* PFM. *In natura* PFM contributed to reduce all cake texture parameters (hardness, elasticity, cohesiveness, chewiness and resilience). Cakes with PFM, wheter *in natura* or treated, had, in general, darker, more pigmented and greener crumbs compared to the control cake. How removed from PFM *in natura* and dissipated negative results for the qualitative analysis of saponins. Through the study carried out, it is concluded that the insertion of PFM both *in natura* and treated changed all the technological characteristics of the batter. The PFM *in natura* influenced the technological characteristics of the cake to a greater extent than the PFM with treatments, indicating that the treatments contributed to maintaining the standards of the control cake, especially the PFM water: alcohol treatment that stood out from the other treatments and can be considered the best result. PFM proved to be a product that can be added to cakes without major technological changes, especially treated PFM. It is suggested to continue the studies when there is official government release, through sensory analysis of cakes with PFM *in natura* and treatments to assess acceptance by tasters.

Keywords: Cake. Solid-liquid extraction. Flour. *Moringa oleifera*. Texture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura da árvore de <i>Moringa oleifera</i> . 1. Árvore. 2. Hastes. 3. Folhas. 4. Flor. ...4 5. Vagem. 6. Sementes	4
Figura 2. Produção do pó de folhas de moringa (PFM). 1. Folhas de moringa. 2. Colheita e separação das folhas das hastes. 3. Higienização. 4. Desidratação com circulação de ar.	14
5. Trituração. 6. Classificação de tamanho e obtenção do PFM	14
Figura 3. Tratamentos no pó de folhas de moringa (PFM). 1. Pesagem do PFM. 2. Agitação magnética. 3. Resfriamento. 4. Filtração. 5. Desidratação	15
6. Acondicionamento em sacos plásticos	15
Figura 4. Medição dos índices nos bolos controle e com PFM.....	17
Figura 5. Análise de cor das farinhas e dos bolos	18
Figura 6. Análise de perfil de textura em bolo com pó de moringa	18
Figura 7. Avaliação qualitativa de saponinas	19
Figura 8. Corte transversal das amostras de bolo sem e com pó de folhas de moringa (PFM). 1. Bolo controle. 2. Bolo PFM <i>in natura</i> . 3. Bolo PFM água. 4. Bolo PFM água:álcool; 5. Bolo PFM álcool.....	24
Figura 9. Cor dos miolos dos bolos sem e com pós de folhas de moringa (PFM). 1. Controle. 2. PFM <i>in natura</i> . 3. PFM água. 4. PFM água:álcool.	28
5. PFM álcool	28
Figura 10. Resultado do teste qualitativo de saponinas.....	29
.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição nutricional de folhas frescas e secas de <i>Moringa oleifera</i>	6
Tabela 2. Resultados expressos em média e desvio padrão das características tecnológicas do batido e dos bolos elaborados sem e com os pós de folha de moringa (PFM).....	21

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1	Moringa oleifera Lam.	3
2.1.1	A planta	3
2.1.2	Valor nutricional e funcional das folhas	5
2.1.3	Preparações com folhas de <i>Moringa oleifera</i>	6
2.2	Bolo	7
2.2.1	Definição e tipos	7
2.2.2	Ingredientes	9
2.2.2.1	Farinha de trigo	9
2.2.2.2	Açúcar	9
2.2.2.3	Sal	10
2.2.2.4	Gordura	10
2.2.2.5	Ovos	10
2.2.2.6	Fermento	10
2.2.2.7	Leite em pó	11
2.2.2.8	Emulsificante	11
2.2.2.9	Amido	11
2.2.2.10	Água	11
2.3	Processo de produção	11
3	MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1	Desenvolvimento da pesquisa	13
3.2	Produção do pó de folhas da moringa (PFM)	13
3.3	Tratamentos do PFM	14
3.4	Produção dos bolos com PFM	15
3.5	Análises das propriedades tecnológicas dos batidos e dos bolos	16
3.5.1	Gravidade específica do batido	16
3.5.2	Textura do batido	16
3.5.3	Volume específico	17
3.5.4	Índices de volume, simetria e uniformidade	17
3.5.5	Cor	17
3.5.6	Textura do bolo	18
3.6	Avaliação qualitativa de saponinas em PFM	19
3.7	Análise estatística	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	Batido	20
4.1.1	Gravidade específica	20
4.1.2	Textura	22
4.2	Bolo	23
4.2.1	Volume específico	23
4.2.2	Índices	23
4.2.3	Textura	25
4.2.4	Cor	26
4.3	Avaliação qualitativa de saponinas em PFM	28
5	CONCLUSÕES	30
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1 INTRODUÇÃO

A alimentação constitui uma das atividades mais importantes para o homem, pois envolve aspectos fisiológicos, sociais, psicológicos e econômicos. A alimentação coletiva, em especial a institucional, tem a missão educativa e social de oferecer uma refeição nutricionalmente adequada com qualidade e em quantidade ideal, respeitando os aspectos higiênico-sanitários (GABRIEL *et al.*, 2004).

Conforme Accioly (2009), é possível considerar a escola como um locus privilegiado para a promoção da saúde, uma vez que essa instituição tem papel fundamental na formação de valores, hábitos e estilos de vida, entre eles, o da alimentação, que pode promover boas práticas alimentares em prol da saúde, respeitando a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.

Foi pensando nesses princípios da Segurança Alimentar e Nutricional Sustentável que surgiu esta pesquisa com o uso de plantas como estratégia de fortificação de alimentos, buscando reforçar o valor nutritivo utilizando as folhas de *Moringa oleifera* Lam., pesquisando a aplicação do pó de folhas de moringa em um alimento de boa aceitabilidade, que permite a melhora do seu valor nutricional e, estabelecendo a importância das pesquisas sobre alimentação no espaço escolar.

A *Moringa oleifera* Lam. é uma planta da família Moringaceae, popularmente conhecida como moringa. Ela é considerada uma das árvores cultivadas mais úteis para o ser humano, pois praticamente todas as suas partes podem ser utilizadas para diversos fins. Segundo Umar (2015), essa planta contém substâncias essenciais como vitamina A, vitamina C, proteína, potássio, cálcio, ferro, entre outros. São notáveis seus diversos usos e o potencial que tem atraído a atenção de pesquisadores, extensionistas, agências de desenvolvimento e produtores nas diversas regiões do mundo (SOUTO, 2017).

As folhas de moringa são altamente nutritivas e podem ser consumidas cozidas em sopas e saladas; cruas ou reduzidas à farinha/pó fino como suplemento alimentar em preparações de pães e bolos. Hoje em dia com as deficiências alimentares, a busca por complementos nutricionais é uma alternativa viável em busca de uma alimentação saudável e que supra todas as necessidades diárias do ser humano. Dessa forma, o pó de folhas de moringa tem sido aplicado em diversas preparações com bom índice de aceitação e boa qualidade (UMAR, 2015).

Ainda são escassas as informações sobre os efeitos da *Moringa oleifera* Lam. no sistema alimentar de seres humanos. Considerando seus benefícios, é oportuna e necessária a avaliação científica do potencial da mesma como fonte nutricional alternativa (TEIXEIRA, 2012).

Pode-se dizer que estudos da aplicação do pó de folhas de moringa (PFM) em diversas preparações merecem nossa atenção e investimento, em busca de desenvolvimento de técnicas que favoreçam o seu consumo, tendo em vista seu grande valor nutricional. O mais importante, contudo, é constatar que o PFM tem sido utilizado como fonte alternativa no combate a desnutrição e pode substituir parte da farinha de trigo ou o amido de milho em alguns preparos, agregando valor nutricional e preservando características importantes, com sabor e textura agradáveis.

Dessa forma, estudar os aspectos que envolvem essa aplicação, mais especificamente os efeitos da adição do PFM nas preparações, torna-se interessante para saber como esta preparação adicionada de PFM se comporta, seu ganho nutricional, propriedades reológicas, potencial antimicrobiano, vida de prateleira, aceitação sensorial e aspectos tecnológicos.

Alguns estudos que utilizaram as folhas da *M. oleifera* em bolo, buscaram avaliar os atributos nutricionais e sensoriais (KOLAWOLE *et al.*, 2013), avaliar suas características

físico-químicas (SANTOS *et al.*, 2020) e tecnológicas (NASCIMENTO, 2020), baseados no aumento da concentração de folhas de moringa em até 10 %, e foram focados na incorporação do pó/farinha de folhas de moringa *in natura*.

Conforme verificado por Kolawole *et al.* (2013), bolos de boa qualidade e nutritivos podem ser produzidos a partir da mistura de farinha de trigo e pó de folhas de moringa; no entanto, em um maior nível de adição de moringa, o gosto amargo e a cor verde ficam altamente evidentes, não sendo assim bem avaliados por provadores. Por esse motivo, outra investigação a ser feita seria: que tipo de substâncias pode causar o gosto amargo e *aftertaste* nos bolos com PFM?

Segundo Leone *et al.* (2015), as folhas da moringa são ricas em saponinas que é um tipo de glicosídeo (metabólito secundário de plantas) amplamente distribuído na natureza. Sua diversidade estrutural é refletida por suas propriedades físico-químicas (formação de espuma, emulsificação, solubilização, adoçante, amargor) e biológicas (hemolítico, antimicrobiano, molusquicida, inseticida, ictiocida), que são exploradas em várias aplicações nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica e também em biorremediação de solos (RIBEIRO, 2012).

Saponinas em alimentos são tradicionalmente consideradas como “fatores antinutricionais”, e em alguns casos têm seu uso limitado devido ao gosto amargo. Por isso, a maioria das pesquisas tem como objetivo sua remoção, para facilitar o consumo humano (RIBEIRO, 2012). Vergara-Jimenez, Almatrafi e Fernandez (2017) identificaram que as folhas de *M. oleifera* são uma boa fonte de saponinas, sua concentração nas folhas secas é de aproximadamente 50 g de diosgenina/kg de peso seco.

Portanto, buscou-se reunir dados e informações no intuito de responder às seguintes perguntas da pesquisa: É possível produzir bolos de qualidade que atinjam os parâmetros ideais utilizando PFM *in natura* e com tratamentos de extração sólido-líquido aplicados a ele? Além disso, quais são os impactos do tratamento no PFM e sua ação nas propriedades tecnológicas dos bolos?

Devido à necessidade de se obter um bolo feito com PFM de qualidade, sem gosto amargo e *aftertaste*, justifica-se esta investigação pelo tratamento do PFM, pela avaliação qualitativa da presença das saponinas no PFM e pela análise tecnológica do batido e do bolo, para que atendam à expectativa do consumidor, favorecendo assim o seu consumo e consequentemente o aproveitamento dos benefícios da planta.

Assim, diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo geral avaliar as características tecnológicas de bolo com a incorporação de pó de folhas de moringa, seja *in natura* ou tratados; e como objetivos específicos, aplicar tratamento de extração sólido – líquido empregando diferentes solventes no pó de folhas de moringa para extração de compostos que causam detrimento das características sensoriais do produto, analisar o efeito da substituição do amido pelo pó de folhas de moringa *in natura* e tratados nas propriedades tecnológicas do batido e dos bolos, e investigar a presença de saponinas no PFM *in natura* e com tratamentos através de método qualitativo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Moringa oleifera* Lam.

2.1.1 A planta

A *M. oleifera* é uma planta da família Moringaceae com aproximadamente 14 espécies conhecidas. Seu nome deriva da semente, a qual produz muito óleo, 30 - 40 % de rendimento em peso (SOUTO, 2017). Define-se oleífera como o feminino de oleífero que significa “que produz óleo” ou “de onde se extrai óleo” (DICIO, 2021).

É uma forrageira exótica originária da Índia e introduzida no Brasil na década de 50 para fins medicinais e ornamentais. Atualmente é encontrada em diversas regiões do país, sendo utilizada também na alimentação humana e animal, no processo de floculação natural de resíduos em água e em pesquisas (GALLÃO; DAMASCENO; BRITO, 2006; VIEIRA; CHAVES; VIÉGAS, 2008).

De acordo com Santos (2010), em relação às características botânicas, a moringa é constituída por folhas compostas verdes pálidas, decíduas, alternadas, pecioladas, bipinada com sete folíolos pequenos, as flores têm as pétalas variando nos tons de branco e creme, diclamídea, monoclinas, perfumadas, inseridas em uma inflorescência terminal do tipo cimosa.

O fruto é uma cápsula trilobular de cor marrom esverdeado, deiscente, de tamanho que pode variar 30 a 45 cm e espessura de 1,8 cm, de formato triangular com abertura em três fendas, envolvendo em torno de 15 a 20 sementes. (Lorenzi; Matos, 2002; Radovich, 2011; Santos, 2010).

De acordo com Ramos *et al.* (2010) as sementes são bitegmentadas e exabuminosas escuras por fora envolvida por uma ala que ajuda no processo de dispersão e envolvendo uma semente de coloração clara no seu interior. (Figura 1).

O caule apresenta casca espessa, mole reticulada de cor pardo clara, o lenho é mole, poroso, amarelado, com presença de látex, no cerne há uma grande quantidade de mucilagem rica em arabinose, galactose e ácido glucurônico (Santos, 2010).

A moringa apresenta uma raiz principal pivotante, tuberosa, espessa comprida de coloração branco amarelada, com função de armazenar água e energia, para atender as exigências da planta em períodos de estiagem. Os tubérculos são semelhantes a um rabanete, também foi evidenciado propriedades consideradas abortivas em suas raízes (Araújo, 2010; Ramos et al, 2010; Santos, 2010).



Figura 1. Estrutura da árvore de *Moringa oleifera*. 1. Árvore. 2. Hastes. 3. Folhas. 4. Flor. 5. Vagem. 6. Sementes

Gerdes (1997) relatou que se trata de uma planta arbórea, com propagação feita por meio de sementes, mudas ou estacas. A espécie é forte, não requer tratos, suporta longos períodos de seca, solos pobres e cresce bem em condições semiáridas.

É conhecida por vários nomes comuns, de acordo com os diferentes usos. Para alguns denomina-se como “baqueta” em razão da forma dos seus frutos, os quais representam um alimento básico na Índia e na África. Em algumas partes do oeste da África é conhecida como “a melhor amiga da mãe”, indicando que a população local conhece muito bem o seu valor. A planta produz uma diversidade de produtos valiosos, dos quais as comunidades locais fazem uso há centenas, talvez milhares de anos. Na região do nordeste brasileiro, a planta é conhecida como “quiabo de quina” ou “lírio branco” (PIO CORRÊA, 1984).

É uma planta com grande importância econômica na indústria e na medicina, uma vez que muitas de suas partes são comestíveis, e o extrato de folhas e frutos possui efeito hipocolesterolêmico (SANTOS; RABELO; SCRHANK, 2007).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) divulgou em 2019, um artigo que diz que a presença de vitaminas, minerais, fibras e substâncias antioxidantes faz da moringa uma planta de interesse para a saúde humana, sendo suas diversas partes estudadas para fins medicinais, com resultados promissores no controle da diabetes, das doenças cardiovasculares e na saúde da pele, motivando assim, o estudo da planta para diferentes usos.

