



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO-PRPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO**

MARIA MÁRCIA DANTAS DE SOUSA

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PÃO TIPO FORMA COM
FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**

**TERESINA – PI
2019**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO**

MARIA MÁRCIA DANTAS DE SOUSA

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PÃO TIPO FORMA COM
FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí - UFPI como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Minoru Hashimoto

Área de concentração: Alimentos e Nutrição: Qualidade de Alimentos

**TERESINA-PI
2019**

MARIA MÁRCIA DANTAS DE SOUSA

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PÃO TIPO FORMA COM
FARINHA DE COTILÉDONES DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí - UFPI, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em: 30/08/2019

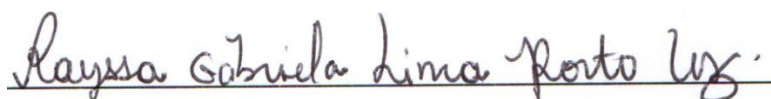
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Jorge Minoru Hashimoto Embrapa Meio-Norte/PPGAN-UFPI
Orientador/Presidente



Prof. Dr. Robson Alves da Silva - IFPI
1º examinador



Prof. Dra. Rayssa Gabriela Lima Porto Luz- IFMA
2º examinador

Prof. Dra Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão-PPGAN/UFPI
Suplente

S729d Sousa, Maria Márcia Dantas de.
Desenvolvimento e caracterização de pão tipo forma com farinha de cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) / Maria Márcia Dantas de Sousa. – 2019.
60 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Jorge Minoru Hashimoto.
Bibliografia

1. Produtos Panificados. 2. Feijão-caupi. 3. Pão – Valor Nutritivo. 4. Proteínas. I. Título.

CDD 641.815

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me capacitou e me conduziu com bondade a cada dia, me guiando sempre através de seus princípios que me levaram a conclusão desta etapa de formação acadêmica.

A minha família por ser meu alicerce, serem meu apoio e fonte de incentivo durante esses anos de curso. Sempre me motivaram a nunca desistir. A meu pai, Almir, minha mãe, Maria de Jesus e meu irmão, Moisés que sempre me ajudou nos trabalhos acadêmicos: **MUITO OBRIGADA!**

Agradeço ao Prof. Dr. Jorge Hashimoto pela orientação, correções do trabalho, paciência e direcionamento acadêmico. Também aos colaboradores da Embrapa Meio-Norte, do laboratório de bromatologia. Ao técnico Duarte, que sempre se mostrou prestativo colaborando para a realização das análises, e esclarecendo dúvidas. As estagiárias, Elaine e Camila pelo auxílio e ajuda no desenvolvimento das análises.

As minhas amigas e colegas de curso de mestrado da UFPI pela ajuda, onde dividimos momentos de agonias, frustrações e alegrias ao longo de dois anos. Agradeço também todos os meus professores do mestrado, que não se pouparam em transmitir seus conhecimentos, mostrando dedicação a arte de ensino, e motivando-me sempre a buscar a cada aula mais conhecimento.

RESUMO

SOUSA, M. M. D. Desenvolvimento de pão tipo forma com farinha de cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), 2019. 60f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

O Brasil é um dos países que mais produzem e consomem feijão no mundo, porém nos últimos anos o consumo per capita de feijão vem diminuindo em decorrência das mudanças dos hábitos alimentares, em contrapartida o consumo per capita de pães e produtos panificados tem expectativa de crescimento principalmente em virtude de tendências alimentares por produtos com farinhas especiais ou integrais. Objetivou-se desenvolver e caracterizar um pão tipo forma com a adição de farinha de cotilédones de feijão-caupi. Para o desenvolvimento da formulação dos pães foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos (quatro níveis de substituição 0, 15%, 25% e 35%), e três repetições. Os pães foram analisados para parâmetros físicos: volume específico, cor, peso, pH e acidez; parâmetros químicos: carboidratos, proteínas, lipídeos, umidade e cinzas; composição mineral e parâmetros sensoriais: intenção de compra e aceitação. Os resultados da análise sensorial e das análises físicas e químicas foram submetidos à análise de variância sendo as médias comparadas pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade. A farinha de feijão-caupi (FCFC) apresentou elevados teores de proteína e cinzas. As formulações de pães não diferiram entre si estatisticamente mas a formulação padrão de 35% de FCFC diferiu no padrão para parâmetros de proteínas e minerais. Para as análises tecnológicas de volume específico e peso o pão com 15% de FCFC foi igual estatisticamente ao padrão, sendo o pão com 25% e 35% diferentes estatisticamente do padrão. Estatisticamente todas as formulações de pães foram significativamente diferentes para os parâmetros L^* , a^* e b^* . O pão com menor faixa de luminosidade e cromaticidade foi o pão com 35% de FCFC. Houve diferença estatística ($p>0,05$) no pão de 35% de FCFC para fósforo, potássio, zinco, manganês em relação ao pão de trigo. A análise sensorial dos pães revelou que formulação com nível de substituição de 15% de FCFC obteve média na aceitação global, na escala hedônica de nove pontos, com nota 6 referente a “gostei ligeiramente”. Pelo percentual de aceitação o pão com 15% de FCFC obteve um total de 78,32% da preferência dos assessores.

Palavras-chave: panificado, nutritivo, proteínas, volume específico.

ABSTRACT

SOUSA, M. M. D. Development of loaf-shaped bread with of cowpea cotyledon flour (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). 2019. 60 f. Dissertation (Master) - Postgraduate Program in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina-PI.

Brazil is one of the countries that produce and consume the most beans in the world, but in recent years the per capita consumption of beans has been decreasing due to changes in eating habits, while the per capita consumption of bread and bread products is expected to grow. mainly due to dietary trends for products with special or wholemeal flours. The objective of this work was to develop and characterize a loaf bread with the addition of cowpea cotyledon flour. To develop the bread formulation, a completely randomized design (DIC) with four treatments (four substitution levels 0, 15%, 25% and 35%), and three repetitions was used. The breads were analyzed for physical parameters: specific volume, color, weight, pH and acidity; chemical parameters: carbohydrates, proteins, lipids, moisture and ashes; mineral composition and sensory parameters: purchase intention and acceptance. The results of the sensory analysis and the physical and chemical analyzes were submitted to the analysis of variance and the means compared by Tukey test at 5% probability. Cowpea flour (FCFC) showed high protein and ash content. Bread formulations did not differ statistically but the standard FCFC formulation of 35% differed in the standard for protein and mineral parameters. For the technological analyzes of specific volume and weight the 15% FCFC bread was statistically equal to the standard, with 25% and 35% bread statistically different from the standard. Statistically all bread formulations were significantly different for parameters L *, a * and b *. The bread with the lowest brightness and chromaticity bread was the bread with 35% FCFC. There was a statistical difference ($p > 0.05$) in the 35% FCFC bread for phosphorus, potassium, zinc, manganese in relation to wheat bread. Sensory analysis of the breads revealed that formulation with a FCFC substitution level of 15% obtained a global acceptance average, on the nine-point hedonic scale, with a score of 6 for "slightly liked". For the acceptance percentage, the 15% FCFC bread obtained a total of 78.32% of the preference of the advisors.