Rangel (2007) apontou que no Brasil há um esforço no sentido de difundir o cultivo e uso da moringa como hortaliça rica em vitamina A, com teores que se sobressaem entre as olerícolas consagradas, como brócolis, cenoura, couve, espinafre e alface, e, ainda por apresentar baixo custo de produção e ser integralmente comestível. Dichoff (2017) descreveu a *M. oleifera* como uma planta rica em nutrientes, com quatro vezes mais betacaroteno que a cenoura, sete vezes mais vitamina C que a laranja e baixas calorias; e que está atualmente em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. As folhas, vagens verdes, flores e raízes da moringa também podem ser consumidas por crianças e adultos, sendo rica em cálcio, ferro e zinco combate os radicais livres e ajuda a prevenir o envelhecimento, atuando também no combate à hipertensão, diabetes, osteoporose, obesidade e aumenta a imunidade.

Segundo Okuda *et al.* (2001), a planta é cultivada devido ao valor nutricional das folhas, frutos verdes, flores e sementes torradas, com quantidades representativas dos

nutrientes citados acima e, também é considerada importante suplemento de potássio, vitaminas do complexo B, cobre e possui todos os aminoácidos essenciais.

Os frutos verdes, folhas, flores e sementes são altamente nutritivos e consumidos pelo mundo, e o óleo obtido das sementes da moringa pode ser usado no preparo de alimentos (RANGEL, 2007). A vagem pode ser usada verde e fresca e tem sabor de ervilhas quando cozida; e as sementes podem ser consumidas cozidas, tendo sabor parecido com grão de bico, e também torradas. As flores podem ser utilizadas em saladas, e são consideradas importantes fonte de néctar para as abelhas (HAYASHI, 2007).

2.1.2 Valor nutricional e funcional das folhas

A moringa é uma planta de múltiplos usos, os quais envolvem desde suas folhas até as suas sementes, apresentando diferentes propriedades. As altas concentrações de ferro, proteína, vitaminas, cobre e aminoácidos essenciais presentes nas folhas de *M. oleifera* fazem dela um suplemento nutricional ideal.

Gualberto *et al.* (2015) comentou que as folhas da *M. oleifera* possuem em sua composição um elevado valor nutricional, com potencialidade de ser aplicada na alimentação humana. Elas são frequentemente consumidas como especiarias, com legumes, em saladas e utilizadas como suplemento nutricional em diversas regiões do mundo inteiro, devido à quantidade de vitaminas, minerais, aminoácidos, lipídios e vários fitoquímicos. Uma colher (sopa) satisfaz em média 14 % de proteínas, 40 % de cálcio, 23 % de ferro, e quase todas as vitaminas necessárias para uma criança com idade de um a quatro anos, enquanto seis colheres (sopa) de pó de folhas de *M. oleifera* satisfazem as necessidades de cálcio e ferro de mulheres grávidas ou lactantes (RANGEL, 2007).

As folhas são fonte de proteínas tanto para humanos quanto para animais e, o teor de proteínas nas mesmas alcança valores da ordem de 27 %. A qualidade da sua proteína chega a ser superior do que geralmente é encontrado nos leites e ovos, sendo assim, uma ótima opção de fonte proteica vegetal (SESHADRI *et al.*, 1997; ANWAR *et al.*, 2007; KASOLO *et al.*, 2010; SOARES e PEREIRA, 2010; DHAKAR *et al.*, 2011).

Além de metionina e cistina, aminoácidos que normalmente estão deficientes na maioria dos alimentos, as folhas contêm todos os aminoácidos essenciais, o que não é comum entre as espécies vegetativas, sendo assim, utilizadas como fonte alimentícia alternativa em diversos países (EMBRAPA, 2019; SILVA e VIANA, 2009; GOPALAKRISHNAN; DORIYA; KUMAR, 2016).

As folhas ainda possuem outras propriedades nutricionais importantes, como vitaminas e minerais, e são ricas em vitaminas A e C, cálcio, ferro e fósforo (THE GAIA MOVEMENT, 2021). São também, uma fonte de vitaminas do complexo B (B1, B2 e B3), e estão entre as melhores fontes vegetais de minerais, dentre eles, cromo, cobre, magnésio, manganês, potássio e zinco (MATHUR, 2005; PRICE, 2007). O pó das folhas secas é concentrado, e dessa forma, apresenta maiores quantidades dos nutrientes acima citados, exceto da vitamina C (MATHUR, 2005). Dentre as vitaminas e minerais, merecem destaques as vitaminas A e C, o cálcio, o ferro e o potássio, que apresentam maiores teores frente à cenoura, à laranja, o leite, o espinafre e à banana, respectivamente (BARRETO *et al.*, 2009).

Com 100 g das folhas frescas de *M. oleifera* pode-se suprir as necessidades requeridas diárias de cálcio e cerca de 80 % das necessidades do ferro e, com 20 g pode-se suprir a necessidade de uma criança em vitaminas A e C (RDA, 1989; DRI, 2000; MATHUR, 2005).

Além desses nutrientes, suas folhas podem ser consideradas boas fontes de fibras, quando comparado as fontes de fibras mais consumidas como milho, cenoura, repolho, farelo de trigo integral e aveia integral, com teor de 7,48% de fibra, valor superior ao milho integral

e cenoura, podendo apresentar-se como uma alternativa para suplementação deste nutriente em produtos alimentares (BRITO; TEIXEIRA, 2009; SILVA, 2013).

O pó das folhas de moringa tem sido utilizado como fonte de alimentação alternativa no combate à desnutrição, especialmente entre crianças e lactantes, ainda para humanos e animais em curto prazo de quimioprofilaxia. Possui alta atividade antioxidante (99,74%), fenólico (145,16 mg/100 g) e conteúdo de flavonóides (144,07 mg/100 g) (COMPAORÉ *et al.*, 2011). Os fenólicos atuam como agentes antioxidantes, anticancerígenos e antidiabéticos, e os flavonóides também são conhecidos por exibir propriedades benéficas à saúde em várias doenças crônicas (SROKA; CISOWSKI, 2003; FIUZA *et al.*, 2004; KANADASWAMI *et al.*, 2005; KANADASWAMI *et al.*, 2005).

A composição nutricional de folhas de moringa está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição nutricional de folhas frescas e secas de *Moringa oleifera*

Nutrientes*	Folhas Frescas	Folhas Secas
Proteína (g)	6,70	27,1
Caroteno (Vit. A) (mg)	6,78	18,9
Vitamina C (mg)	220	17,3
Fibra (g)	0,90	19,2
Cálcio (mg)	440	2,00
Cobre (mg)	0,07	0,57
Ferro (mg)	0,85	28,2
Magnésio (mg)	42	368
Fósforo (mg)	70	204
Potássio (mg)	259	1,32
Zinco (mg)	0,16	3,29

* Valores expressos em porção de 100 g

Fonte: GOPALAN (1994)

As folhas de moringa contêm pequenas concentrações de fatores antinutricionais, como taninos (0,48%), oxalatos (0,45%), cianeto (0,10%), saponinas (1,60%), fitatos (2,57%) e inibidores de tripsina (3,00%) (BENEVIDES *et al.*, 2011; OGBE; AFFIKU, 2011; CABRERA-CARRIÓN *et al.*, 2017).

2.1.3 Preparações com folhas de *Moringa oleifera*

Há várias formas para o consumo e uso das folhas de moringa, podendo ser consumidas em pó, desidratadas, usadas como condimento e acrescentadas em alimentos como sopas, molhos, pães, biscoitos e pratos variados, sendo seu sabor ligeiramente picante (HAYASHI, 2007; SILVA; VIANA, 2009).

As receitas que utilizam moringa são inúmeras: na Indonésia, por exemplo, consome-se o arroz com sopa ou molho de folhas de moringa; nas Filipinas, folhas novas são transformadas em purê para alimentar crianças; e, na Etiópia, as folhas temperadas e cozidas são utilizadas em mistura com batatas e tomates.

A *M. oleifera* é classificada como PANC (planta alimentícia não-convencional), e suas folhas frescas, secas ou o pó das folhas, são comercializados em feiras, principalmente em países dos continentes africano e asiático, e aqui no Brasil, normalmente, são encontrados em lojas de produtos naturais (EMBRAPA, 2019).

As folhas podem ser armazenadas em forma de pó por vários meses, sem perder seu valor nutricional (BEZERRA; MOMENTÉ; MEDEIROS FILHO, 2004). Este pó e suas inclusões podem ser usados como fortificantes para aumentar os valores nutricionais e

melhorar as propriedades sensoriais em produtos alimentares (OYEYINKA; OYEYINKA, 2018; CAICEDO-LOPEZ *et al.*, 2019).

Estudos vêm relatando o uso do pó da folha de *M. oleifera* em alimentos como pães e sorvetes ((BRITO e TEIXEIRA, 2009; OLIVEIRA, TEIXEIRA e PEREIRA, 2009). Nas tortilhas de milho a incorporação de 5 % (m/m) do pó das folhas da moringa proporcionou melhores características nutricionais ao produto, elevando os teores de proteínas, lipídeos e ácidos fenólicos em comparação a tortilha controle (sem adição do pó) (BOLARINWA; ARUNA; RAJI, 2019).

Os extratos das folhas da moringa contêm fitoquímicos (antocianinas, carotenóides e alcalóides), conhecidos pela ação antioxidante de interesse na indústria alimentícia, como por exemplo, na elaboração de filme de embalagem para queijos tipo Gouda, atuando na redução da oxidação lipídica e com efetiva atividade antimicrobiana contra a *Listeria monocytogenes* (ZHAO; ZHANG, 2013; LEE; YANG; SONG, 2016; RAMAN; ALVES; GNANSOUNOU, 2018).

Segundo Oloyede e Kolawole (2004), geralmente lanches, incluindo bolos, são consumidos por diferentes categorias de pessoas incluindo jovens e idosos, classe trabalhadora e crianças em idade escolar. A adição de moringa aos bolos pode ser um veículo de nutrientes essenciais para a dieta de crianças e adolescentes que são os principais consumidores de bolos.

Premi e Sharma (2018), em sua pesquisa, fizeram bolo com folhas de moringa (secas à temperatura ambiente) utilizando farinha de trigo, açúcar, manteiga e fermento em pó, e avaliaram os parâmetros sensoriais, pois não havia estudos com folhas de moringa em panificação, especificamente em pão de ló. Concluíram que o pão de ló com 2 % de farinha de moringa encontrou boa aceitabilidade em termos de cor, sabor e aparência junto com valores nutricionais aprimorados e propriedades bioativas em relação à amostra de controle.

Também segundo Arwani, Wijana e Kumalaningsih (2019), a adição de folhas de *M. oleifera* em alimentos pode aumentar o sabor amargo e odor desagradável causado pela saponina. Portanto, investigaram o melhor método de branqueamento das folhas de *M. oleifera*, que poderia diminuir o teor de saponina e manter o valor nutricional. O estudo mostrou que os nutrientes e a saponina no pó de *M. oleifera* são significativamente afetados pelo branqueamento.

Sob o aspecto nutricional, as propriedades das folhas da *M. oleifera* são relevantes, desse modo, quando adicionadas às formulações de alimentos, as farinhas e/ou pós das folhas ocasionam o enriquecimento de produtos alimentícios, diversificando o seu uso na indústria (OYEYINKA; OYEYINKA, 2018; PÁRAMO-CALDERÓN *et al.*, 2019; SPINELLI *et al.*, 2019).

2.2 Bolo

2.2.1 Definição e tipos

Os produtos de panificação estão entre os mais consumidos no mundo, entre esses, os bolos são populares e associados como produtos deliciosos e com características sensoriais particulares (MATSAKIDOI; BLEKAS; PARASKEVOPOULOU, 2010).

Segundo Cauvain (2009), a definição de bolo varia pouco em diferentes partes do mundo, entretanto o termo se refere a produtos que são caracterizados pelas formulações baseadas na farinha de trigo, açúcar, ovos inteiros e outros líquidos como o leite e a gordura ou óleo e o fermento. Os bolos apresentam-se em diferentes formatos sabores e texturas

variando com a formulação e com método empregado na elaboração (GUTKOSKI *et al.*, 2009).

Para Lai e Lin (2006, p. 148-39), os bolos devem sua popularidade não apenas à sua riqueza e doçura, mas também à sua versatilidade. Os bolos podem ser apresentados de várias formas, desde simples bolos em cafeterias a obras de arte decoradas para casamentos e outras ocasiões importantes.

Deve-se levar em consideração que para se produzir bolos com precisão, é importante criar uma estrutura que suporte seus ingredientes e, ainda assim, mantenha-o o mais leve e delicado possível. Portanto, fórmulas boas e bem balanceadas e que seguem os métodos básicos de mistura, são essenciais para se fazer bons bolos

A massa do bolo ou batido é uma emulsão complexa de gordura em água, composta de bolhas como fase descontínua e de uma mistura de ovo, açúcar, água e gordura como fase contínua, na qual partículas de farinha estão dispersas. A gordura, por sua vez, tem por principal função aprisionar o ar dentro da massa durante a etapa de batimento (KOCER; HICSASMAZ; KATNAS, 2007).

Os bolos possuem características reológicas específicas, como leveza, fácil mastigação, textura porosa, sabor agradável e, além disso, tem boa aceitação pelos consumidores, devido a isso, esse produto vem paulatinamente ganhando a adição de ingredientes funcionais (BOBBIO; BOBBIO, 2001; MOSCATTO; PRUDÊNCIO FERREIRA; HAULY, 2004).

De acordo com El-Dash e Germani (1994, p. 9):

Cada tipo de bolo apresenta características próprias e requer diferentes combinações de ingredientes em sua formulação. Os bolos, em geral, requerem o uso de farinha mais fraca que a farinha utilizada em pães e permitem o emprego de ampla variedade de ingredientes, possibilitando assim o uso de farinhas sucedâneas ao trigo.

Logo, a qualidade de um bolo depende de alguns fatores como a seleção de matérias-primas adequadas, a escolha de uma formulação bem balanceada e de procedimentos de mistura e cozimento adequados ao tipo de bolo que se quer produzir (GUTKOSKI *et al.*, 2009). Nesse sentido, vamos exemplificar bolo como diferentes tipos de preparações gastronômicas que podem conter ingredientes diversos e ser produzidos utilizando técnicas diversas.

De acordo com Lai e Lin (2006), os bolos podem ser agrupados em três categorias: *batter*, *foam* e *chiffon*, com base em suas formulações e método de mistura. Em relação ao tipo *batter* podem ser bolos com alto teor de gordura ou de alta proporção, cujos métodos de mistura são: método de creme, método de dois estágios e método de massa de farinha, podendo citar como exemplo: *yellow layer cake*, *white layer cake*, *devil cake*, *butter cake*, *pound cake*, *marble cake*. No que diz respeito à classificação tipo *foam* podem ser bolo com baixo teor de gordura, *meringue type*, *sponge type*, cujos métodos de mistura são: *angel food method* e *sponge method*, podendo citar como exemplo: *sponge cakes* e *angel food cakes*. Relativo ao tipo *chiffon*, o método de mistura é o *chiffon* e o exemplo é o *chiffon cakes*.