Keywords: bread, nutritious, protein, specific volume.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Imagem ilustrativa da cultivar BRS-Tumucumaque..... | 16 |
| Figura 2. Fluxograma de elaboração de pão de forma com farinha de trigo..... | 22 |
| Figura 3. Etapas de mistura dos ingredientes, descanso da massa, fermentação e assamento, respectivamente..... | 23 |
| Figura 4. Representação da cor. A: representação da cor sólida no espaço $L^* a^* b^*$ diagrama de cromaticidade..... | 30 |
| Figura 5. Ilustração dos pães com 0, 15%, 25% e 35% de substituição pela FCFC..... | 39 |
| Figura 6. Resultado do percentual de preferência para os pães com 15%, 25% e 35% de substituição por FCFC..... | 45 |
| Figura 7. Resultado do percentual total de preferência para os pães com 15%, 25% e 35% de substituição por FCFC..... | 46 |
| Figura 8. Resultado do percentual de intenção de compra para os pães com 15%, 25% e 35% de substituição por FCFC..... | 46 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Composição da formulação do pão tipo forma com farinha de cotilédones feijão-caupi e as proporções de substituição..... | 23 |
| Tabela 2. Valores médios±desvio padrão da composição centesimal da farinha <i>in natura</i> cotilédones de feijão-caupi cultivar BRS Tumucumaque..... | 33 |
| Tabela 3. Valores médios das análises físicas da farinha <i>in natura</i> e dos pães de forma desenvolvido com farinha de cotilédones de feijão-caupi..... | 35 |
| Tabela 4. Valores médios das análises químicas dos pães de forma desenvolvido com farinha de cotilédones de feijão-caupi..... | 37 |
| Tabela 5. Valores médios* das análises tecnológicas dos pães de forma desenvolvido com farinha de cotilédones de feijão-caupi. | |
| Tabela 6. Valores de L*, a* e b* de cores analisadas na farinha de FCFC, na crosta e no miolo dos pães desenvolvidos..... | 40 |
| Tabela 7. Valores médios* das análises de minerais dos pães de forma desenvolvido com farinha de cotilédones de feijão-caupi..... | 43 |
| Tabela 8. Parâmetros microbiológicos das formulações de elaborados com a FCFC..... | 45 |
| Tabela 9. Notas atribuídas aos atributos sensoriais dos pães elaborados por assessores não-treinados..... | 46 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 2.1 A importância dos ingredientes na elaboração do pão | 14 |
| 2.2 Características do feijão-caupi | 16 |
| 2.3 Biofortificação do feijão-caupi | 17 |
| 2.4 Uso do feijão-caupi como ingrediente funcional | 18 |
| 3. OBJETIVOS | 20 |
| 3.1 Geral | 20 |
| 3.2 Objetivos específicos | 20 |
| 4.0 MATERIAL E MÉTODOS | 21 |
| 4.1 Material | 21 |
| 4.2 Métodos | 21 |
| 4.2.1 Processo de fabricação do pão | 21 |
| 4.3 Análise físico-química da farinha e dos pães elaborados | 24 |
| 4.3.1 Umidade | 24 |
| 4.3.2 Cinzas | 24 |
| 4.3.3 Proteínas | 25 |
| 4.3.4 Lipídios | 25 |
| 4.3.5 Carboidratos | 26 |
| 4.3.6 Determinação de pH | 26 |
| 4.3.7 Acidez total titulável | 26 |
| 4.3.8 Conteúdo de minerais | 26 |
| 4.4 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO PÃO ELABORADO | 27 |
| 4.4.1 Volume específico | 28 |
| 4.4.2 Determinação da cor | 28 |
| 4.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS | 29 |
| 4.5.1 Número mais provável de coliformes a 45°C | 29 |
| 4.5.2 Pesquisa de <i>Salmonella spp</i> | 29 |
| 4.6 ANÁLISE SENSORIAL | 30 |
| 4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA | 30 |
| 4.8 ASPECTOS ÉTICOS | 30 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 5.1 Resultados físico-químicos da farinha de cotilédones de feijão-caupi e dos pães desenvolvidos..... | 31 |
| 5.2 Análises físicas dos pães..... | 35 |
| 5.3 Análise de cor..... | 37 |
| 5.4 Análise dos teores de minerais..... | 41 |
| 5.5 Análises microbiológicas..... | 43 |
| 5.6 Análise sensorial..... | 43 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 44 |
| REFERÊNCIAS..... | 48 |
| ANEXO A..... | 53 |
| ANEXO B..... | 55 |
| APÊNDICE..... | 58 |

1. INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se entre os principais produtores de feijão do mundo junto com a Índia, China e México, sendo esses países também os principais consumidores. O levantamento sistemático da produção agrícola de feijão em 2017 apontou um total de 3.368.982 toneladas, crescimento de 31% em relação a 2016. Em porcentagem de produção o feijão carioca é o mais produzido no País, com 63% do total, o feijão preto tem 18% da produção e o feijão caupi tem 19% (IBGE, 2017).

Entretanto o consumo interno per capita de feijão vem reduzindo, como resultado das mudanças nos hábitos alimentares, onde a busca alimentar prioriza produtos de preparo rápido. Na década de 60, o consumo era em média de 26 kg/hab/ano, em meados da década de 90 caiu para 19 kg/hab/ano e, atualmente para os 15 kg/hab/ano (DEPEC, 2017). Em contraste, o consumo per capita do brasileiro para pão é de 32,61 kg/ano. A demanda pelo consumo de pães é crescente, alguns estudos indicam que 78% da população nacional consomem pão, ressaltando como tendência a busca por produtos panificados especiais como: orgânicos, naturais, diet, light ou fabricado com misturas de farinhas especiais. Dos pães consumidos no Brasil, 86% são artesanais, correspondendo 52% ao pão francês. Os produtos panificados mais consumidos no País são: pão doce comum (100%); hambúrguer (77,8%); pão de queijo (71,1%); pão de leite (60,1%); hot-dog (43,8%); bisnaga (39,8%), pão de forma (31,9%), pão sovado (30,7%) entre outros (DEPEC, 2017)..

Atualmente o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em forma de farinha é utilizado como matéria-prima para a produção de acarajé, tendo a massa características viscosa, macia e elástica atributos semelhantes aos que o trigo confere a massa de pão, porém o trigo possui a proteína do glúten responsável por essa elasticidade, visto que na etapa de fermentação ocorre a formação das cadeias de glúten e essas retêm as bolhas de gás formadas expandido à massa (PLAHAR et al., 2006). No preparo do acarajé a expansão da massa ocorre quando a ela é batida para incorporar ar à massa e essa se expande e com o processo de fritura o acarajé ganha maciez e crocância.

Quando a farinha de trigo é misturada à água e homogeneizada mecanicamente, no processo de fabricação de pães, ocorre a hidratação das proteínas gliadina e glutenina da farinha de trigo e essas formam um complexo proteico pela associação através de pontes de hidrogênio, ligação de Van der Waals e pontes dissulfeto, formando o glúten que confere à massa propriedades viscoelásticas únicas e a habilidade de reter gases (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Visando a substituição total ou parcial do trigo pesquisas vem sendo realizadas com objetivo de elaboração de pães isentos de trigo, ou enriquecimento desses produtos com farinhas alternativas ou como tentativas da redução do consumo do trigo e conseqüentemente a redução do volume de importação desse cereal. Uma alternativa seria o desenvolvimento de pães de farinhas de outros cereais, raízes ou tubérculos com características semelhantes à farinha de trigo.

Da farinha de feijão-caupi, muitos autores já relataram a composição nutricional de em seus estudos, sendo essas elaboradas de farinhas integrais ou descorticadas, destacando que teor de proteínas varia de 14,5 a 24,7%, lipídios de 1,3 a 2,2% e de carboidratos de 51,4 a 80,5%. Iqbal et al. (2006) relataram que o feijão-caupi, entre as leguminosas, foi a que apresentou grandes concentrações de minerais como o potássio (1280 mg/100 g), fósforo (303 mg/100 g), cálcio (176mg/100g), manganês (1,7mg/100g), magnésio (4,8mg/100g), ferro (2,6 mg/100 g) e zinco (5,1 mg/100 g). A farinha de feijão-caupi pode aumentar a quantidade de proteínas melhorando a qualidade protéica de pães, enquanto que as leguminosas apresentam de aminoácidos sulfurados, os cereais apresentam deficiência em lisina (IQBAL; KHALIL; SHAH, 2003)

Visto que o acarajé que é produzido com farinha de feijão-caupi tem atributos sensoriais e estruturais semelhantes ao pão elaborado com farinha de trigo, e a utilização da farinha de feijão-caupi resulta em uma melhor qualidade proteica em pães, este trabalho tem por objetivo desenvolver um pão tipo de forma adicionando farinha de cotilédones de feijão-caupi em substituição parcial a farinha de trigo, proporcionando um produto de boa qualidade nutricional, tecnológica, dentro dos padrões microbiológicos aceitáveis para a categoria do produto e a sua aceitação sensorial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância dos ingredientes para a elaboração do pão

Os pães são elaborados basicamente por farinha de trigo, água, levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) e sal (cloreto de sódio), podendo ser adicionado de outros ingredientes para melhorar as características da massa, durante o processamento e até a obtenção do produto final (SOUSA, 2012).

Como ingrediente principal a farinha de trigo é o construtor da estrutura primária dos pães sendo obtida através da moagem de grãos de trigo, único cereal que possui proteínas formadoras de glúten. As características tecnológicas dos pães dependem muito da formação de uma estrutura do glúten, não apenas para reter o gás formado durante a fermentação, mas também para contribuir diretamente com a formação de uma estrutura celular do miolo que após o cozimento, conferem textura e qualidades sensoriais palatáveis (CAUVAIN, 2009).

A amido, hidrato de carbono, corresponde a aproximadamente 65% da composição da farinha de trigo, esse apresenta-se em forma de grânulos. Já as proteínas correspondem a aproximadamente a 12% da farinha, dividindo-se em proteínas solúveis, as albuminas e globulinas, e às proteínas insolúveis, que são as gliadinas e gluteninas. Estas últimas conferem propriedades de panificação à farinha, as gliadinas são proteínas de cadeia simples, extremamente pegajosas, com ligações dissulfeto intramoleculares, responsáveis pela extensibilidade da massa. As gluteninas, por sua vez, apresentam cadeias ramificadas, com ligações dissulfeto intramoleculares e intermoleculares, sendo responsáveis pela elasticidade da massa (STAUFFER, 1998).

De acordo com Nunes (2006) o glúten é formado quando a farinha de trigo, misturada com a água e os demais ingredientes, sofre a ação de trabalho mecânico. À medida que a água começa a interagir com as proteínas insolúveis da farinha de trigo a rede de glúten começa a formar-se, o amido é gelatinizado amido, conferindo consistência a massa, a água também controla a temperatura, dissolve ingredientes sólidos, distribuindo-os de forma uniforme em toda a massa e torna possível a atividade enzimática e ação de leveduras (CAUVAIN, 2009).

A dosagem de água nas formulações deve variar de 55 a 65% em média, dependendo do grau de absorção de água da farinha de trigo. A adição em excesso pode fornecer massa mole e pegajosa, resultando em pães de qualidade inferior. O gasto energético também poderá ser maior na etapa de cozimento, pois a quantidade de água a ser evaporada da massa é maior. Por outro lado, a escassez de água fornece massas mal desenvolvidas, de difícil fermentação e os pães envelhecem mais rápido e terão menor volume (MORETTO e FETT, 1999).

As gorduras têm função de dar palatabilidade a massa, tem um uso limitado sendo usado em torno de 1-5% da massa, além de contribuir para a liberação de um perfil aromático característico (STAUFFER, 1998).

Tecnologicamente as gorduras diminuem as cadeias do glúten, o lubrificando para que fiquem menos coesos e sem espaços para expansão, o que fornece maciez e umidade à massa, além de prolongar a vida útil do pão (CAUVAIN, 2009). Também contribuem nas características sensoriais dos produtos como no sabor, cor, textura e auxilia como aerador, permitindo a incorporação de ar nas massas. Auxilia no manuseio, deixando-as menos pegajosas, o que facilita a utilização de equipamentos, como por exemplo, as misturadoras. Possibilita melhor retenção do gás carbônico produzido durante a fermentação devido à lubrificação da cadeia de glúten. Durante o cozimento forma uma película protetora da umidade, sendo o único ingrediente que, ao final do processo de produção, está presente integralmente (GUERREIRO, 2006).

As gorduras saturadas são as ideais para a panificação, com comprimento de cadeia variando entre 16 e 18, com ponto de fusão entre 55 a 60°C. As gorduras que possuem 100% de saturação devem estar bem dispersas na massa (MORETTO e FETT, 1999). De acordo com Cauvain (2009), o excesso de gordura em pães pode dificultar a ação do fermento.

O fermento utilizado na panificação é a *Saccharomyces cerevisiae*, a ação da levedura ocorre metabolizando açúcares (glicose, sacarose, maltose e frutose), em condições de anaerobiose com a produção de gás carbônico (CO₂), colaborando para o aumento do volume das massas e conseqüentemente do produto final. O fermento adicionado a massa tem função de agente de crescimento, como também confere a massa substâncias aromáticas, dando sabor e aroma aos pães (CAUVAIN, 2009).

O sal é um ingrediente importante, confere sabor ao produto, também age como regulador da fermentação, atua sobre a formação do glúten, na gliadina, pois controla a solubilidade desta proteína, conferindo elasticidade na massa. Numa massa sem sal as proteínas esticariam até arrebentar, com a quantidade certa de sal as fibras esticam mas não arrebentam. O sal tem ação antimicrobiana pois se adicionado diretamente no fermento mata as leveduras (BRANDÃO; LIRA, 2011).

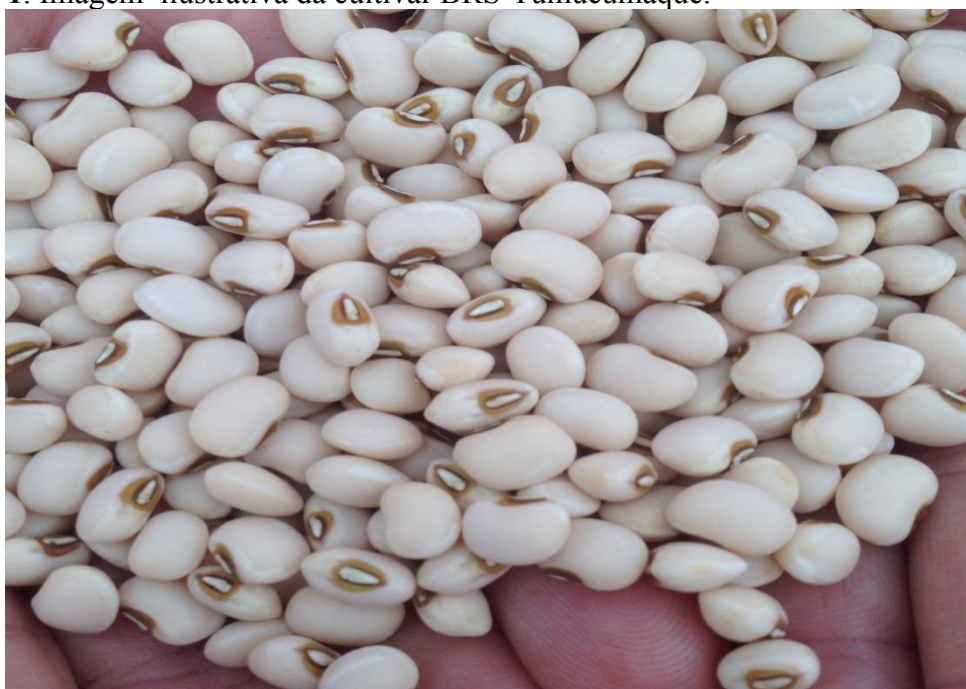
Assim com sal, os açúcares também conferem sabor a massa, é utilizado como substrato para o processo de fermentação e para reações com os aminoácidos para que ocorram reações de Maillard e caramelização, que vão conferir coloração característica aos produtos (CAUVAIN, 2009), ajuda na retenção da umidade tornando o produto mais macio,

quando usado em excesso resulta em um pão esfarelado. Pode ser utilizado em concentrações que variem de 2 a 10% (CANELLA-RAWS, 2012).