O bolo *chiffon*, com uma grande quantidade de espuma, resulta de uma massa leve e arejada, e um bolo assado com uma textura um pouco grosseira com células moderadamente grandes. O bolo *chiffon* é uma combinação dos tipos *batter* e *foam*, incluindo óleo e gema de ovo como ingredientes líquidos, uma espuma de clara de ovo, fermento em pó, açúcar e farinha de bolo (LAI; LIN, 2006). O bolo mais comum é o *batter cake* que consiste na mistura

da gordura e do açúcar formando inicialmente um creme para incorporação de ar. A incorporação de ar continua com adição dos ovos nesse mesmo creme (ORTIZ, 2004).

2.2.2 Ingredientes

Os principais ingredientes de um bolo são farinha, açúcar, gordura, ovos, leite, fermento e água, entre outros ingredientes importantes como aromas, emulsificantes e conservantes. As propriedades físicas dos bolos como volume, textura, porosidade e cor são complexas e dependem de muitos fatores como os ingredientes do batido (GOMEZ *et al.*, 2008).

2.2.2.1 Farinha de trigo

A farinha é um dos ingredientes mais importantes que afetam as propriedades reológicas da massa do bolo e, conseqüentemente, a qualidade do mesmo. Na fabricação de bolos, e produtos semelhantes é usada farinha de trigo mole. A farinha de trigo mole tem baixo teor de glúten, baixa capacidade de absorção de água e tamanho pequeno de partículas (SAHIN, 2008).

A farinha de trigo usada na produção de bolos contém vários componentes que podem desempenhar vários papéis na estabilidade da espuma e da emulsão. As proteínas e lipídios por exemplo, são uma fonte de materiais tensoativos que têm a capacidade de se acumular nas interfaces ar-água e óleo-água. Ela também contém três tipos principais de polissacarídeos: amidos, hemiceluloses e β -glucanos.

A fração de amido na farinha de trigo não parece desempenhar um papel direto na estabilização de sistemas de espuma ou emulsão em massas de bolo. No entanto, o amido absorve água na receita. Pode ser esperado que, como os grânulos de amido têm uma grande proporção de área de superfície pelo volume, as interações entre o amido e os emulsificantes podem influenciar a estabilidade das bolhas de gás. No entanto, não há evidências relatadas que sugiram que os grânulos de amido interagem com bolhas de ar presas na massa (SAHI, 2008).

As hemiceluloses têm duas formas, denotadas por sua solubilidade em água: materiais insolúveis e materiais solúveis. Alinhados com outros hidrocolóides, elas têm a capacidade de ligar de oito a dez vezes seu próprio peso em água; isso é benéfico no estágio de massa, onde a absorção de água por esses materiais aumenta a viscosidade da massa. As β -glucanas também contribuem para a viscosidade da massa de maneira semelhante (SAHI, 2008).

2.2.2.2 Açúcar

A sacarose é um dos principais ingredientes em bolos, visto que ele fornece energia e doçura, atua como um amaciante retardando e restringindo a formação de glúten, aumentando as temperaturas de desnaturação da proteína do ovo e gelatinização do amido e contribuindo para o volume (INDRANI; RAO, 2008). Outra função do açúcar é resultar em uma boa incorporação de ar que conduza a uma espuma mais estável e viscosa. Ele afeta a estrutura física dos produtos durante a cocção regulando a gelatinização do amido e, com a concentração geralmente usada em bolos (55 a 60 %), ele retarda essa gelatinização que ao invés de ocorrer a 57°C ocorre a 92°C permitindo a estrutura desejada (KOCER; HICSASMAZ; KATNAS, 2007).

2.2.2.3 Sal

O sal ajusta o dulçor, neutraliza o sabor de outros ingredientes, diminui a temperatura de caramelização da massa e auxilia na coloração da crosta (INDRANI; RAO, 2008).

2.2.2.4 Gordura

As propriedades funcionais das gorduras desempenham um papel fundamental nos produtos de panificação em geral e isso é especialmente importante na produção de bolos. As duas propriedades funcionais fundamentais das gorduras são cremosidade e emulsificação. O processo de misturar a gordura com açúcar resulta na quebra da gordura, bem como na retenção de ar nas partículas dispersas de gordura. Este estágio da mistura, portanto, tem uma influência crucial no volume do bolo que pode ser alcançado no final do forneamento. A plasticidade da gordura e o tamanho das partículas do açúcar são importantes para atingir o tamanho ideal das partículas de gordura e a incorporação de ar (SAHI, 2008).

A aplicação de gordura de palma em bolo tem mostrado efeitos desejados no produto final, mas outras gorduras também podem ser incorporadas como manteigas, gorduras hidrogenadas, etc. (RIOS, 2014).

2.2.2.5 Ovos

Seu papel fundamental é, entre outros, emulsificante sendo ainda amaciante devido à presença de gordura na gema. Também possuem a propriedade de formador de espumas. Os ovos contribuem com a estrutura de um produto assado, eles podem fazer isso por meio de proteínas desnaturadas por calor ou fornecendo umidade para gelatinização do amido (ASHWINI; JYOTSINA; INDRANI, 2009).

A clara do ovo tem a capacidade de formar espumas estáveis o suficiente para suportar grandes quantidades de farinha ou açúcar. Essas espumas devem ser capazes de segurar os outros ingredientes até que a coagulação por calor possa ocorrer no forno e uma matriz de proteína estável se desenvolva (MACDONNEL *et al.*, 1955). A porção de clara de ovo parece ser particularmente eficaz como endurecedor e a gema serve como amaciante provavelmente devido ao seu teor de gordura e, portanto, facilita a incorporação de ar, inibe a gelatinização do amido e contribui para uma desejável cor dourada que dá aparência e sabor ricos (PYLER, 1988a).

2.2.2.6 Fermento

O fermento tem ação de aerar a massa durante o batimento e forneamento, melhorando as propriedades de textura e volume. Dentro da panificação um dos fermentos mais usados é o fermento químico em pó. Existem várias formulações deste fermento, todas contêm um álcali, normalmente bicarbonato de sódio, e um ácido junto com amido para mantê-lo seco. Quando dissolvidos em água, o ácido e o álcali reagem e emitem gás dióxido de carbono, que expande as bolhas existentes para fermentar a mistura (INDRANI; RAO, 2008).

Existem dois tipos de fermento em pó, de ação simples e de dupla ação. Os fermentos em pó que contêm apenas os sais de ácido de baixa temperatura, como o creme de tártaro, o fosfato de cálcio e o citrato, são chamados de ação simples. Os pós para levedar de dupla ação contêm dois sais de ácido: um reage à temperatura ambiente, produzindo um aumento assim que a massa é preparada, e outro reage a uma temperatura mais alta, causando mais aumento durante o cozimento. Exemplos de sais de ácido de alta temperatura são sais de alumínio, como fosfato de alumínio e cálcio (INDRANI; RAO, 2008).

O bicarbonato de sódio também é usado em receitas que contêm ingredientes ácidos, como vinagre, leite, chocolate, mel ou frutas, ele libera dióxido de carbono quando aquecido ou misturado a um ácido, quente ou frio em substituição ao fermento químico (KICHLINE; CONN, 1970; DUBOIS, 1981).

2.2.2.7 Leite em pó

Leite em pó em bolos desempenha a função de formação de estrutura e contribui para o escurecimento da crosta devido ao seu teor de proteínas e açúcar. O leite contém lactose que favorece o escurecimento da crosta (INDRANI; RAO, 2008).

2.2.2.8 Emulsificante

Os alimentos representam sistemas coloidais complexos e a adição de emulsificantes desempenham um papel fundamental para a garantia da textura desejada, da uniformidade do produto e da extensão do seu *shelf life* (O'BRIEN, 2009).

Na produção de bolos, os emulsificantes auxiliam na incorporação e subdivisão do ar na fase líquida para promover a formação de espuma e também promover a dispersão uniforme de gordura que contém células de ar aprisionadas, proporcionando assim mais locais para a expansão de gás, resultando em maior volume e textura macia (PYLER, 1988b). Fornecem a aeração necessária e a estabilidade das bolhas de gás durante o processo até que a estrutura do bolo seja definida (SAHI; ALAVA, 2003).

2.2.2.9 Amido

O amido é um polissacarídeo de reserva energética dos vegetais que tem funções importantes na elaboração de bolos. No grão de trigo, encontra-se no endosperma, em forma de grânulos com formato e tamanho típicos. Seus componentes principais são a amilose e a amilopectina (BENASSI; WATANABE; LOBO, 2001). Pode ser adicionado à formulação (normalmente, o amido de milho), junto com a farinha de trigo, quando os produtos exigem uma farinha mais fraca ou de uma textura fina. Os amidos proporcionam viscosidade e favorecem a retenção de umidade (BENNION; BAMFORD, 1997). De acordo com Eliasson (2004), os amidos, quando adicionados em formulações de bolos, aumentam o volume, favorecem a retenção de umidade e modificam a textura, permitindo a obtenção de produtos mais macios.

2.2.2.10 Água

A água deve estar presente em quantidade suficiente na massa do bolo para dissolver o açúcar, o leite em pó, o sal e outros ingredientes secos. A água adiciona umidade aos bolos e também regula a consistência da massa. Desenvolve a proteína na farinha de forma muito limitada, a fim de reter o gás proveniente da fermentação (INDRANI; RAO, 2008).

2.3 Processo de produção

Os bolos são feitos em todas as escalas, desde a pequena confeitaria artesanal à grande confeitaria altamente automatizada. A necessidade de incorporar ar à massa significa que a maioria dos misturadores de bolo em um batedor ou misturador, e a ferramenta de mistura segue um movimento planetário durante a batida. Além da seleção de ingredientes de alta qualidade, um bom conhecimento dos procedimentos de mistura e operação precisa é

essencial para fazer um bolo de boa qualidade. Existem muitos métodos de mistura disponíveis para fazer bolos, mas cada um desses métodos é usado para tipos específicos de fórmulas. Os três objetivos principais da mistura de massas de bolo são: 1) combinar todos os ingredientes em uma massa lisa e uniforme; 2) formar e incorporar células de ar na massa; e, 3) desenvolver a textura adequada no produto acabado. Esses três objetivos estão intimamente relacionados (LAI; LIN, 2006).

Para elaboração do bolo pelo processo de creme, o procedimento clássico começa com uma etapa onde o bolo é feito em vários estágios, primeiro a gordura e o açúcar são misturados para formar um creme. O propósito do creme é incorporar ar na gordura. Duas e até três etapas de mistura subsequentes, incorporam-se os líquidos e a farinha para formar a massa final. Uma vantagem do creme é a formação de um grande número de células de ar, que levam a uma textura fina; além disso, a massa pode permanecer por longos períodos de tempo, porque o ar está na gordura, onde é imóvel, e portanto, estável. Conforme a massa do bolo é aquecida e a gordura vegetal derrete, as células de ar são liberadas na fase aquosa, onde os gases do fermento podem se difundir nelas e, assim, fermentar o bolo. Os bolos feitos pelo processo de creme geralmente têm um grão muito fino (DELCOUR; HOSENEY, 2010).

A temperatura dos ingredientes da formulação antes da mistura é importante para garantir a sua funcionalidade. A etapa de mistura e batimento deve permitir uma dispersão homogênea dos ingredientes, com a máxima incorporação de ar, e o mínimo desenvolvimento do glúten (SHELKE; FAUBION; HOSENEY, 1990; CALDWELL; DAHL; FAST, 1991).

Em bolos, o forneamento representa o processo no qual a massa passa de uma emulsão para uma estrutura porosa, e o tempo que isso leva é conhecido como tempo de fixação térmica (*thermal setting*). É provavelmente o fator mais importante que governa a qualidade do produto final, pois nele se desenvolvem as características desejáveis de estrutura, textura, flavor, espessura da crosta e cor dos produtos (MIZUKOSHI, KAWADA e MATSUI, 1979; NGO e TARANTO, 1986; ZHOU e THERDTHAI, 2008).

Após o forneamento, dá-se o resfriamento, onde os produtos de panificação passam por uma série de mudanças químicas e físicas que estão relacionadas com o envelhecimento, sendo que a modificação mais importante é o aumento gradual da firmeza dos produtos, o que afeta a sua qualidade comestível e está relacionado com a retrogradação do amido (STAUFFER, 2000).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Desenvolvimento da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida como um pré-requisito do Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola (PPGEA), Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), com coordenadas geográficas de 22°46'11.47'' de latitude Sul e 43°41'06.19'' de longitude Oeste (GOOGLE EART, 2021), localizado no município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro, no período de maio de 2018 a junho 2021. Em função dos resultados obtidos, pretendia-se realizar avaliação dos aspectos sensoriais junto à comunidade escolar mas, essa etapa não foi realizada em função da pandemia provocada pelo novo Coronavírus (COVID-19). Houve isolamento social, esvaziamento funcional do IFES campus Itapina, impedimentos constitucionais e legais por órgãos regulatórios governamentais.

3.2 Produção do pó de folhas da moringa (PFM)

As folhas frescas de *M. oleifera* foram coletadas manualmente de plantas cultivadas no Setor de Avicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFES), Campus Itapina, com coordenadas geográficas de 19°29'48.80'' de latitude Sul e 40°45'40.90'' de longitude Oeste (GOOGLE EART, 2021), pertencente ao município de Colatina, estado do Espírito Santo. Posteriormente, no Setor de Alimentação e Nutrição do IFES, Campus Itapina, selecionou-se as folhas, retirando-as das hastes, e fez-se a higienização em duas etapas: limpeza e sanitização. Durante a limpeza, as folhas foram lavadas em água corrente para a remoção das sujidades, e durante a sanitização, as mesmas foram imersas em solução sanitizante de água e desinfetante clorado para hortifrutícolas, Clean Sanitin Veg (Newdrop Química Ltda®, Lins, São Paulo), na concentração de 0,20% (2,0 g/L de água) por 10 min para redução da carga microbiana, e em seguida procedeu-se a um enxágue com água filtrada para remoção do excesso de solução sanitizante, seguindo-se as boas práticas de manipulação. O excesso de água foi removido utilizando-se escorredores de alumínio. As folhas higienizadas foram secas no Setor de Vegetais da Agroindústria do IFES, Campus Itapina, utilizando-se o desidratador PE 14 Analógico (Pardal Tecnologia para Agroindústria®, Petrópolis, Rio de Janeiro), com circulação de ar a 65°C por aproximadamente 4 h. Durante todo o processo, o material foi homogeneizado manualmente para garantir uniformidade da secagem. As folhas desidratadas foram trituradas em liquidificador industrial Skymesen 6 L (Metalúrgica Skymesen Ltda®, Brusque, Santa Catarina), classificado quanto ao tamanho de partículas em peneira com malha de aço inox 8'' x 2'', de abertura de 1 mm (18 mesh), e o pó obtido (PFM) foi acondicionado em sacos plásticos de polietileno (Figura 2).