2.2 Características do feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma espécie tropical (pertencente à família *fabaceae*, tribo *phaseoleae*) que tem um amplo cultivo em todas as regiões do país, tendo sua produção concentrada nas áreas semiáridas da região nordeste e em algumas áreas da região norte. O feijão-caupi possui um grande potencial funcional e nutricional, é fonte de proteína, aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais, dentre outros nutrientes (FROTA et al. 2006).

Figura 1. Imagem ilustrativa da cultivar BRS-Tumucumaque.



FONTE: EMBRAPA, 2009.

O feijão-caupi é um dos integrantes da base alimentar da população de baixa renda da Região Nordeste por causa do seu valor nutritivo, sendo utilizado para a produção de grãos secos ou verdes, na forma de conserva ou desidratados (ATHAYDE SOBRINHO, 2004). Possui baixo custo de produção sendo considerada uma fonte geradora de emprego e renda, é cultivado pelos pequenos e médios produtores, tem-se tornado um dos principais integrantes da dieta alimentar na zona rural (EMBRAPA MEIO NORTE, 2003).

O feijão-caupi é foco de interesse da pesquisa brasileira desde a década de 60. Estima-se que tenha sido introduzido no país no século XVI no estado da Bahia, pelos espanhóis e

portugueses. Com o passar do tempo expandiu-se por todo o território brasileiro, sendo conhecido na Região Nordeste por feijão macassar, feijão-de-corda, já na Região Norte por feijão-da-colônia, feijão da estrada, feijão-da-praia, e na Região Sul, feijão-miúdo; e o feijão-fradinho como é conhecido nos estados de Sergipe, Bahia e Rio de Janeiro (FREIRE FILHO, 2011).

O feijão-caupi, além de ser uma importante fonte de proteínas, contém as globulinas que correspondem a 65% a 80% e albuminas 4% a 12%, possui carboidratos, vitaminas, minerais e os aminoácidos essenciais, como a lisina, também é fonte de fibras alimentares, e possui baixo teor de gordura. Sua composição química varia conforme o solo, condições climáticas da região e a cultivar (FROTA et al., 2006). A fibra alimentar representa cerca de 40% do total de carboidratos, ocorrendo redução no grão maduro para 29%, e que 91% da fibra alimentar total no feijão-caupi maduro é constituído por fibras insolúveis (SALGADO et al., 2005).

2.3 Biofortificação do feijão-caupi

O projeto de biofortificação é uma ferramenta no combate a deficiência nutricional de micronutrientes, consistindo no melhoramento de plantas da mesma espécie, as quais são cruzadas e selecionadas as cultivares com maiores teores de micronutrientes. A biofortificação do feijão-caupi avalia genótipos do programa de melhoramento e do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Meio-Norte, selecionando genitores ricos em ferro e zinco, seleção de cultivares biofortificadas, multiplicação de sementes e difusão junto aos agricultores (EMBRAPA, 2010).

Em 2007 realizaram-se as primeiras avaliações para ferro e zinco em 42 genótipos elite do programa de melhoramento de feijão-caupi. Onde houve destaque para as linhagens TE96-290-12G (77 mg kg⁻¹ de ferro e 53 mg kg⁻¹ de zinco) posteriormente lançada como cultivar BRS Xiquexique e MNC99-537F-4 (60,57 mg kg⁻¹ de ferro e 51,63 mg kg⁻¹ de zinco), cultivar BRS Tumucumaque, devido à alta produtividade e adaptação às regiões de cultivo (SILVA et al., 2011).

A cultivar BRS Tumucumaque tem crescimento indeterminado, porte semiereto com ramos consistentes o que lhe confere um bom nível de resistência ao acamamento, característica importante que facilita a colheita manual ou mecanizada, nesse caso com o uso de dessecante, possui vagem roxa e grão branco, com anel do hilo marrom, sem halo e tegumento liso, levemente reniforme, de tamanho médio. O grão tem grande aceitação comercial na região Norte, se destacando mais na região Nordeste. O grão também tem

características em padrão de exportação, nutricionalmente possui bom teor de proteína, é rico em ferro e zinco, tem cozimento rápido e um excelente aspecto visual após o cozimento (EMBRAPA, 2009).

A cultivar BRS Tumucumaque possui 23,5% de proteína, 60,57 mgKg⁻¹ de ferro e 51,63mgkg⁻¹ de zinco com tempo médio de cozimento de 13 minutos e 23 segundos (EMBRAPA, 2009; FREIRE-FILHO et al., 2009). Além de sua elevada concentração proteica e conteúdo mineral considerável, como ferro e zinco, o feijão também possui fibras alimentares, além de compostos fenólicos (com atividade antioxidante) e, dentre estes compostos, destacam-se os taninos. Agregando propriedades funcionais significativas a estes grãos.

2.4 Uso do feijão como ingrediente funcional

Estudos realizados com diferentes cultivares de feijão-caupi vem comprovando o seu uso funcional devido a sua ação na diminuição dos riscos de doenças cardiovasculares e renais, redução no índice glicêmico para portadores de diabetes, aumento na saciedade e na prevenção do câncer (LIAO, 2010).

Pereira (2008) apontou o feijão-caupi como fornecedor de fibras alimentares do tipo solúvel, que ajudam a baixar os níveis de colesterol. Essa leguminosa também é rica em lisina e outros aminoácidos essenciais, mas, pobre nos aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína. É uma excelente fonte de tiamina e niacina, vitaminas, e contém razoáveis quantidades de outras vitaminas hidrossolúveis, como riboflavina, piridoxina e folacina (SILVA et al., 2002).

Frota; Soares e Arêas (2008) estudando a cultivar BRS Milênio indicaram que o feijão-caupi possui alto teor de energia, proteínas, fibras e mineral baixa atividade inibitória de tripsina e, apesar do reduzido conteúdo lipídico, contém elevada proporção de ácidos graxos insaturados.

Frota (2007) analisou o efeito da proteína isolada do feijão-caupi no metabolismo lipídico de hamsters hipercolesterolemizados e obteve diminuição do colesterol total com uso na dieta com farinha de feijão-caupi em 49% e o isolado proteico provocou reduções significativas de 20%.

O consumo de feijão-caupi pode ocorrer na forma integral cozida, pré-cozida ou com a elaboração de farinha integral ou farinha dos cotilédones de feijão-caupi utilizando-a como enriquecimento em diversos tipos de produtos de panificação como massas, bolos, pães, biscoitos e barras de cereais. Sendo a farinha de feijão-caupi utilizada como enriquecimento nutricional e fortificação de produtos de panificação (FROTA et al., 2010; MOREIRA-ARAÚJO et al., 2009).

Landim et al. (2013) utilizou biscoito enriquecido com feijão-caupi biofortificado em pré-escolares para controle da anemia ferropriva, realizando uma intervenção nutricional, sendo oferecido um pacote de biscoito de 30g, três vezes por semana, por um período de 60 dias, após este período foi realizado a segunda coleta sanguínea para determinação do efeito do biscoito sobre o incremento da hemoglobina ou controle da anemia ferropriva. Antes da intervenção a prevalência de anemia ferropriva era 11% (n=30), após a intervenção ocorreu à redução na prevalência de anemia em 11 pré-escolares, representado 4,2%, sendo que 02 pré-escolares (1,4%) eram do grupo 02(que recebeu o biscoito enriquecido de farinha de feijão-caupi biofortificado em ferro, zinco e proteína da cultivar BRS Xiquexique e farinha de trigo) e 09 (7,8%) do grupo 01(que recebeu o biscoito a base de farinha de trigo (BFT) enriquecida com ferro e ácido fólico).