Figura 2. Produção do pó de folhas de moringa (PFM). 1. Folhas de moringa. 2. Colheita e separação das folhas das hastas. 3. Higienização. 4. Desidratação com circulação de ar. 5. Trituração. 6. Classificação de tamanho e obtenção do PFM

3.3 Tratamentos do PFM

Para a tentativa de remoção de compostos que ocasionam rejeição sensorial do PFM, foram realizados processos de extração sólido-líquido, empregando-se três solventes: água destilada, solução 50 % (v/v), água destilada: álcool 95 % e álcool 95 %.

No Laboratório de Química do IFES, Campus Itapina, o PFM (250 g) foi pesado em balança eletrônica analítica (Want Balance Instrument Co., Ltd.®, Jiangsu, China), inserido em erlenmeyer com o solvente na proporção 1:4 (g:mL), e colocado em agitador magnético (Marconi Equipamentos para Laboratórios®, Piracicaba, São Paulo) sob agitação constante (150 rpm) por $70 \pm 1^\circ\text{C}/1$ h. Após o resfriamento, a mistura foi filtrada em peneira de malha de aço inox 8" x 2", de abertura de 0,5 mm (32 mesh), separando-se o extrato da fração sólida, que foi lavada uma vez com 1 L do mesmo solvente utilizado na extração. A massa foi desidratada em desidratador PE 14 Analógico (Pardal Tecnologia para Agroindústria®, Petrópolis, Rio de Janeiro) a 65°C por 4 h, para evaporação completa do solvente residual, e por último acondicionada em sacos plásticos de polietileno (Figura 3). Os PFM's foram transportados em sacos plásticos de polietileno vedados, dentro de uma bolsa que impedia o contato com a luminosidade, de Colatina – ES até o Rio de Janeiro – RJ, onde foram utilizados nas análises e produção dos bolos.

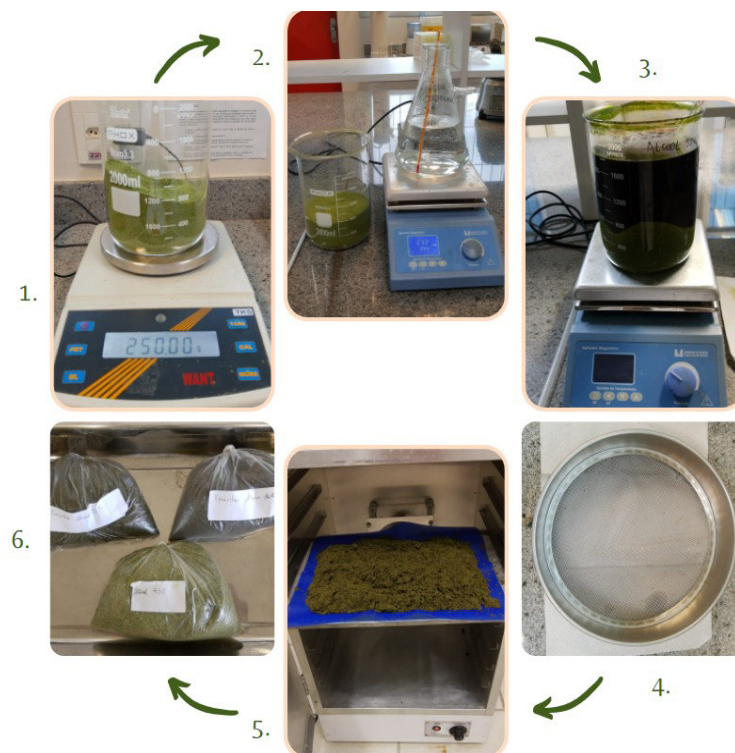


Figura 3. Tratamentos no pó de folhas de moringa (PFM). 1. Pesagem do PFM. 2. Agitação magnética. 3. Resfriamento. 4. Filtração. 5. Desidratação. 6. Acondicionamento em sacos plásticos

3.4 Produção dos bolos com PFM

Foram produzidas cinco formulações diferentes de bolos na Planta Piloto de Cereais, Raízes e Tubérculos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com coordenadas geográficas de 22°51'45.12'' de latitude Sul e 43°13'24.51'' de longitude Oeste (GOOGLE EART, 2021), pertencente ao município do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro. A soma das quantidades de farinha de trigo e amido de milho foi considerada a farinha da formulação. A quantidade dos ingredientes da formulação padrão (sem adição de PFM) expressa em % base farinha foram: 90% de farinha de trigo composta por 10% de proteína, 0,96 % de cinzas e 2,8% fibra alimentar (Dona Benta, J.B. Macedo®, Santos, São Paulo) ; 10% de amido de milho (Maisena, Unilever Brasil Industrial Ltda®, Garanhuns, Pernambuco) ; 105% de açúcar refinado (União, Cia União dos Refinadores de Açúcar e Café®, Limeira, São Paulo); 50% de gordura de palma (Agropalma®, Limeira, São Paulo); 21% de ovo integral desidratado em pó (Ovopan, Maxxi Ovos®, Indaiatuba, São Paulo) ; 1% de sal (Cisne, Refinaria Nacional de Sal S.A.®, Cabo Frio, Rio de Janeiro); 11% de leite em pó integral (Aurora, Cooper Central Aurora®, Pinhalzinho, Santa Catarina); 2% de emulsificante (Granocake S 500, Granotec do Brasil S.A.®, Araucária, Paraná); 2,2% de bicarbonato de sódio (Chinezinho, Grupo Correia Duarte®, Inhaúma, Rio de Janeiro); 1,3% de fosfato monocálcico (MCP) (ICL do Brasil®, São Bernardo do Campo, São Paulo); 1,5% de pirofosfato ácido de sódio (SAPP) (ICL do Brasil®, São Bernardo do Campo, São Paulo); e, 140% de água filtrada. As quatro demais formulações foram produzidas substituindo o amido de milho por PFM (10% base farinha) com os diferentes tratamentos: sem tratamento de extração, extração com água destilada, extração com água: álcool e extração com álcool.

Na produção dos bolos foi utilizado o método de creme para a mistura dos ingredientes. Primeiramente, em uma batedeira planetária (Deluxe, Arno S/A®, São Paulo, São Paulo), foram batidos a gordura de palma e o açúcar refinado por 3 min. até ficar com aspecto esbranquiçado (velocidade 2), depois acrescentou-se ovo em pó, leite em pó, sal e emulsificante, batendo por mais 2 min. (velocidade 3), logo após acrescentou-se aos poucos e intercalando-se a farinha de trigo com amido ou a farinha de trigo com o pó de folhas de moringa com a água por mais 2 min. Desligou-se a batedeira e acrescentou-se a mistura de bicarbonato de sódio, fosfato monocalcico e pirofosfato ácido de sódio (fermento químico em pó), batendo na velocidade mínima por 10 s, apenas para homogeneizar. A duração média total do processo de mistura foi de 11 min. O batido pronto foi dosado (49 g) em forminhas de papel para *cupcake* e estas foram dispostas dentro de formas próprias de metal. A duração total do processo de dosagem do batido nas forminhas foi de 9 min. O assamento foi realizado em forno elétrico (Turbo FTT 150E, Tedesco®, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul) pré-aquecido a 130°C por 33 min. Os bolos foram retirados do forno e mantidos nas fôrmas até o resfriamento em temperatura ambiente. Logo após, foram retirados da fôrma metálica, embalados em sacos plásticos de polietileno e armazenados em temperatura ambiente por 24 h antes das medições físicas.

3.5 Análises das propriedades tecnológicas dos batidos e dos bolos

3.5.1 Gravidade específica do batido

A gravidade específica do batido foi obtida pela razão entre a densidade do batido e a densidade da água (Equação 1), conforme método descrito por Turabi, Sumnu e Sahin (2008).

$$(1) \quad Ge = \frac{\rho_{\text{batido}}}{\rho_{\text{água}}}$$

3.5.2 Textura do batido

A análise de textura do batido foi realizada em temperatura ambiente de aproximadamente 23°C, no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Escola de Química da UFRJ, utilizando-se um texturômetro CT3 Analyser, versão 2.1 “Load Range” 4,5 kg (Brookfield Ametek®, Estados Unidos da América). As amostras do batido foram comprimidas usando um probe cilíndrico TA4/1000 (38,1 mm de diâmetro) em béquer de vidro, capacidade de 100 mL que foi preenchido com o batido ocupando 60 % de seu volume. Foi usada a análise de compressão-extrusão ou também conhecida como *back extrusion*, ao qual se aplica a produtos de consistência pastosa ou que contém partículas em suspensão (GUJRAL; SODHI, 2002). A partir dos dados das amostras obtém-se a curva relacionando a força do probe *versus* a distância que o probe percorre. Curvas a partir de diferentes amostras, envolvendo tratamentos diferentes, são comparadas para estabelecer diferenças na textura (STEFFE, 1996).

A consistência é calculada como a área abaixo da curva durante a compressão, e a adesividade como a área abaixo da curva durante o retorno do probe à altura inicial (AFOAKWA, 2010; NASARUDDIN; CHIN; YUSOF, 2012). As velocidades pré-teste, teste e pós-teste foi de 1,0 mm/s. Os dados foram analisados usando o software Texture Pro CT 1.3 Buid 15 (BRASEQ, 2021), para medir a consistência e adesividade.

3.5.3 Volume específico

Para a determinação do volume específico, foram medidos os volumes de três bolos de cada tratamento, por meio da técnica de deslocamento de sementes de painço, baseado no método da American Association of Cereal Chemists 10.05.01 (AACC, 2021), utilizando uma caixa plástica com capacidade interna de aproximadamente 600 mL. O volume ocupado por cada bolo neste recipiente foi medido através do deslocamento das sementes em uma proveta graduada. O volume específico foi calculado pela razão do volume pela massa de cada bolo (mL/g).

3.5.4 Índices de volume, simetria e uniformidade

O modelo do método da American Association of Cereal Chemists 10-91.01 (AACC, 2021) foi usado para calcular o índice de volume, simetria e uniformidade. Este método leva em consideração o tamanho das fôrmas usadas para a produção de bolos e determina esses valores em termos de milímetro (TOPKAYA; ISIK, 2019). Resumidamente, o bolo foi cortado verticalmente no centro com uma faca afiada, e as alturas de três pontos (B, C e D) (Figura 4) em distâncias iguais uns dos outros ao longo das secções transversais foram registradas. Os índices foram calculados pelas fórmulas dadas como:

$$\begin{aligned}\text{Índice de Volume} &= B + C + D \\ \text{Índice de Simetria} &= 2C - B - D \\ \text{Índice de Uniformidade} &= (B - D)\end{aligned}$$

Fonte: Método nº 10-91.01 da AACC (2021).



Figura 4. Medição dos índices nos bolos controle e com PFM

3.5.5 Cor

Foram analisadas a cor dos miolos dos bolos em colorímetro Croma Meter CR 400 (Konica Minolta®, Japão). O ladrilho branco foi utilizado para padronizar o colorímetro antes de cada determinação. Tanto as farinhas quanto os bolos fatiados ao meio foram colocados em placas de petri para serem analisados (Figura 5). A análise consistiu em aproximar o

equipamento à superfície das amostras e realizar as devidas leituras, averiguando como parâmetros o sistema de cor CIE L^*C^*h (CIE, 2021), onde as coordenadas L^* indicam a luminosidade, que varia de zero (preto) a 100 (branco), C^* medida de saturação (distância radial do centro do espaço até o ponto da cor) e h medida do ângulo total dentro do espaço de cor L^*C^*h .



Figura 5. Análise de cor das farinhas e dos bolos

3.5.6 Textura do bolo

A análise do perfil de textura (TPA) foi realizada no dia seguinte ao forneamento dos bolos, 24 h após o processamento. A crosta de todos os bolos foi removida e foram utilizadas fatias centrais dos bolos, cada uma com 25 mm de espessura, sendo analisadas ao longo de seu comprimento.

A textura instrumental dos bolos foi realizada em temperatura ambiente de aproximadamente 23°C, no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Escola de Química da UFRJ, utilizando um texturômetro CT3 Analyser, versão 2.1 “Load Range” 4,5 kg e um probe TA25/1000 cilíndrico e de acrílico com carga máxima de 50 kg, considerando os seguintes parâmetros de operação: (i) velocidade pré-teste = 1,0 mm/s; (ii) velocidade de teste = 1,0 mm/s; (iii) velocidade de pós-teste = 1,0 mm/s; e, distância: 25 mm, com medida de força em compressão (Figura 6).

Os parâmetros de textura instrumental avaliados foram dureza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência.



Figura 6. Análise de perfil de textura em bolo com pó de moringa

3.6 Avaliação qualitativa de saponinas em PFM

Executou-se um procedimento para avaliar qualitativamente a presença de saponinas baseado no método utilizado por Cheok, *et al* (2014) colocando-se 0,5 g do PFM em um tubo de ensaio, adicionando-se 10 mL de água destilada e agitando-se vigorosamente por 2 min em agitador vórtex VX-38 (Ionlab®, Araucária, Paraná) (Figura 7). O surgimento de uma espuma estável e persistente na superfície do líquido por 15 min indica a presença de saponinas.



Figura 7. Avaliação qualitativa de saponinas

3.7 Análise estatística

Os processos de extração sólido-líquido aplicados no PFM e de produção de bolo das diferentes formulações foram realizados em triplicata. As análises nas farinhas, batidos e bolos foram em triplicata, exceto a análise de textura que foi em oito replicatas. Os resultados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA), com objetivo de verificar se existiam diferenças significativas entre os tratamentos, aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) com o intuito de identificar quais tratamentos diferiram entre si. Todos os dados foram analisados usando o software de análise estatística “Statistica” 13.4.0.14 (Tibco Software Inc.®, Palo Alto, EUA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Batido

4.1.1 Gravidade específica

A gravidade específica é um fator chave, que influencia principalmente o volume e a textura do bolo (KIM *et al.*, 2012). Ela está diretamente relacionada com a quantidade de células de ar incorporadas à massa. As massas de bolo com gravidade específica apropriada (< 1), são mais desejáveis, pois significam que mais bolhas de ar permanecem presas no batido durante o processo de mistura. Para o crescimento adequado do bolo durante o cozimento, ele deve reter uma quantidade substancial de bolhas de ar (PREMI; SHARMA, 2018).