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Desenvolver e caracterizar pão tipo forma com adição de com farinha de cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

3.2 Específicos

- ✓ Desenvolver pães tipo forma com adição de diferentes proporções de farinha de feijão-caupi.
- ✓ Determinar a composição física e química nas matérias-primas e nos produtos panificados.
- ✓ Analisar os parâmetros tecnológicos dos pães formulados.
- ✓ Avaliar os pães quanto aos parâmetros microbiológicos, sensoriais de aceitação global e intenção de compra.

4.0 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Para a elaboração da farinha de feijão-caupi foi selecionada cultivar BRS Tumucumaque, os grãos foram submetidos à descorticação mecânica em equipamento de processo contínuo (Suzuki MB-1) para a retirada do tegumento. Os cotilédones foram transformados em farinha pela trituração em moinho de facas (Renard MFC-180-75-01) com uma tela de abertura de 3 mm de diâmetro acoplado na saída, permitindo passagem de fragmentos de diâmetro inferior à abertura mencionada, seguido da passagem no moinho de rolos (Brabender Quadrumat Sênior). Os demais ingredientes foram comprados no mercado varejista da cidade de Teresina-PI, e os pães de forma foram processados em uma panificadora elétrica (Britânia, modelo Mutipane).

O estudo foi conduzido pelo período de novembro de 2018 a julho de 2019 nos laboratórios de pós-colheita e

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Processo de fabricação do pão

As formulações dos pães de forma foram realizadas com a substituição parcial da farinha trigo pela Farinha de Cotilédones de Feijão-Caupi (FCFC) e definidas por um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), composto por quatro tratamentos: 0% (padrão); 15%; 25% e 35% (Tabela 1). As formulações foram elaboradas conforme metodologia descrita por Canella-Raws (2003). Os ingredientes utilizados constam na Tabela 01.

Tabela 1. Composição da formulação do pão tipo forma com farinha de cotilédones feijão-caupi e as proporções de substituição.

| Ingredientes (%)* | Formulação de pães de forma | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------|----------|----------|
| | 0% FCFC | 15% FCFC | 25% FCFC | 35% FCFC |
| Farinha de Trigo | 100% | 85% | 75% | 65% |
| FCFC | 0 | 15% | 25% | 35% |
| Água | 55% | 45% | 45% | 45% |
| Açúcar | 6% | 6% | 6% | 6% |
| Leite em pó | 3% | 3% | 3% | 3% |
| Gordura hidrogenada | 3% | 3% | 3% | 3% |
| Sal | 2% | 2% | 2% | 2% |

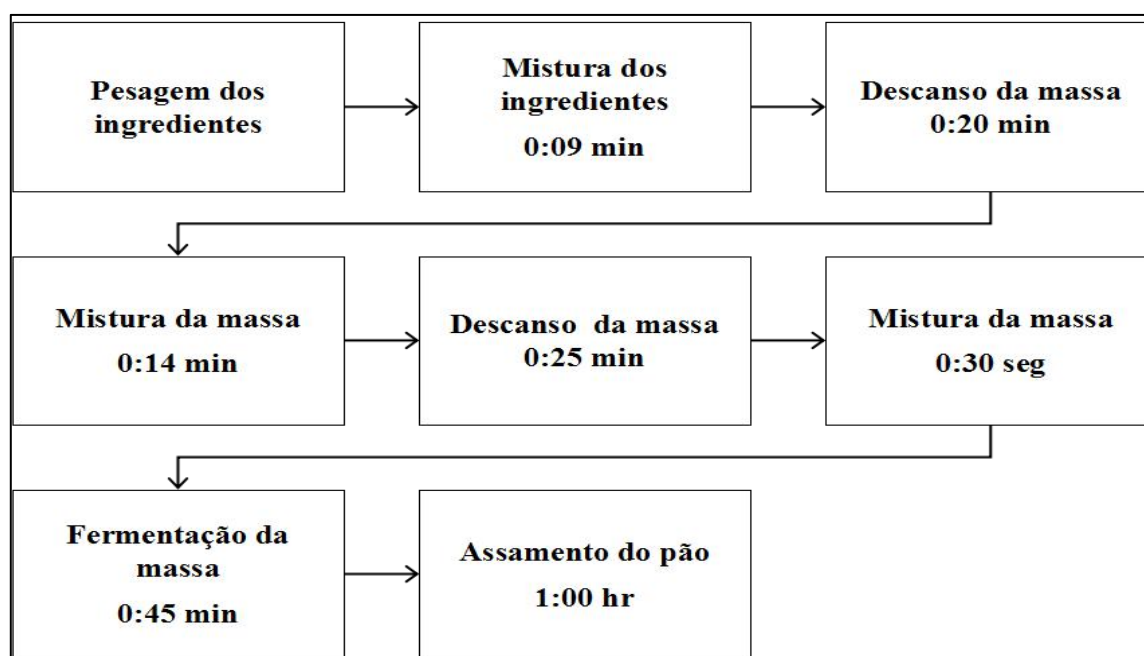
| | | | | |
|---------------------------|----|----|----|----|
| Fermento seco instantâneo | 3% | 3% | 3% | 3% |
|---------------------------|----|----|----|----|

LEGENDA: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi. *Os percentuais dos ingredientes foram calculados com base na farinha de trigo. FONTE: Canella-Raws,2003.

Para o preparo da massa, todas as formulações foram submetidas ao mesmo tempo e condições de processo, controlados com o uso da panificadora elétrica de ciclos programáveis.

O Fluxograma abaixo apresenta o Ciclo 01, o processo ocorre de forma contínua, tendo o tempo total de mistura de ingredientes até assamento do pão de 2h53min, conforme demonstrado no fluxograma (Figura 1) abaixo:

Figura 2. Fluxograma de elaboração de pão de forma com farinha de trigo.



Todos os ingredientes foram pesados e inicialmente foi colocado a água, depois a gordura, sal, leite, açúcar, farinha de trigo e FCFC e, por último fez-se um buraco na massa e colocou-se o fermento, conforme orienta o manual do fabricante. Iniciou-se o ciclo 01 para o preparo do pão.

A máquina mistura todos os ingredientes por nove minutos de forma contínua ao final desse tempo a massa tem textura grumosa, quebradiça e pesada. Após essa etapa ela descansa por cerca de vinte minutos, finalizando o descanso a massa volta a ser batida por quatorze minutos, no final desta etapa a massa possui textura lisa, macia e elástica. Posteriormente ocorre a etapa de fermentação da massa e assamento. Na Figura 2 ilustra as etapas de mistura, descanso e assamento da massa.

Figura 3. Etapas de mistura dos ingredientes, descanso da massa, fermentação e assamento, respectivamente.



FONTE: Dados da pesquisa, 2019.

4.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA E DOS PÃES ELABORADOS

Na farinha de feijão-caupi *in natura* utilizada como matéria-prima e dos pães elaborado, foram realizadas as seguintes análises: umidade, acidez titulável, pH, cinzas, carboidratos. Análises tecnológicas: volume específico, peso e cor instrumental. Foram quantificados os seguintes minerais: magnésio, zinco, ferro, cobre, manganês, potássio, cálcio e fósforo. Os procedimentos estão descritos a seguir.

4.3.1 Umidade

O teor de umidade foi determinado de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2005). Foram pesados 5 g de amostra em triplicata em cápsulas de porcelana, previamente taradas, e levadas à estufa de secagem a 105°C durante 24 horas. Posteriormente as amostras foram resfriadas em dessecador por 30 minutos, até atingir a temperatura ambiente, seguindo para a pesagem. Foi utilizada a equação (1) para quantificar o teor de umidade:

Equação (1)

$$\text{Umidade} = \frac{100 \times N}{P}$$

Onde:

N = número de gramas da amostra seca

P = número de gramas da amostra úmida

4.3.2 Cinzas

O resíduo mineral fixo foi determinado conforme a metodologia da AOAC (2005). Pesou-se 3 gramas de cada amostra em triplicata em cadinhos previamente tarados. As amostras foram carbonizadas em forno mufla a 250°C por 4 horas e posteriormente incineradas por 12 horas a 550°C. Em seguida os cadinhos foram colocados em dessecador por 30 minutos para esfriar e posterior pesagem pesados. O teor de cinzas será obtido conforme equação (2):

Equação (2)

$$\text{Teor de cinzas} = \frac{100 \times N}{P}$$

Onde:

N = número de gramas de cinzas

P = número de gramas da amostra úmida

4.3.3 Proteínas

Para a determinação de proteínas utilizado o método de Kjeldahl, que se baseia na destruição da matéria orgânica seguida de destilação, sendo o nitrogênio dosado por volumetria, utilizando o fator de 6,25 para conversão do teor de nitrogênio total em proteína (AOAC, 2005).