Verificou-se que a adição de PFM à formulação, seja *in natura* ou tratado, aumentou a gravidade específica do batido. Os diferentes tratamentos realizados no PFM (*in natura*, água, água: álcool e álcool) não impactaram em diferença de gravidade específica do batido, uma vez que não houve diferença significativa entre estes tratamentos. As massas com adição de PFM foram significativamente diferentes ($p > 0,05$) do controle, indicando que a adição de PFM não melhorou a qualidade do batido. A gravidade específica do batido variou de 0,76 a 0,80 e seu valor aumentou significativamente em relação ao do batido controle (Tabela 2). Este aumento na gravidade específica do batido pode ser devido à redução das bolhas de ar aprisionadas com a adição de PFM, o que não era desejável, mas pode ter ocorrido pela substituição do amido de milho, que é de origem de grão, pelo PFM, que é proveniente de folhas, e provocado um resultado diferente por serem de natureza e composição química diferentes. O PFM tem altos teores de proteína (27,1 g em 100 g de folha seca) e fibras (19,2 g em 100 g de folha seca) (GOPALAN, 1994). Estas substâncias podem reduzir a quantidade de água livre disponível no batido e aumentar excessivamente a viscosidade do meio.

Tabela 2. Resultados expressos em média e desvio padrão das características tecnológicas do batido e dos bolos elaborados sem e com os pós de folha de moringa (PFM)

Características		Tratamentos				
		Controle	PFM <i>in natura</i>	PFM água	PFM água:álcool	PFM álcool
Batido						
Textura	Gravidade específica	0,76 ± 0,02 ^b	0,79 ± 0,01 ^a	0,78 ± 0,01 ^a	0,79 ± 0,01 ^a	0,80 ± 0,01 ^a
	Consistência (mJ)	35,78 ± 1,62 ^c	45,88 ± 2,32 ^a	42,14 ± 2,52 ^b	42,56 ± 2,13 ^b	40,50 ± 2,39 ^b
	Adesividade (mJ)	20,75 ± 1,15 ^c	25,28 ± 1,42 ^a	23,92 ± 1,33 ^{ab}	23,60 ± 1,32 ^b	22,90 ± 1,27 ^b
Bolo						
Índices	Volume específico (mL/g)	2,58 ± 0,15 ^{ns}	2,46 ± 0,11 ^{ns}	2,49 ± 0,15 ^{ns}	2,46 ± 0,12 ^{ns}	2,52 ± 0,10 ^{ns}
	Índice de volume (mm)	125,80 ± 1,76 ^{ns}	125,20 ± 2,02 ^{ns}	125,08 ± 3,10 ^{ns}	126,78 ± 2,07 ^{ns}	127,35 ± 1,80 ^{ns}
	Índice de simetria (mm)	1,10 ± 0,04 ^b	2,34 ± 0,25 ^a	1,41 ± 0,46 ^b	1,09 ± 0,05 ^b	1,07 ± 0,42 ^b
	Índice de uniformidade (mm)	0,25 ± 0,26 ^{ab}	0,13 ± 0,10 ^b	0,27 ± 0,26 ^{ab}	0,51 ± 0,34 ^a	0,19 ± 0,11 ^b
Textura	Dureza (gf)	3,05 ± 0,45 ^a	2,48 ± 0,29 ^b	3,00 ± 0,45 ^a	2,91 ± 0,36 ^a	2,81 ± 0,45 ^{ab}
	Elasticidade (mm)	10,47 ± 0,26 ^a	9,77 ± 0,27 ^b	9,91 ± 0,36 ^b	10,37 ± 0,32 ^a	9,90 ± 0,43 ^b
	Coesividade	0,50 ± 0,04 ^{ab}	0,43 ± 0,03 ^c	0,50 ± 0,03 ^{ab}	0,51 ± 0,03 ^a	0,47 ± 0,03 ^b
	Mastigabilidade (gf x mm)	14,36 ± 2,81 ^{ab}	10,78 ± 1,55 ^c	13,95 ± 2,49 ^{ab}	15,72 ± 2,29 ^a	13,00 ± 2,60 ^{bc}
	Resiliência	0,18 ± 0,02 ^a	0,15 ± 0,01 ^b	0,17 ± 0,01 ^a	0,17 ± 0,01 ^a	0,17 ± 0,01 ^a
Cor instrumental	<i>L</i> *	73,36 ± 2,54 ^a	55,94 ± 2,41 ^{bc}	56,08 ± 2,46 ^{bc}	54,39 ± 1,26 ^c	57,70 ± 1,42 ^b
	<i>C</i> *	22,26 ± 0,77 ^d	27,96 ± 0,68 ^a	21,34 ± 0,60 ^c	23,53 ± 0,85 ^c	26,25 ± 0,44 ^b
	<i>h</i>	91,22 ± 0,61 ^c	101,88 ± 1,31 ^a	93,94 ± 0,61 ^d	95,94 ± 0,57 ^c	96,90 ± 0,83 ^b
Farinha de trigo e PFM's						
Cor instrumental	<i>L</i> *	91,52 ± 0,19 ^a	44,65 ± 0,56 ^c	28,90 ± 0,35 ^d	29,36 ± 0,03 ^d	46,38 ± 0,65 ^b
	<i>C</i> *	10,95 ± 0,44 ^c	30,20 ± 0,13 ^a	17,99 ± 0,19 ^d	21,58 ± 0,08 ^c	28,88 ± 0,56 ^b
	<i>h</i>	94,34 ± 0,48 ^d	112,67 ± 0,09 ^a	94,20 ± 0,25 ^d	98,64 ± 0,11 ^c	104,64 ± 0,12 ^b

¹ Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05)
ns = não significativo

Lu *et al.* (2010) em seu experimento, com substituição da farinha pelo pó de folhas de chá verde, observaram que a viscosidade do batido de *sponge cakes* foi reduzida e a gravidade específica aumentada. A viscosidade desempenha um papel importante, pois até certo ponto, evita que as bolhas de ar subam para a superfície e se desprendam do batido durante o início do aquecimento. Gularte *et al.* (2012) relataram que a capacidade de retenção de água do batido aumentou com o aumento das fibras de aveia, pois sendo insolúveis retêm uma quantidade maior de água. Os resultados também estão de acordo com Prokopov *et al.* (2015), que observaram que a gravidade específica do batido aumentou com o aumento do nível de pó de folhas de repolho. Ainda segundo Premi e Sharma (2018), a menor densidade do batido controle pode evitar que bolhas de ar aprisionadas subam para a superfície e sejam perdidas durante o processo inicial de cozimento. Isso pode explicar o que aconteceu com os batidos que contém PFM, uma vez que apresentaram gravidade específica maior que o batido controle, provavelmente por conter mais fibras e reter água, mudaram a viscosidade do batido e aumentaram a densidade, deixando o batido mais consistente, o que dificultou a incorporação de ar. Devido a pouca incorporação de ar, provavelmente os bolos com PFM terão um volume menor. Assim, o aumento da gravidade específica do batido pode ser explicado pelo incremento de fibra alimentar total contida no PFM.

4.1.2 Textura

A inserção de PFM no batido, *in natura* ou tratado, contribuiu para aumentar a consistência e a adesividade do batido. O PFM *in natura* aumentou mais a consistência do que os PFM tratados (água, água: álcool, álcool). O PFM *in natura* também aumentou mais a adesividade do que os PFM tratados (água: álcool e álcool).

Segundo Jahanbakhshi e Ansari (2020), o grau de consistência do batido deve ser ideal, uma vez que batidos com maior ou menor consistência resultam em baixos volumes específicos. Um batido com valor alto para consistência pode favorecer a baixa incorporação de ar, a baixa formação de bolhas e impedir que o bolo cresça. O aumento na consistência do batido com PFM pode ser devido ao incremento de fibras solúveis e insolúveis constituintes das folhas de moringa. Sabe-se que as composições químicas das fibras afetam a capacidade de ligação à água. Por exemplo, a celulose e a lignina (insolúveis) tendem a ter baixa capacidade de ligação à água, mas a hemicelulose e a pectina (solúveis) têm alta capacidade de ligação à água (AYDOGDU; SUMNU; SAHIN, 2018). Provavelmente o PFM *in natura* aumentou a consistência em maior proporção por ter um conteúdo maior de fibras solúveis do que os PFM submetidos aos tratamentos de extração sólido-líquido. Provavelmente, as fibras solúveis foram extraídas do PFM durante o processo de extração sólido-líquido uma vez que os solventes empregados (água e álcool) eram polares. Desta forma, o PFM *in natura* teria maior conteúdo de fibras solúveis e maior capacidade de ligação de água, o que levaria a maior consistência. Existe uma correlação entre a consistência do batido do bolo e a capacidade de ligação de água das fibras presentes na formulação (AYDOGDU; SUMNU; SAHIN, 2018).

No caso deste estudo, a adesividade do batido com PFM *in natura* e tratado aumentou em relação ao batido controle. Um batido com maior adesividade significa que este irá grudar mais nas paredes dos equipamentos de produção e poderá haver perda de produto, o que não é desejável por acarretar prejuízos além de maior dificuldade de limpeza pós-produção. Assim como na consistência, o incremento de fibras e proteínas contidas no PFM deve ter colaborado para a mudança no padrão ideal de adesividade. O PFM *in natura* aumentou a adesividade em maior escala do que o PFM tratado, isso pode ser devido ao tratamento que é feito em meio líquido e pode ter causado a redução das fibras solúveis no PFM tratado. Segundo Lebesi *et al.* (2011), a adesividade é diretamente ligada a elasticidade e a

mastigabilidade do bolo, dessa forma, com o aumento da adesividade provavelmente os bolos de PFM *in natura* ou tratados apresentarão alterações de textura nesses parâmetros. No experimento de Gupta, Bawa e Semwal (2009), a adesividade também aumentou com a incorporação da farinha de cevada na proporção de 0 % a 40 % em substituição a farinha de trigo e isso aconteceu porque os produtos preparados apresentaram alto teor de fibras e conteúdo de proteína quando comparado com o produto 100 % à base de farinha de trigo; também para Jahanbakhshi e Ansari (2020), mudanças nas qualidades do batido e do bolo em amostras com adição de farelo, pode ser devido a seu maior teor de fibra e proteína que poderiam absorver mais água como é o caso do PFM que também é rico em fibras e proteínas.

4.2 Bolo

4.2.1 Volume específico

O volume específico expressa a relação entre o volume do bolo e sua massa (PROKOPOV *et al.*, 2015) e é um parâmetro de qualidade importante para este produto.

O PFM, seja *in natura* ou tratado, não alterou o volume específico do bolo. Os diferentes tratamentos no PFM não resultaram em diferença no volume específico dos bolos. Houve aumento da gravidade específica do batido com PFM, indicando que houve menor incorporação de ar no batido do bolo e, portanto, o volume deveria ter diminuído (KIM *et al.*, 2012). Em relação a esse parâmetro, os PFM mostraram bons resultados quando aplicadas em bolos, pois o volume específico dos produtos não demonstrou diferenças significativas em relação ao bolo controle. Apesar disso, por ter havido diferença estatística entre os resultados da gravidade específica do batido controle e com PFM, esperava-se que houvesse diferença no volume específico também, afinal, um valor maior para gravidade específica significa uma incorporação de ar reduzida e conseqüentemente um baixo volume específico. Um outro ponto a ser destacado é que a consistência do batido com PFM também aumentou, e isso deveria ter prejudicado o volume específico dos bolos, pois segundo Jahanbakhshi e Ansari (2020), batidos com níveis baixos ou altos de consistência resultam em volume reduzido do bolo. Uma explicação para esse bom resultado no volume específico pode ser relacionada à etapa de forneamento, onde o batido com PFM, apesar de ter sido assado sob a mesma temperatura/tempo do bolo controle, sofreu influência do incremento de proteínas contidos no PFM. Neste sentido, El-Dash (1990) relatou que as proteínas é que dão ao batido a característica de viscoelasticidade, essencial para a retenção dos gases produzidos durante a fermentação da massa e forneamento de produtos de panificação.

4.2.2 Índices

O volume do bolo está relacionado ao número de bolhas de ar que estão presentes no batido e ao aumento do tamanho das bolhas durante o assamento devido ação do fermento. O método de medição do índice de volume é uma maneira rápida de estimar o volume de uma amostra, sem ter que recorrer ao método de deslocamento de semente, e leva em conta o formato do bolo (BECKER-ALMEIDA, 2008).

O PFM, seja *in natura* ou tratado, não alterou o índice de volume do bolo. Os diferentes tratamentos no PFM não resultaram em diferença no índice de volume dos bolos. Esperava-se que o índice de volume não fosse alterado com a incorporação de PFM uma vez que não foi constada alteração no volume específico. Tal resultado é bom, pois indica que mesmo com a substituição parcial do amido de milho por PFM, os bolos mantiveram-se na faixa de crescimento ideal, não se diferenciando estatisticamente do bolo controle. No estudo

de Nascimento (2020), verificou-se que o menor aumento de volume estava diretamente relacionado a adição do PFM às massas alimentícias, contudo, neste experimento, os valores de volume obtidos variaram dentro do intervalo aceitável, de boa qualidade das massas. Pode-se levar em consideração para o índice de volume as mesmas justificativas enumeradas para o volume específico, em que, apesar de ter havido diferença estatística para a gravidade específica e consistência do batido controle e com PFM *in natura* e tratado, os constituintes químicos do PFM interferiram no volume em outras etapas de preparação do bolo, provavelmente no forneamento.

O índice de simetria é usado para definir o perfil da superfície da parte superior dos bolos. Um valor positivo do índice de simetria indica que a superfície do bolo é desejavelmente curva, enquanto um valor negativo indica uma depressão no bolo (KAÇAR; ÖZAY, 2019). O PFM *in natura* aumentou o índice de simetria do bolo. Os diferentes tratamentos no PFM (água, água:álcool, álcool) fizeram com que o PFM não impactasse no índice de simetria do bolo (Figura 8).