A digestão foi feita em 2 gramas de amostra, em triplicata, colocada em tubo digestor juntamente com 5 mL de ácido sulfúrico concentrando e mistura catalítica à temperatura de 350°C durante 4 horas. Em seguida, as amostras foram destiladas e tituladas para determinação de nitrogênio e posterior cálculo do conteúdo de proteínas, pela equação (3):

Equação (3)

$$\text{Teor de proteína} = \frac{V \times 0,14 \times f}{P}$$

Onde:

V = volume de ácido sulfúrico utilizado menos volume de hidróxido de sódio utilizado na titulação

f = fator de conversão = 6,25

p = peso da amostra

4.3.4 Lipídeos

O teor de lipídeos totais foi determinado em triplicata, onde foram pesados 3g da amostra, seguida de encapsulação em papel filtro, posteriormente colocados em cartuchos de celulose sendo esses acoplados ao sistema extrator. Foi adicionado aos cartuchos 200 mL de éter de petróleo para percolar várias vezes através das amostras durante o processo de extração no conjunto de Soxhlet. A chapa de aquecimento e o banho-maria do conjunto foram ligados e deixados em refluxo por 6 horas. Após esse período os balões foram retirados e o éter de petróleo evaporado em estufa de circulação de ar a 105°C por 1 hora. No término do processo de volatilização, os balões foram retirados e esfriados em dessecador para posterior pesagem (AOAC 2005). O teor de lipídeos foi calculado pela seguinte equação (4):

Equação (4)

$$\text{Teor de lipídeos} = \frac{100 \times N}{P}$$

Onde:

N = número de gramas de lipídeos

P = número de gramas da amostra

4.3.5 Carboidratos

O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença dos demais constituintes analisados [100 - cinzas (%) - proteínas (g) - lipídios (g)-umidade (%) = carboidratos (g)], de forma que o total some 100% (AOAC, 2005).

4.3.6 Determinação de pH

O valor do pH foi determinado através de potenciômetro digital, em triplicata. Onde pesou-se 10g da amostra em um béquer de 250 mL, adicionando-se 100 mL de água destilada. Em seguida, a suspensão foi mantida sob agitação com o auxílio de uma barra magnética e respectivo agitador, durante 30 minutos, sendo em seguida mantida em repouso por 10 minutos. O líquido sobrenadante decantado foi transferido para um béquer para determinação do valor do pH (AOAC, 2005).

4.3.7 Acidez total titulável

A acidez foi determinada por titulação, sob agitação magnética constante, com solução padronizada de NaOH a 0,1 N até atingir o pH 8,2 no potenciômetro, anotando-se o volume gasto. A acidez total foi expressa em gramas de ácido por 100 g (AOAC, 2005).

4.3.8 Conteúdo de minerais

A quantificação de minerais foi determinada por espectrofotômetro de absorção atômica de chama (modelo 90C Elite, marca GBC). Foram utilizados 2 (duas) gramas de amostra, em triplicata e essas colocados em um tubo de digestão contendo 0,05 mL de solução digestora (ácido nítrico e ácido perclórico na proporção de 2:1). Essa solução foi aquecida por 2 horas em um bloco digestor elevando gradualmente a temperatura de 100 °C para 200 °C.

Após a digestão foi adicionada água destilada aos tubos até o volume total de 20mL para a obtenção do extrato da amostra.

O extrato foi utilizado para a determinação dos teores do Fe, Zn, Mn, P, K, Cu, e Mg nas amostras. As leituras foram realizadas por espectrofotometria. Para a determinação do Fe, Zn, Cu, e Mg, após evoluar os tubos, foi usado 0,2 mL do extrato para tubos de ensaio de 15 mL, com o auxílio de uma micropipeta. Em seguida, foram adicionados 3,5mL de solução de cloreto de estrôncio 0,3% e 3,3mL de água destilada, para a leitura em espectrofotômetro de absorção atômica em condições específicas de comprimento de onda para cada elemento, a saber: Fe (248,3 nm), Zn (213,9 nm), Ca (422,7 nm), Cu (324,7 nm), Mg (285,2nm) e Mn (279,5 nm) (AOAC, 2005). O fósforo foi determinado por espectrofotometria sob comprimento de onda de 725 nm, pelo método de Chen, Toribara e Warner (1956).

4.4 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO PÃO ELABORADO

Para análise das características tecnológicas do produto panificado foram analisadas as seguintes características: volume específico, cor instrumental da crosta e do miolo.

4.4.1 Volume específico

O volume específico foi estabelecido pelo quociente entre o volume (cm³) e a massa (g) de cada amostra forneada, com resultados expressos em cm³g⁻¹. A massa foi pesada em balança analítica e o volume foi determinado pelo método de deslocamento das sementes de painço, aferido em proveta 50 cm³ conforme metodologia de Silva, Silva e Chang (1998).

O pão foi colocado no centro de uma recipiente de plástico abaixo de um funil de vidro apoiado em tripé. As sementes de painço foram despejadas através do funil e recolhidas abaixo até o transbordamento na cápsula de plástico, previamente tarada com semente de painço. Em seguida o recipiente foi nivelado com o auxílio de uma régua e o volume do painço presente na cápsula medido através de proveta, sem a presença do pão. A determinação do volume específico foi feita em 1 hora após a elaboração das fórmulas, com três repetições. O volume específico foi calculado conforme a seguinte equação (5):

Equação (5)

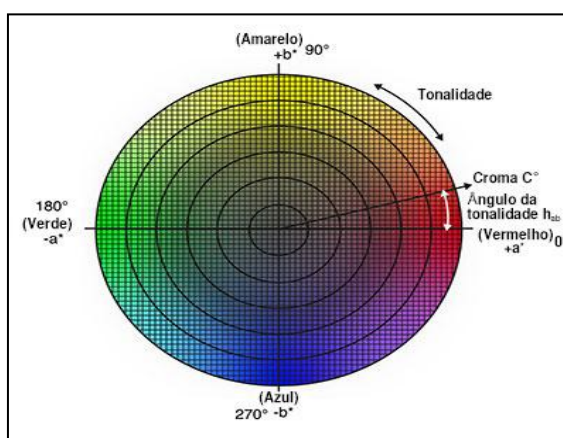
$$\text{Volume específico} = \frac{\text{volume do pão (cm}^3\text{)}}{\text{peso do pão (g)}}$$

4.4.2 Determinação da cor

Foi determinada por colorímetro Minolta (CR-410) com iluminante C (luz do dia) e ângulo de 2° , sendo feita cinco leituras por amostra. Os resultados serão expressos utilizando o sistema CIELAB, são as médias dos valores de: L^* , a^* , b^* medidos e ΔE^* (calculado).

O sistema de cor L^* , a^* , b^* ou CIELAB foi definido pelo CIE (Comissão Internacional de Iluminação) em 1976. Neste sistema, L^* indica luminosidade, a^* e b^* indicam as coordenadas de cromaticidade. Na Figura 1 mostra a representação da cor sólida para a cor no espaço L^* , a^* , b^* , uma vista deste sólido cortado horizontalmente até um valor constante de L^* , ilustrando o diagrama de cromaticidade a^* e b^* que indicam direções de cor: $+a^*$ está mais para o vermelho, $-a^*$ para a direção do verde, $+b^*$ para a direção do amarelo e $-b^*$ para a direção do azul. O centro é acromático à medida que os valores de a^* e de b^* aumentam e ponto move se para fora partindo do centro a saturação de cor aumenta.

Figura 4. Representação da cor. A: representação da cor sólida no espaço L^* a^* b^* . Diagrama de cromaticidade.



FONTE: adaptado de Minolta, 1994.

4.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

A farinha e o pão elaborados com feijão-caupi foram analisados microbiologicamente seguindo a exigência da Resolução da ANVISA/Ministério da Saúde, RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) que define como controle sanitário para esses produtos as seguintes análises: número mais provável de coliformes a 45°C, e pesquisa de *Salmonella* spp., baseadas nas metodologias descritas no *Compendium of Methods Examination of Foods* (APHA, 1992). De cada uma das formulações foram retirados e pesados asepticamente 25 gramas das amostras e adicionados a 225,0 mL de solução salina peptonada a 0,1%, obtendo-se assim a diluição inicial de 10⁻¹ e a partir dessa diluição serão, preparadas as diluições decimais até 10⁻³. As análises foram realizadas no Núcleo de Estudos, Pesquisas e Processamento de Alimentos (NUEPA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

4.5.1 Número mais provável de coliformes a 45°C

A determinação de coliformes totais foi realizada pelo método de fermentação em tubos múltiplos; utilizou-se séries de três tubos nos procedimentos presuntivos inoculando 1,0 mL de cada diluição no caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) e o caldo lactose verde brilhante (LBVB) a 2,0 % lactose para os testes confirmativos, com incubação a 36,0 ± 1°C por 24 a 48 horas. A confirmação da presença de coliformes a 45°C ocorreu por meio da inoculação das colônias suspeitas em caldo EC e posterior incubação em temperatura seletiva de 45 ± 0,2°C, em banho-maria com agitação constante por 24 horas.

4.5.2 Pesquisa de *Salmonella* spp.

Para a determinação de *Salmonella* spp. foi realizado o pré-enriquecimento transferindo-se 25 mL dos pães para 225 mL de solução salina peptonada tamponada incubando-se a 35°C por 20 horas. Para o enriquecimento seletivo será utilizado o caldo Rappaport-Vassiliadis e caldo selenito cistina, transferindo-se 0,1 mL e 1,0 mL, respectivamente, sendo incubados a 41 ± 0,5°C com circulação contínua de água por 24 horas. No isolamento, foram utilizados o ágar Hectoen Enteric (HB) e ágar *Salmonella-Shigella* (SS) e os inóculos incubados a 37°C por 24 horas.

4.6 ANÁLISE SENSORIAL

Para participar do painel sensorial foram considerados 120 assessores sensoriais não treinados, com faixa etária de 15 a 55 anos de idade, e de ambos os sexos, cada assessor recebeu três amostras de pão com farinha de feijão-caupi. Cada amostra foi codificada com números de três dígitos aleatórios. Para avaliar a aceitabilidade das amostras, foi utilizado o método afetivo por meio da aplicação da Escala Hedônica estruturada de 9 pontos (Anexo A) que variou do 1-“desgostei muitíssimo” ao 9-“gostei muitíssimo”. Em adição a esse teste, foi aplicado o teste de intenção de compra (Anexo A), do produto por meio de escala de 5 pontos que variou de 1- “certamente compraria” ao 5-“certamente não compraria” (DUTCOSKY, 2011).

Na oportunidade do teste os assessores foram informados quanto ao consentimento de participação da pesquisa e estes foram solicitados para assinatura do termo de consentimento livre e esclarecidos onde comprovaram mediante assinatura que estão participando da pesquisa de forma voluntária. A análise sensorial foi realizada no Laboratório de análise sensorial de alimentos do Instituto Federal do Piauí – IFPI.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o desenvolvimento da formulação dos pães foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos (quatro concentrações de substituição parcial: 0,15%, 25% e 35%). Os resultados das químicas, físicas, tecnológicas e sensoriais foram submetidos à análise de variância por meio do programa estatístico Minitab 18.0, sendo as médias comparadas pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade.

4.8 ASPECTOS ÉTICOS

A pesquisa seguiu o estabelecido pela Resolução nº466 de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde (BRASIL, 2013).

Esta pesquisa foi submetida à Plataforma Brasil para apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa, da Universidade Federal do Piauí. E aprovada pelo parecer 3.131.044. CAAE: 03199618.6.0000.5214.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados físicos e químicos da farinha de cotilédones de feijão-caupi e dos pães desenvolvidos

Os resultados das análises químicas da farinha de cotilédones de feijão-caupi (FCFC) estão apresentados nas Tabelas 2. As análises foram feitas em triplicata e os resultados dispostos em médias com desvio-padrão.

Tabela 2. Valores médios±desvio padrão das análises químicas da farinha *in natura* cotilédones de feijão-caupi cultivar BRS Tumucumaque.

| Parâmetros | Farinha de feijão (FCFC) |
|-----------------------|--------------------------|
| Umidade (%) | 11,14±0,02 |
| Cinzas (%) | 2,64±0,02 |
| Lipídeos (g/100g) | 5,05±0,06 |
| Proteínas* (g/100g) | 24,13±1,40 |
| Carboidratos (g/100g) | 57,05±0,71 |

Legenda: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi. *Médias proteicas calculadas através do F_c6,25. FONTE: Dados da Pesquisa, 2019.

A farinha de cotilédones de feijão-caupi (FCFC) apresentou teor de umidade em torno de 11%, teores de cinzas para 2,64%, elevado teor de proteínas com 24,13g/100g, resultados satisfatórios evidenciando que a farinha de cotilédones de feijão-caupi (FCFC) possui qualidade tecnológica para fins de enriquecimento nutricional. Santos (2017) analisou FCFC da BRS Tumucumaque e obteve teor de umidade de 10,41%, esse autor encontrou um teor de umidade próximo ao deste estudo, embora também tenha analisado a farinha *in natura*.

A determinação de umidade reflete o teor de sólidos de um produto e a sua perecibilidade, umidade fora dos padrões resulta em perdas da estabilidade química, deterioração microbiológica, fisiológicas e na qualidade geral do alimento (GOMES; OLIVEIRA, 2013). Sendo assim, para um bom resultado na fabricação de pães o conteúdo de umidade da farinha deve estar em torno de 13%, visto que farinhas com umidade superior a 14% têm a tendência a formar de grumos, de forma semelhante a Instrução Normativa N° 08 (2005) relata um máximo de 15% de umidade para as farinhas de trigo integral e comum.

Com relação à determinação de cinzas, essa é um indicativo de teor mineral no produto, na FCFC da BRS Tumucumaque foi encontrado teor de 2,64% de cinzas, indicando

assim um elevado teor de minerais em relação à farinha de trigo. Apenas a farinha de trigo integral possui um teor de cinzas de 2,50%, ainda assim a quantidade é inferior às cinzas presentes no feijão (BRASIL, 2005). Segundo TACO (2011) a farinha de trigo tipo 1 possui um teor máximo de 0,08% de cinzas, sendo assim a FCFC apresenta teores de cinzas superior a farinha comum. Batista (2010) constatou resultados mais elevados para teores de cinzas em farinha integral de feijão-caupi crua, encontrou 3,89% e 3,85% em farinha de feijão-caupi extrusada.

A farinha apresentou teores de proteínas de 24,93g/100g resultado similar ao encontrado por Santos (2017) na FCFC da cultivar BRS Tumucumaque que também obteve 24,93g/100g de proteínas. Por sua vez, Bonfim (2016) usando a FCFC também encontrou valores similares de proteínas para a cultivar BRS Guariba de 23,98g/100g. Para a farinha de trigo o teor máximo para proteínas é em torno de 8% na farinha de trigo integral (BRASIL, 2005), evidenciando que a utilização da FCFC resulta em enriquecimento proteico em produtos.