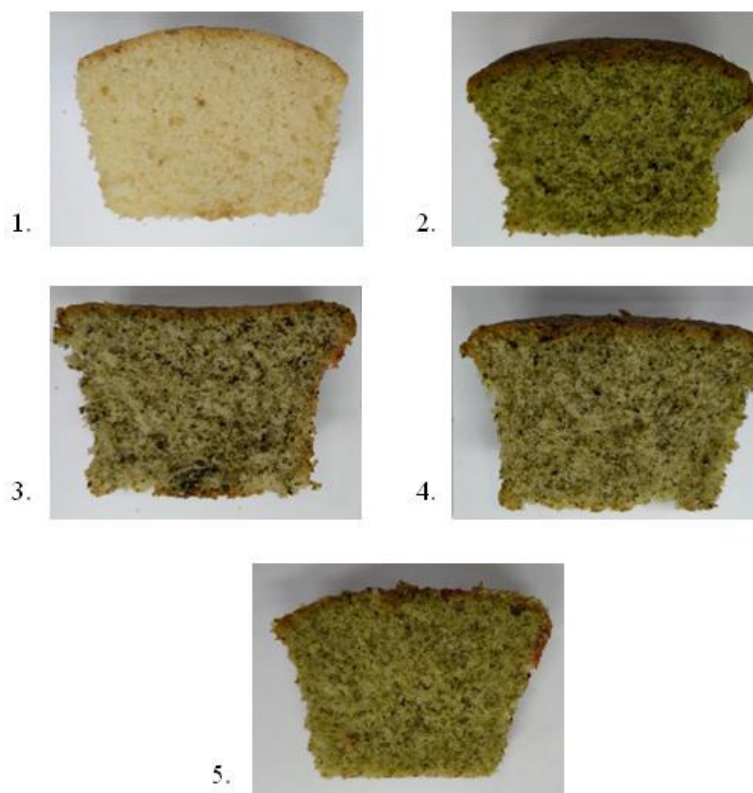


Figura 8. Corte transversal das amostras de bolo sem e com pó de folhas de moringa (PFM). 1. Bolo controle. 2. Bolo PFM *in natura*. 3. Bolo PFM água. 4. Bolo PFM água:álcool; 5. Bolo PFM álcool

Era esperado que o índice de simetria dos bolos produzidos com PFM *in natura* fosse diferente dos tratados e que estes últimos melhorassem o índice de simetria do bolo em relação ao controle, afinal, aplicou-se os tratamentos também para melhorar a qualidade tecnológica do bolo. A forma ou simetria ideal assume valor zero, indicando crescimento uniforme da massa e manutenção estrutural durante a cocção (FELISBERTO *et al.*, 2015), então, a simetria adequada e desejável habitualmente é a curva na superfície, que são os parâmetros que afetam positivamente a aceitação do produto pelo consumidor (KAÇAR; ÖZAY, 2019). Segundo Gupta, Bawa e Semwal (2009), um índice de simetria mais alto indica que o bolo tem mais altura no centro e menos nas laterais e forma convexa.

O índice de uniformidade é uma medida de simetria do bolo: quanto maior o valor desse índice, mais irregular é a superfície do bolo (GUPTA; BAWA; SEMWAL, 2009). O PFM, seja *in natura* ou tratado, não alterou o índice de uniformidade do bolo. Os PFM tratados com água e água:álcool apresentaram maior índice de uniformidade em relação ao PFM tratado com álcool e o PFM *in natura*. Então, tanto a superfície dos bolos elaborados com PFM *in natura*, quanto tratados, não apresentou diferença estatística em relação ao bolo controle. Segundo Kaçar e Özay (2019), o índice de uniformidade mede a diferença entre as alturas das duas pontas do bolo, mostra a simetria da seção transversal do bolo e é desejável ser “0”. Acredita-se que, devido aos valores do volume específico e índice de volume dos bolos produzidos com PFM *in natura* ou tratado não terem apresentado diferença estatística, a superfície dos bolos com PFM *in natura* ou tratados foram uniformes.

4.2.3 Textura

A dureza refere-se à força necessária para deformação do bolo; a mastigabilidade é determinada pela viscosidade multiplicada pela elasticidade e, representa a quantidade de energia necessária para desintegrar um alimento para deglutição; a resiliência é a proporção de energia recuperável quando a primeira compressão é aliviada (JAHANBAKHSI; ANSARI, 2020) e, a coesividade indica a força das ligações internas do bolo (PATHAW; MAHANTA; BHATTACHARYA, 2021). A elasticidade é a resistência à extensão, mede a extensão da recuperação entre a primeira e a segunda compressão no texturômetro (LEBESI; TZIA, 2011).

O PFM *in natura* contribuiu para reduzir todos os parâmetros de textura dos bolos avaliados (dureza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência). A redução dos parâmetros de textura pode ter impactos positivos (dureza e mastigabilidade) e negativos (elasticidade, coesividade e resiliência) nas características de qualidade do bolo com PFM *in natura*. Acredita-se que a composição química do PFM, em especial o teor de fibras, pode ser responsável por essas alterações. De acordo com Aydogdu, Sumnu e Sahin (2018), a adição de fibra insolúvel dá ao bolo uma estrutura menos rígida e mais porosa. No que diz respeito aos bolos com PFM *in natura*, a redução na dureza, significa que obteve-se um bolo mais macio, que necessita de menor gasto de energia para mastigá-lo. A maciez do bolo é um parâmetro importante para a aceitação por parte dos consumidores, que preferem um bolo macio (RESENDE, 2007).

Ao se realizar os tratamentos no PFM (água, água:álcool e álcool), os PFM's tratados não impactaram nos parâmetros de textura avaliados, exceto na elasticidade cujos tratamentos PFM água e PFM álcool reduziram este parâmetro. Ou seja, os tratamentos do PFM ajudaram a manter as características de textura do bolo controle. Uma hipótese é que estes tratamentos podem ter reduzido o teor de fibras solúveis do PFM, provavelmente responsáveis pelas alterações na textura, já que o PFM foi aquecido em solvente polar durante o tratamento. Desse modo, manteve-se as características de textura do bolo, exceto nos bolos com PFM água e PFM álcool, obteve-se um bolo com menor elasticidade. Segundo Pathaw, Mahanta e Bhattacharya (2021), a redução na elasticidade, sugere-nos que o bolo tem menor tendência a grudar na boca durante a mastigação. Premi e Sharma (2018) também observaram a diminuição da elasticidade em pão de ló à medida que se aumentava o nível de substituição por pó de moringa; os altos teores de fibra alimentar, proteína, cálcio e ferro do pão de ló com PFM foram responsáveis por esse decréscimo, pois provocaram uma diluição do glúten, reduzindo a força da massa e sua natureza viscoelástica.

Segundo Gupta, Bawa e Semwal (2009), coesividade é uma unidade adimensional obtida pela divisão da energia consumida durante a segunda compressão pela energia consumida durante a primeira compressão no texturômetro. Ela quantifica a resistência

interna da estrutura alimentar, resumidamente, é a capacidade de um material se prender a si mesmo (JAHANBAKHSI; ANSARI, 2020). Pathaw, Mahanta e Bhattacharya (2021) disseram ainda que ela indica a força das ligações internas da amostra. O fato do PFM *in natura* reduzir a coesividade do bolo significa que resultou em um bolo que provavelmente necessitará de pouca energia para se desintegrar e ser engolido, que também caracteriza a redução da dureza e a baixa mastigabilidade. A dureza do bolo e a quantidade de tempo gasto para a mastigação estão fortemente inter-relacionados; praticamente um bolo fácil de mastigar se desintegra e esfarela com mais facilidade (ADEGUNWA *et al.*, 2019). Segundo Bedoya Perales (2011), a formulação e o balanço de ingredientes adequados são fundamentais para atingir as características desejadas de um bom bolo; excessos tornam as massas “podres” (baixa coesividade) e a massa se desagrega com facilidade, valores baixos de coesividade caracterizam bolos de difícil manipulação e fatiamento porque esfarelam com facilidade. Quanto menor a coesividade, mais propenso está o bolo a desintegração (CARUSO, 2012).

A mastigabilidade é a energia requerida para mastigar um alimento sólido até a deglutição = dureza x coesividade x elasticidade (MAURÍCIO, 2011). O PFM *in natura* contribuiu para reduzir o parâmetro de mastigabilidade do bolo; esse resultado está coerente com a redução no parâmetro de dureza, pois segundo Osawa *et al.* (2009), um bolo com menor firmeza também terá um menor valor para mastigabilidade; além do que a dureza, a elasticidade e a coesividade do bolo com PFM *in natura* também diminuíram, já que a mastigabilidade depende desses parâmetros, fazendo com que o resultado seja completamente compreensível. Outra explicação para essa baixa na mastigabilidade seria a redução de água livre pelo incremento de fibras dietéticas alimentares e proteínas no bolo com PFM *in natura* que absorvem mais água. Bourekoua *et al.* (2018) também observaram a diminuição da dureza e mastigabilidade do pão com 2,5 e 10 % de adição de PFM. A mastigabilidade é um dos parâmetros textuais que mais se relaciona com os parâmetros sensoriais (PREMI; SHARMA, 2018), por isso a importância de se ter um bolo com esse parâmetro adequado para que haja boa aceitação pelo consumidor.

Segundo Rios (2014), a resiliência é o grau necessário para que a amostra volte ao seu formato original; pode-se pensar como elasticidade instantânea, já que a resistência é medida sobre a retirada da primeira compressão antes que o período de espera seja iniciado no texturômetro. Segundo Matos, Sanz e Rosell (2014) este parâmetro está associado ao frescor, aeração e elasticidade do produto final. A resiliência seguiu a tendência semelhante à elasticidade e a coesão e diminuiu no bolo com substituição por PFM *in natura*. Assim como na elasticidade, o alto teor de fibra alimentar e proteína foi o responsável por esse decréscimo por interferir na rede de glúten. Gularte *et al.* (2012) estudou o efeito de diferentes fibras nas propriedades funcionais de bolo sem glúten e registrou que as fibras diminuíram a resiliência dos bolos, é possível, neste estudo, visualizar a mesma tendência com os bolos produzidos com PFM *in natura*. O baixo valor de dureza também pode ter contribuído para o declínio da resiliência, pois segundo Kocer, Hicsasmaz e Katnas (2007), a baixa resiliência foi correlacionada a um bolo mais macio.

4.2.4 Cor

Nos estudos de colorimetria de alimentos, é possível utilizar o espaço representado através de coordenadas cilíndricas CIE L^*C^*h , onde o parâmetro L^* representa a luminosidade, uma representação polar conhecida como croma C^* e uma tonalidade cromática hue h (OLIVEIRA *et al.*, 2003; CIE, 2021).

Houve diferença significativa entre os parâmetros de cor L^* e C^* dos PFM's e da farinha de trigo (controle). Os PFM's, seja *in natura* ou tratados, apresentaram mais escuros (menor luminosidade) e mais saturados (maior croma) do que a farinha de trigo (Tabela 2).

No entanto, o PFM água e a farinha de trigo não se diferenciaram quanto ao ângulo de tonalidade (*h*). Os demais PFM's apresentaram-se mais esverdeados do que a farinha de trigo (maior *h*). O PFM mais esverdeado foi o PFM *in natura* seguido pelo PFM álcool e PFM água:álcool, respectivamente. A tonalidade esverdeada do PFM *in natura* é devido a presença de clorofila na composição das folhas (ALI *et al.*, 2014). Segundo Gross (1991), as clorofilas verdes *a* e *b* são onipresentes em todas as partes comestíveis dos vegetais. Durante os tratamentos de extração sólido-líquido, o PFM foi submetido a aquecimento em solventes (água, água:álcool e álcool). Este procedimento pode ter removido os pigmentos existentes no PFM por solubilização dos mesmos no solvente e/ou degradação dos mesmos pelo tratamento térmico. Segundo Kidmose *et al.* (2002) a maioria dos mecanismos comuns de degradação da clorofila *a* e *b* parecem ser a transformação catalisada em feofitina *a* e *b*, quando o material vegetal muda a cor de azul esverdeado para verde-oliva opaco. Neste caso, os tratamentos que possuíam o solvente água (PFM água e PFM água: álcool) apresentaram menores valores de *L**, *C** e *h* caracterizando por serem mais escuros, menos pigmentados e menos esverdeados, indicando maior perda de clorofila. As ligações entre as moléculas de clorofilas são muito frágeis (não-covalentes), rompendo-se com facilidade ao macerar o tecido em solventes orgânicos. Quando em solução, um composto polar forma ligações de hidrogênio com a água, já que seus pólos interagem com os pólos da água. Os solventes polares como a água e o álcool são os mais eficazes para a extração completa das clorofilas (STREIT *et al.*, 2005; LEHNINGER *et al.*, 2008).

Como os tratamentos influenciaram a cor dos PFM's, era esperado que houvesse diferença de cor entre os bolos elaborados com os diferentes PFM's. A cor do miolo depende principalmente dos ingredientes usados na formulação (PREMI e SHARMA, 2018). Os miolos dos bolos com PFM água e PFM água:álcool apresentaram-se menos pigmentados (menores *C**) e menos esverdeados (menores *h*) do que os miolos dos demais bolos contendo PFM, acompanhado os resultados observados na cor dos pós. Assim como nos pós, a cor do miolo contendo PFM água foi menos pigmentada e menos esverdeada do que na cor do miolo contendo PFM água:álcool. Porém, na luminosidade não foi observado o mesmo comportamento encontrado nos PFM's. A luminosidade do miolo dos bolos contendo PFM água e PFM água:álcool não diferenciou da luminosidade do miolo dos demais bolos contendo PFM. A perda de umidade e a formação de compostos amarronzados advindos das reações de Maillard e de caramelização no forneamento do bolo podem ter influenciado este resultado (SLADE *et al.*, 2021). A Reação de *Maillard* depende da presença de açúcar redutor e aminoácido de proteínas, enquanto que a caramelização apenas da sacarose (CONFORTI, 2006). O forneamento é particularmente interessante, pois as altas temperaturas levam à formação de vários compostos, muitos dos quais contribuem para a cor do produto (SRIVASTAVA *et al.*, 2018).

Os bolos com PFM's, seja *in natura* ou tratados, apresentaram, de modo geral, miolos mais escuros (menor luminosidade), mais pigmentados (maior saturação) e mais esverdeados (maior ângulo de tonalidade) em relação ao miolo do bolo controle. A cor do miolo dos bolos foi significativamente ($p < 0,05$) afetada pela substituição do amido de milho por PFM e isso pode ser observado na Figura 9. Nascimento (2020) também verificou que a adição do PFM em massas alimentícias proporcionou diferença significativa na cor do produto.

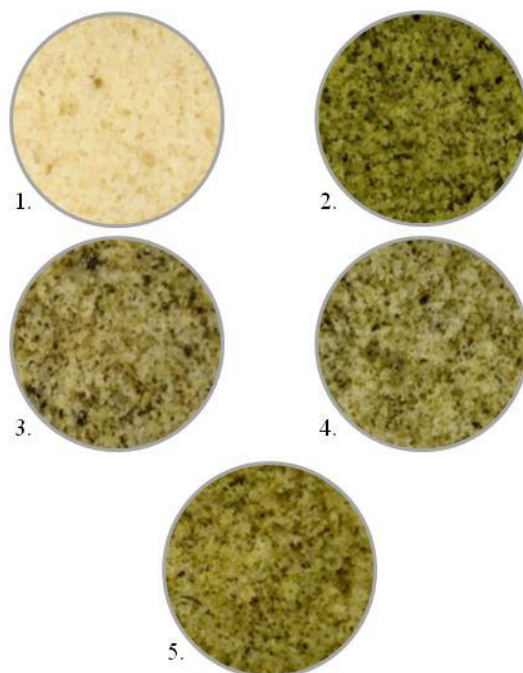


Figura 9. Cor dos miolos dos bolos sem e com pós de folhas de moringa (PFM). 1. Controle. 2. PFM *in natura*. 3. PFM água. 4. PFM água:álcool. 5. PFM álcool

4.3 Avaliação qualitativa de saponinas em PFM

As amostras de PFM *in natura* e tratados apresentaram resultados negativos para a análise qualitativa de saponinas. Este resultado foi encontrado pois não surgiu uma espuma estável e persistente na superfície do líquido por 15 min após procedimento simples para testar a presença de saponinas (Figura 10).

Esperava-se que o PFM *in natura* apresentasse um resultado positivo e que os solventes empregados nos tratamentos de extração sólido-líquido removessem os compostos que causam detrimento das características sensoriais do produto. Almeida (2018) em sua análise fitoquímica das folhas de moringa revelou altas concentrações de saponinas (844,17 mg/100 g). Porém, em nosso estudo este composto não foi encontrado na análise qualitativa. Isso mostra que as saponinas foram provavelmente removidas das folhas durante o processo de produção do pó. Makkar e Becker (1999) identificaram ausência de fatores antinutricionais, inclusive saponinas, após submeter sementes descascadas e farelo de moringa a tratamento com imersão em água por 20 a 30 min. e concluíram que os resíduos deixados após a extração com água ficaram quase sem gosto amargo.

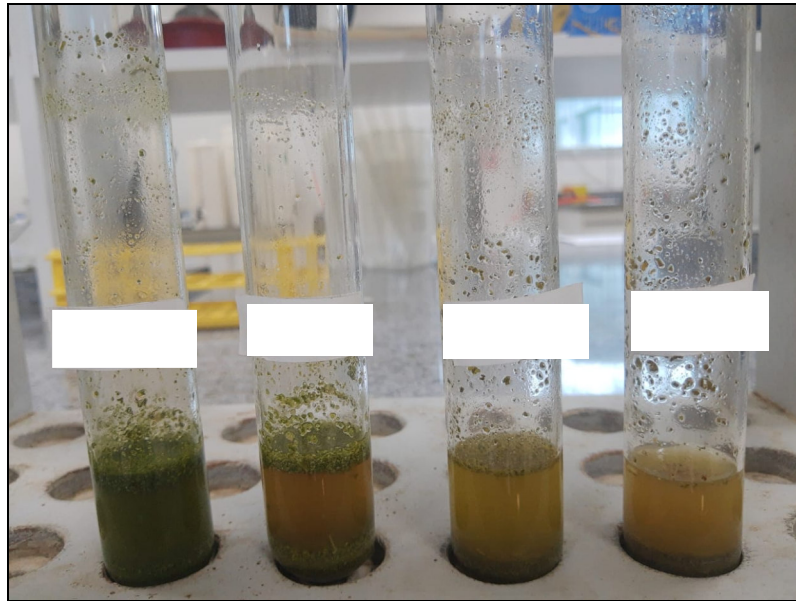


Figura 10. Resultado do teste qualitativo de saponinas

Nesse estudo, no processo de produção do pó das folhas de moringa, elas foram higienizadas em água corrente, logo após deixadas de molho em solução de água e sanitizante de vegetais por 10 min e por último foram enxaguadas para retirar o excesso de sanitizante. Esse processo de higienização pode ter retirado toda ou grande parte das saponinas, de maneira que não foi possível detectar pelo método rápido qualitativo.

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento desta pesquisa possibilitou verificar que é possível produzir bolo com boas características tecnológicas com a incorporação de PFM *in natura* ou com tratamentos na formulação.

No batido, os PFM's *in natura* e tratados alteraram todas as características tecnológicas. No bolo, verificou-se que o PFM *in natura* alterou em maior proporção as características tecnológicas do que os PFM's com tratados, indicando que os tratamentos de extração sólido-líquido contribuíram para reduzir o detrimento causada pela incorporação do PFM *in natura*. O tratamento com água:álcool foi o que se sobressaiu aos demais tratamentos, pois não apresentou diferença estatística em relação ao bolo controle na maioria dos parâmetros analisados, podendo ser considerado o tratamento de melhor resultado.

Não foram detectadas saponinas tanto no PFM *in natura* como no PFM com tratamentos.

Sugere-se continuidade deste estudo através de análise sensorial dos bolos com PFM's *in natura* e tratados e avaliação das alterações na composição proporcionadas pelos tratamentos nos PFM.

Avaliar o impacto da incorporação de pó de folhas de moringa, seja *in natura* ou tratado, nas características tecnológicas de bolo é importante para que se produza bolos de qualidade, com valor nutricional agregado e incentivando o uso de plantas alimentícias não convencionais na alimentação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. **AACC Approved Methods of Analysis - 11th Edition**. 2021. Disponível em: <<http://methods.aacnet.org/summaries/10-91-01.aspx>>. Acesso em: 15 mai. 2021.
- ACCIOLY, E. A escola como promotora da alimentação saudável. **Ciência em tela**. v. 2, n. 2. 2009. Disponível em: <http://www.mobilizadores.org.br/wp-content/uploads/2016/03/A-escola-como-promotora-da-alimentacao-saudavel.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- ADEGUNWA, M. O.; OLOYEDE, I. O.; ADEBANJO, L. A.; ALAMU, E. O. Quality attribute of plantain (*Musa paradisiaca*) sponge-cake supplemented with watermelon (*Citrullus lanatus*) rind flour. **Cogent Food & Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2019.
- AFOAKWA, E. O. Structure - properties (rheology, texture and melting) relationships in chocolate manufacture. In: _____. **Chocolate science and technology**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2010. p. 101-123.
- ALI, M. A.; YUSOF, Y. A.; CHIN, N. L.; IBRAHIM, M. N.; BASRA, S. M. A. Drying kinetics and colour analysis of *Moringa oleifera* leaves. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, p. 394-400, 2014.
- ALMEIDA, M. S. M. ***Moringa oleifera* Lam., seus benefícios medicinais, nutricionais e avaliação de toxicidade**. 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2018.
- ANWAR, F.; LATIF, S.; ASHRAF, M.; GILANI, A. H. *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. **Phytotherapy Research**, v. 21, n. 1, p. 17-25, 2007.
- ARAÚJO, M. S. (2010). **Manejo de Espécies Florestais para Produção de Madeira, Forragem e Restauração de Áreas Degradadas**. Caicó: Emparn, v. 5, 60 p.
- ARWANI, M.; WIJANA, S.; KUMALANINGSIH, S. Nutrient and saponin content of *Moringa oleifera* leaves under different blanching methods. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 230, p. 1-6, 2019.
- ASHWINI, A.; JYOTSNA, R.; INDRANI, D. Effects of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 700-707, 2009.
- AYDOGDU, A.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 667-677, 2018.
- BARRETO, M. B.; FREITAS, J. V. B.; SILVEIRA, E. R.; BEZERRA, A. M. E.; NUNES, E. P.; GRAMOSA, N. V. Constituintes químicos voláteis e não voláteis de *Moringa oleifera* Lam., Moringaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 4, p. 893-897, 2009.

BECKER-ALMEIDA, D. F. S. **Desenvolvimento e aplicação de gorduras low trans em margarina e bolo tipo inglês**. 2008. 179 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BEDOYA PERALES, N. S. **Efeito das concentrações de α -amilase maltogênica e gordura na qualidade tecnológica e sensorial de bolos**. 2011. 146 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

BENASSI, V. de. T.; WATANABE, E.; LOBO, A.R. Produtos de panificação com conteúdo calórico reduzido. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v.19, n. 129, p.222 – 242, jan./jun. 2001

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.

BENNION, E.B.; BAMFORD, G.S.T. **The technology of cake making**. 6a ed. London: Blackie Academic and Professional, 1997. 421p.

BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001.

BOLARINWA, I. F., ARUNA, T. E; RAJI, A. O. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 2, p. 195-200, 2019.

BOUREKOUA, H.; RÓŻYŁO, R.; GAWLIK-DZIKI, U.; BENATALLAH, L.; ZIDOUNE, M. N.; DZIKI, D. Evaluation of physical, sensorial, and antioxidant properties of gluten-free bread enriched with *Moringa oleifera* leaf powder. **European Food Research and Technology**, v. 244, p.189-195, 2018.

BRASEQ. **Software Texture Pro CT**. Disponível em: <<https://www.braseq.com.br/produtos/software/software-texture-pro-ct>>. Acesso em: 16 mai. 2021.

BRITO, T. M. L.; TEIXEIRA, E. M. B. **Teor de cálcio do pó de folhas secas da *Moringa oleifera* Lam. 2009**. Disponível em: <linux.alfamaweb.com.br/encontromoringa.../04-06-ENAM2009.pdf>. Acesso em: 14 out. 2019.

CABRERA-CARRIÓN, J. L.; JARAMILLO-JARAMILLO, C.; DUTÁN-TORRES, F.; CUN-CARRIÓN, J.; GARCÍA, P. A.; ASTUDILLO, L. R. Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en *Moringa oleifera* Lam. en función de siedad y altura. **Bioagro**, v. 29, n. 1, p. 53–60, 2017.

CAICEDO-LOPEZ, L. H.; LUZARDO-OCAMPO, I.; CUELLAR-NUÑEZ, M. L.; CAMPOS-VEGA, R.; MENDOZA, S.; LOARCA-PIÑA, G. Effect of the *in vitro* gastrointestinal digestion on free-phenolic compound and mono/oligosaccharides from

Moringa oleifera leaves: bioaccessibility, intestinal permeability and antioxidant capacity. **Food Research International**, v. 120, p. 631-642, 2019.

CALDWELL, E. F.; DAHL, M.; FAST, R. B. Hot cereals. In: FAST, R. B.; CALDWELL, E. F. (Orgs.). **Breakfast cereals**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1991. p. 243-272.

CARUSO, V. R. **Mistura para o prepare de bolo sem glúten**. 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2012.

CAUVAIN, S. P. The relevance of testing to the manufacturing of biscuits (cookies), cakes and pastry. In: CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. (Eds.). **The ICC handbook of cereals, flours, dough & product testing**. Lancaster: DEStech Publications, 2009. p. 157-180.
CIE. **Comission Internationale de L'Eclairage**. 2021. Disponível em: <<http://docs-hoffmann.de/howww41a.html>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CHEOK, C. Y., SALMAN, H. A. K., SULAIMAN, R. Extraction and quantification of saponins: a review. **Food Research International**, v. 59, p. 16–40, 2014.

CONFORTI, F. D. Cake Manufacture. In: CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. (Eds.). **Baked Products: Science, Technology and Practice**. Blackwell Publishing, p. 566-584, 2006.

COMPAORÉ, W. R.; NIKIÈMA, P. A.; BASSOLÉ, H. I. N.; SAVADOGO, A.; MOUECOUCOU, J.; HOUNHOUGAN, D. J.; TRAORÉ, S. A. Chemical composition and antioxidative properties of seeds of *Moringa oleifera* and pulps of *Parkia biglobosa* and *Adansonia digitata* commonly used in food fortification in burkina faso. **Current Research Journal of Biological Sciences**, v. 3, n. 1, p. 64-72, 2011.

DELCOUR, J. A.; HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 3. ed, EUA: ACC International, 2010.

DHAKAR, R. C.; MAURYA, S. D.; POONIYA, B. K.; BAIRWA, N.; GUPTA, M. Moringa: the herbal gold to combat malnutrition. **Chronicles of Young Scientists**, v. 2, n. 3, p. 119-121, 2011.

DICHOFF, N. **Moringa para todos os gostos**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/19823237/moringa-para-todos-os-gostos>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

DICIO. **Oleífera**. 2021. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/oleifera/>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

DRI. **Dietary Refence Intake**. Washington, DC: The National Academy of Sciences, 2000.

DUBOIS, D. K. Chemical leavening. Technical Bulletin, **American Institute of Baking**, v. 3, n. 9, p. 1-6, 1981.

EL-DASH, A. Molecular structure of gluten and viscoelastic properties of dough: a new concept. In: OLIVEIRA, B.; SGARBIERI, V. (Orgs.). **Proceedings of the First Brazilian Congress on Proteins**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1990. p. 513-530.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinhas mistas na produção de bolos**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994.

ELIASSON, A.C. **Starch in food: structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 2004. 382p.

EMBRAPA. **Moringa oleifera para alimentação animal**. 2019. Disponível em: <<http://www.repileite.com.br/profiles/blogs/moringa-oleifera-para-alimenta-o-animal-1>>. Acesso em: 07 mai. 2019.

FELISBERTO, M. H. F.; WAHANIK, A. L.; GOMES-RUFFI, C. R.; CLERICI, M. T. P. S.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. **Food Science and Technology**, v. 63, p. 1049-1055, 2015.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria - princípios e aplicações na agricultura. In: FERREIRA, M. D. (Ed.). **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 209-220.

FIUZA, S. M.; GOMES, C.; TEIXEIRA, L. J.; GIRÃO DA CRUZ, M. T.; CORDEIRO, M. N. D. S.; MILHAZES, N.; BORGES, F.; MARQUES, M. P. M. Phenolic acid derivatives with potential anticancer properties--a structure-activity relationship study. Part 1: methyl, propyl and octyl esters of caffeic and gallic acids. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v. 12, n. 13, p. 3581-3589, 2004.

GABRIEL, C. G. et al. Estado nutricional dos comensais e adequação da refeição servida no Restaurante Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina, com proposta de cardápios de baixo custo. **Nutrição em Pauta**, São Paulo, v. 12, n. 67, p. 34-40, 2004.

GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. Avaliação química e estrutural da semente de moringa. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 106-109, 2006.

GERDES, G. **Como limpar e tratar água suja com sementes de Moringa oleifera**. Fortaleza: ESPLAR, 1997.

GOMEZ, M.; OLIVETE, B.; ROSELL, C. M.; PANDO, V.; FERNANDEZ, E. Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, n. 9, p. 1701-1709, 2008.

GOOGLE EART. **Pesquisa**. 2021. United States: National Geospatial-Intelligence Agency, 2021.

GOPALAKRISHNAN, L.; DORIYA, K.; KUMAR, D. S. *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. **Food Science and Human Wellness**, v. 5, n. 2, p. 49-56, 2016.

GOPALAN, C. **Micronutrient malnutrition in SAARC**. Índia: Boletín del NFI, 1994.

GROSS, J. **Pigments in Vegetables: Chlorophylls and Carotenoids**. Nova York (NY): VanNostrand Reinhold, 1991.

GUALBERTO, A. F.; FERRARI, G. M.; DE ABREU, K. M. P.; DE LIMA PRETO, B.; FERRARI, J. L. Características, propriedades e potencialidades da moringa (*Moringa oleifera* Lam.): Aspectos agroecológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 19-25, 2015.

GUJRAL, H. S.; SODHI, N. S. Back extrusion properties of wheat porridge (*Dalia*). **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 1, p. 53-56, 2002.

GULARTE, M. A.; DE LA HERA, E.; GÓMEZ, M.; ROSELL, C. M. Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 209-214, 2012.

GUPTA, M; BAWA, A. S.; SEMWAL, A. D. Effect of barley flour incorporation on the instrumental texture of sponge cake. **International Journal of Food Properties**, v. 12, n. 1, p. 243-251, 2009.

GUTKOSKI, L. C.; TEIXEIRA, D. M. F.; DURIGON, A.; GANZER, A. G.; BERTOLIN, T. E.; COLLA, L. M. Influência dos teores de aveia e de gordura nas características tecnológicas e funcionais de bolos. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 2, p. 254-261, 2009.

HAYASHI, H. D. W. B. *Moringa oleifera* (El Maná verde del Trópico). 2007. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/helviobh/home>>. Acesso em: 15 dez. 2020.

INDRANI, D.; RAO, G. V. Functions of ingredients in the baking of sweet goods. In: SUMMU, S. G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 31-47.

JAHANBAKHSI, R.; ANSARI, S. Physicochemical properties of sponge cake fortified by olive stone powder. **Journal of Food Quality**, v. 2020, p. 1-11, 2020.

KAÇAR, D.; ÖZAY, D. S. Olive oil shortenings as an alternative to commercial shortenings in cake production: physical and sensory properties. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 13, p. 2846–2852. 2019.

KANADASWAMI, C.; LEE, L. T.; LEE, P. P. H.; WANG, J. J.; KE, F. C.; HUANG, Y. T.; LEE, M. T. The Antitumor Activities of Flavonoids. **In vivo**, v. 19, p. 895-910, 2005.

KASOLO, J. N.; BIMENYA, G. S.; OJOK, L.; OCHIENG, J.; OGWAL-OKENG, J. W. Phytochemicals and uses of *Moringa oleifera* leaves in Ugandan rural communities. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, n. 9, p. 753-757, 2010.

KICHLINE, T. O.; CONN, J. F. Some fundamental aspects of leavening agents. **Baker's Digest**, v. 44, n. 4, p. 36–40, 1970.

KIDMOSE, U.; EDELENBOS, M.; NØRBÆK, R.; CHRISTENSEN, L. P. Colour stability in vegetables. In: _____. **Colour in food: Improving quality**. Boca Raton : CRC Press, 2002. p. 179-232.

KIM, J. H.; LEE, H. J.; LEE, H. S.; LIM, E. J.; IMM, J. Y.; SUH, H. J. Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*. **LWT - Food Science and Technology**, v. 47, n. 2, p. 478-484. 2012.

KOCER, D.; HICSASMAZ, Z.; BAYINDIRLI, A.; KATNAS, S. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with povidone as a sugar - and fat - replacer. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 953-964, 2007.

KOLAWOLE, F. L.; BALOGUN, M. A.; OPALEKE, D. O.; AMALI, H. E. An evaluation of nutritional and sensory qualities of wheat - *Moringa* cake. **Agrosearch**, v. 13, n. 1, p. 87-93, 2013.

LAI, H. M.; LIN, T. C. Bakery products. In: HUI, Y. H. (Ed.). **Handbook of food science, technology, and engineering**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 1-52.

LEBESI, D. M.; TZIA, C. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 5, p. 710-722, 2011.

LEE, K. Y.; YANG, H. J.; SONG, K. B. Application of a puffer fish skin gelatin film containing *Moringa oleifera* Lam. leaf extract to the packaging of Gouda cheese. **Journal Food Science and Technology**, v. 53, n. 11, p. 3876-3883, 2016.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of Biochemistry**. 5 ed. W. H. Freeman and Company, New York, 2008.

LEONE, A.; SPADA, A.; BATTEZZATI, A.; SCHIRALDI, A.; ARISTIL, J.; BERTOLI, S. Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: an overview. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 6, p. 12791-12835, 2015.

LORENZI, H.; MATOS, F.J. (2002). **Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 346-347p.

LU, T. M.; LEE, C. C.; MAU, J. L.; LIN, S. D. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 1090-1095, 2010.

MACDONNELL, L. R.; FEENEY, R. E.; HANSON, H. L.; CAMPBELL, A.; SUGIHARA, T. F. The functional properties of the egg white proteins. **Food Technology**, v. 9, p. 49-53, 1955.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Plant toxins and detoxification methods to improve feed quality of Tropical Seeds. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v. 12, n. 3, p. 467-480, 1999.

MATHUR, B. **Moringa book**. 2005. Disponível em: <www.treesforlife.org>. Acesso em: 22 abr. 2020.

MATOS, M. E.; SANZ, T.; ROSELL, C. M. Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 150-158, 2014.

MATSAKIDOU, A.; BLEKAS, G.; PARASKEVOPOULOU, A. Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 949–957. 2010.

MAURÍCIO, A. A. **Desenvolvimento de bolo de cenoura sem glúten com sacarose e diet e estudo do impacto do edulcorante no perfil sensorial e na aceitação do consumidor**. 2011. 123 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

MIZUKOSHI, M.; KAWADA, T.; MATSUI, N. Model studies of cake baking. I. Continuous observations of starch gelatinization and protein coagulation during baking. **Cereal Chemistry**, v. 56, n. 4, p. 305-309, 1979.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Food Science and Technology**, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

NASARUDDIN, F.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. Effect of processing on instrumental textural properties of traditional dodol using back extrusion. **International Journal of Food Properties**, v. 15, n. 3, p. 495-506, 2012.

NASCIMENTO, L. E. P. **Caracterização físico-química do pó de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e incorporação em massas alimentícias secas**. 2020. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020.

NGO, W. H.; TARANTO, M. V. Effect of sucrose level on the rheological properties of cake batters. **Cereal Foods World**, v. 31, n. 1, p. 317-322, 1986.

O'BRIEN, R. D. Fats and oils formulation. In: _____. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. p. 263-345.

OETTERER, M.; REGITANO-d'ACRE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri, SP: Manole, 2006.

OGBE, A. O.; AFFIKU, J. P. Proximate study, mineral and anti-nutrient composition of *Moringa oleifera* leaves harvested from Lafia, Nigeria: potential benefits in poultry nutrition and health. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 1, n. 3, p. 296-308, 2011.

OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. **Water Research**, v. 35, n. 2, p. 405-410, 2001.

OLIVEIRA, A. P. V.; FRASSON, K.; YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T. Medida instrumental de cor em sobremesas lácteas de chocolate: uma técnica de baixo custo e versátil utilizando câmara digital. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 191–196, 2003.

OLIVEIRA, I. C.; TEIXEIRA, E. M. B.; PEREIRA, L. A. Aceitabilidade de sorvetes elaborados com “leite” de soja e enriquecidos com pó de *Moringa oleifera* Lam. de diferentes sabores. In: ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, 2009, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Rede Petrogas/Rede Sergipe de Biodiesel, 2009.

OLOYEDE, O. B.; KOLAWOLE, F. T. Biochemical assessment of nutritional quality of corn based traditional snacks “Aadun and Masa” fortified with soybeans. **Nigerian Journal of Pure and Applied Science**, v. 19, p. 1602-1609, 2004.

ORTIZ, D. E. Cakes, pastries, muffins and bagels. In: CORKE, H.; WALKER, C. E.; WRIGLEY, C. (Orgs.). **Encyclopedia of grain science**. 2. ed. Amsterdam: Academic Press, 2004. p. 134-140.

OSAWA, C. C.; FONTES, L. C. B.; MIRANDA, E. H. W.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 92-99, 2009.

OYEYINKA, A. T.; OYEYINKA, S. A. *Moringa oleifera* as a food fortificant: recent trend and prospects. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, p. 127-136, 2018.

PÁRAMO-CALDERÓN, D. E.; APARICIO-SAGUILÁN, A.; AGUIRRE-CRUZ, A.; CARRILHO-AHUMADA, J.; HERNÁNDEZ-URIBE, J. P.; ACEVEDO-TELLO, S.; TORRUCO-UCO, J. G. Tortilla added with *Moringa oleifera* flour: physicochemical, texture properties and antioxidant capacity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 100, p. 409-415, 2019.

PATHAW, P. M. S.; MAHANTA, C. L.; BHATTACHARYA, S. Characteristics of gluten-free rice batter and baked cake made from the flour of heat-moisture-treated paddy of pigmented rice. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 3, e15206, 2021.

PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: IBDF, 1984.

PREMI, M.; SHARMA, H. K. Effect of drumstick leaves powder on the rheological, microstructural and physico-functional properties of sponge cake and bater. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, n. 11, p. 11–21, 2018.

PRICE, M. L. **The Moringa tree**. USA: Echo Technical Note, 2007.

PROKOPOV, T.; GORANOVA, Z.; BAEVA, M.; SLAVOV, A.; GALANAKIS, C. M. Effects of powder from white cabbage outer leaves on sponge cake quality. **International Agrophysics**, v. 29, n. 4, p. 493-500, 2015.

PYLER, E. J. Eggs and egg products. In: _____. **Baking science and technology**. Kansas City: Sosland Pub Co, 1988a. v.1, p. 540-541.

PYLER, E. J. Bakery shortenings. In: _____. **Baking science and technology**. Kansas City: Sosland Pub Co, 1988b, v.1, 474-477.

RADOVICH, T. (2011). Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Moringa (*Moringa oleifera*) In: Elevitch, C.R. (ed.). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR)** 11p.

RAMAN, J. K.; ALVES, C. M.; GNANSOUNOU, E. A review on moringa tree and vetiver grass - potential biorefinery feedstocks. **Bioresource Technology**, v. 249, p. 1044–1051, 2018.

RAMOS, L. M.; COSTA, R. S.; MÔRO, V. F.; SILVA, C. R. (2010). Morfologia de frutos e sementes e morfofunção de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam). **Comunicata Scientiae**, v.1, n.2, p. 156-160.

RANGEL, M. S. **Moringa oleifera: um purificador natural de água e complemento alimentar para o nordeste do Brasil. 2007.** Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/A10moringa.htm>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

RDA. **Recommended Dietary Allowances**. 10. ed. Washington D.C.: National Academy of Science, 1989.

RESENDE, G. C. **Formulação e avaliação de fermentos químicos para pré-mistura de bolo.** 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

RIBEIRO, B. D. **Estratégias de processamento verde de saponinas da biodiversidade brasileira.** 2012. 187 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

RIOS, R. V. **Efeitos da substituição de gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolo.** 2014. 131 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SAHI, S. S. Cake emulsions. In: SUMMU, S. G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 81-98.

SAHI, S. S.; ALAVA, J. M. Functionality of emulsifiers in sponge cake production. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, n. 14, p. 1419-1429, 2003.

SAHIN, S. Cake Batter Rheology. In: SUMMU, S. G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 99-120.

SANTOS, A. F. R.; PONTES, E. D. S.; ARAÚJO, M. G. G.; MELO, P. C. M. F.; VIERA, V. B.; JERÔNIMO, H. M. A. Elaboração e caracterização física e físico-química de um brownie

enriquecido com farinha da folha de Moringa (*Moringa oleifera*). **Research Society and Development**, v. 9, n. 7, e101973927, 2020.

SANTOS, A. R. F. (2010). **Desenvolvimento Inicial de *Moringa oleifera* Lam. Sob Condições de Estresse**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 87p. Brasil.

SANTOS, R. O.; RABELO, T. S.; SCRHANK, S. G. Uso de sementes de *Moringa oleifera* para o tratamento de efluentes têxteis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24. 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

SESHADRI, S.; JAIN, M.; DHABHAI, D.; SUBADRA, S. Retention and storage stability of beta-carotene in dehydrated drumstick leaves (*Moringa oleifera*). **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 6, p. 373-379, 1997.

SHELKE, K.; FAUBION, J. M.; HOSENEY, R. C. The dynamics of cake baking as studied by a combination of viscometry and electrical resistance oven heating. **Cereal Chemistry**, v. 67, n. 6, p. 575-580, 1990.

SILVA, J. M.; VIANA, N. R. **Projeto *Moringa oleifera*: plantio de árvores da saúde**. Belo Horizonte: Associação Internacional de Lions Clubes, 2009.

SILVA, R. B. **Substituição de farelo de soja por torta de crambe para ovinos em crescimento**. 2013. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SLADE, L.; KWEON, M.; LEVINE, H. Exploration of the functionality of sugars in cake-baking, and effects on cake quality. **Critical Reviews. In Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 2, p. 283-311, 2021.

SOARES, D. C. P.; PEREIRA, V. J. Potencialidades da *Moringa oleifera* na alimentação (humana e animal) e de suas propriedades coagulantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, II., 2010. Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2010.

SOUTO, J. S. **Moringa: perguntas e respostas**. Campina Grande: EDUFCEG, 2017.

SPINELLI, S.; PADALINO, L.; COSTA, C.; DEL NOBILE, M. A.; CONTE, A. Food by-products to fortified pasta: A new approach for optimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 985-991, 2019.

SRIVASTAVA, R. *et al.* Kinetic study of furan and furfural generation during baking of cake models. **Food Chemistry**, n. 267, p. 329–336, 2018.

SROKA, Z.; CISOWSKI, W. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids. **Food and Chemical Toxicology**, v. 41, n. 6, p. 753-758, 2003.

STAUFFER, C. E. Emulsifiers as antistaling agents. **Cereal Foods World**, v. 45, n. 3, p. 106-110, 2000.

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

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural** [online]. v. 35, n. 3, pp. 748-755, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103 84782005000300043>. Acesso em: 26 de agosto 2021.

TEIXEIRA, E. M. B. **Caracterização química e nutricional da folha de Moringa (Moringa oleifera Lam.)**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2012.

THE GAIA MOVEMENT. **Moringa – folhas nutritivas**. 2021. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/view/21041024/31-o-moringa-folhas-nutritivas-the-gaia-movement>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

TOPKAYA, C.; ISIK, F. Effects of pomegranate peel supplementation on chemical, physical, and nutritional properties of muffin cakes. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 6, e13868, 2019.

TURABI, E.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n. 2, p. 305-312. 2008.

UMAR, M. **Moringa of the tree of life: super green food for increasing everything from energy, weight loss, skin, muscle building, bone and joint health, detox & immunity boosting to age reversal**. eBook Kindle, 2015.

VASCONCELOS, M. C. **Moringa oleifera Lam.: Aspectos morfométricos, fisiológicos e cultivo em gradiente de espaçamento**. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, 2013.

VERGARA-JIMENEZ, M.; ALMATRAFI, M. M.; FERNANDEZ, M. L. Bioactive components in *Moringa oleifera* leaves protect against chronic disease. **Antioxidants (Basel)**, v. 6, n. 4, p. 91, 2017.

VIEIRA, H.; CHAVES, L. H. G; VIÉGAS, R. A. Crescimento inicial de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) sob omissão de nutrientes. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 51-56, 2008.

ZHAO, S.; ZHANG, D. Supercritical fluid extraction and characterization of *Moringa oleifera* leaves soil. **Separation and Purification Technology**, v. 118, p. 497-602, 2013.

ZHOU, W.; THERDTHAI, N. Heat and mass transfer during baking of sweet goods. In: SUMMU, S. G.; SAHIN, S. (Eds.). **Food engineering aspects of baking sweet goods**. Boca Raton: CRC Press, 2008. P. 173-188.