Os resultados de lipídeos da cultivar BRS Tumucumaque foram os mais elevados em comparação com a literatura, por outro lado (Santos 2017) para a mesma cultivar encontrou valores de 1,99g/100g de lipídeo no farinha *in natura*, já Frota, Soares e Arêas (2008) analisando a cultivar BRS Milênio encontraram valores de 2,2g de lipídeos, e Bonfim (2016) para farinhas de FCFC obteve 1,79g/100g para BRS Guariba e 1,89 /100g de lipídeos para a BRS Novaera.

A cultivar BRS Tumucumaque apresentou 57g/100g de carboidratos por diferença comparando com Simplício (2013) que analisando a mesma cultivar encontrou valores de carboidrato por diferença na farinha de 69,35g/100g, em contraste Bonfim (2016) encontrou valores de carboidratos de 69,92/100g farinha crua de feijão-caupi da cultivar BRS Novaera.

Na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros físicos da farinha *in natura* e dos pães desenvolvidos.

Tabela 3. Valores médios das análises físicas da farinha *in natura* e dos pães de forma desenvolvido com farinha de cotilédones de feijão-caupi.

| Parâmetros | Formulações | | | |
|--------------------------|-------------|------------------------|------------------------|------------|
| | FCFC | 15% FCFC | 25% de FCFC | 35% FCFC |
| pH | 6,18±0,09 | 5,64±0,08ab | 5,69±0,11ab | 5,74±0,14a |
| Acidez (mL de NaOH/10 g) | 0,33±0,06 | 0,17±0,02 ^a | 0,17±0,02 ^a | 0,18±0,04a |

Legenda: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes. Teste Tukey ($p < 0,05$). *Análises realizadas em base seca. Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Os valores de pH encontrados para a farinha foram de 6,18, a análise de pH de um modo geral indica o grau de deterioração em alimentos que pode ser atestado pela acidez ou basicidade desenvolvida (GOMES; OLIVEIRA, 2013). A determinação de acidez da farinha FCFC foi 0,11 (mL de NaOH/10 g) para esse estudo. Resultados semelhantes foram encontrados por Bonfim (2016) com pH de 6,75 e acidez na faixa de 0,61 (mL de NaOH/10 g) para FCFC do cultivar BRS Guariba.

A determinação de acidez em farinhas é importante, por ser um indicador de qualidade, caso não haja condições ideais de armazenamento e processamento pode haver contaminação microbiana o que levará a produção de ácidos orgânicos e hidrólise de proteínas e carboidratos (GOMES; OLIVEIRA, 2013).

Os valores de pH e acidez dos pães forma foram semelhantes aos encontrados por Oliveira et al. (2011), que enriqueceram pão de forma com 7,5% de concentrado de soro proteico e obteve valores de pH no pão, após cocção de 6,91 e acidez de 2,9mL de NaOH/10g.

O pH da massa é um importante fator para a fermentação da massa, visto que o crescimento das leveduras é favorecido pelo pH ácido (FRANCO & LANDGRAF, 2008). Adams e Moss (1997) afirmam que as leveduras crescem com maior rapidez nos valores de pH entre 4,5 e 6,0. Evidenciando que a utilização de farinha de feijão oferece condições favoráveis de fermentação visto que em pH em torno de 7,0, a fermentação pode ser prejudicada, favorecendo a produção excessiva de glicerina e ácido acético, além do álcool etílico, resultando em problemas de qualidade sensorial nos pães, como sabor desagradável e volume reduzido, o que interfere diretamente na textura e aceitação do produto.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados das análises químicas dos pães elaborados em comparação com o pão padrão.

Tabela 4. Valores médios das análises químicas dos pães de forma desenvolvido com farinha de cotilédones de feijão-caupi.

| Parâmetros | Formulações | | | |
|------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | 0% FCFC | 15% FCFC | 25% de FCFC | 35% FCFC |
| Umidade* (%) | 38,87±0,37 ^a | 37,27±0,98 ^{ab} | 37,82±1,98 ^{ab} | 35,28±3,47 ^b |
| Cinzas (%) | 2,02±0,38 ^b | 2,80±0,23 ^a | 2,76±0,11 ^a | 2,85±0,31 ^a |
| Lipídeos (g) | 2,05±0,88 ^a | 7,05±0,41 ^b | 7,04±0,91 ^b | 7,24±0,60 ^b |
| Proteínas (g) | 10,80±0,37 ^c | 12,64±0,45 ^b | 12,85±0,47 ^b | 14,88±0,70 ^a |
| Carboidratos (g) | 46,29±1,36 ^a | 40,28±1,29 ^b | 39,58±1,68 ^b | 39,50±2,51 ^b |

Legenda: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi. Médias proteicas calculadas através do Fc6,25. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes. Teste Tukey ($p < 0,05$). *Análises realizadas em base seca, exceto umidade. *Valor em base úmida. Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

As formulações não diferem entre si, mas a formulação com 35% difere do padrão ($p \leq 0,05$). Para umidade apenas a formulação com 35% de FCFC diferiu da formulação padrão e apresentou o menor teor de umidade (35,28%). Para cinzas, acidez, lipídeos e carboidratos os pães com 15%, 25% e 35% de FCFC foram iguais estatisticamente, mas a formulação com 35% diferiu do padrão. A formulação com 35% de FCFC apresentou teores de proteína (14,88 g/100g) e ela difere da formulação padrão (10,80 g/100g) e das formulações com 15% de FCFC (12,64g/100g) e 25 de FCFC (12,85g/100g).

A FCFC possui um menor teor umidade em relação à farinha de trigo, proporcionalmente, quanto maior a proporção de farinha FCFC, menor seria a umidade e conseqüentemente mais seca seria a massa. A umidade elevada em pães provoca alterações na textura do produto, deixando-os borrachudos e também favorecendo as alterações microbianas, que podem resultar na redução da vida de prateleira do produto e alterações de qualidade (OLIVEIRA et al., 2011).

Cavalcante et al. (2016), que elaborou pão de queijo com feijão-caupi biofortificado BRS Xiquexique, encontrou teores de cinzas em torno de 2,9% na formulação com adição de 5% de substituição, teores de lipídeos de 8g/100g, e proteínas em torno de 10,6g/100 e teores de carboidratos de 51g/100g. A adição de feijão-caupi aumentou os teores de minerais além dos valores referentes às proteínas e carboidratos. Por outro lado, ocorreu a redução dos teores de umidade e lipídeos, quando comparado à formulação padrão.

Batista et al. (2010) elaborou pães de forma com farinhas extrusadas de feijão preto (*Phaseolus vulgaris*) na proporção de 10% de substituição. No pão elaborado com feijão preto foram quantificados teores de proteínas de 7,2g/100g e lipídeos de 5g/100g e fibras de 2,6g. Comparando com os resultados deste estudo, os teores de lipídeos foram similares, em contraste, para proteínas foram mais elevados, indicando que o feijão-caupi possui um teor de proteínas mais representativo para enriquecimento em pães.

Os resultados para análise de lipídeos foram bem similares entre as formulações, para o pão somente com trigo foi possível observar valores de 2,5g/100g de gordura. Em conformidade com a Tabela Brasileira de Composição Centesimal de alimentos (TACO, 2011), o pão de forma de trigo possui em torno de 2,7g de lipídeos, valor similar ao deste estudo. Batista et al (2010) encontrou teores de lipídeos em torno de 5,0g/100g para pães com substituição de 10% com feijão preto e feijão caupi. Menom, Majudar e Ravi (2014) desenvolveram pão com farinha mista de feijão mungo com 10% de substituição e encontraram teores de lipídeos de em torno de 4,75g/100g. Resultados de gordura podem ser diferentes entre autores devido à proporção do ingrediente utilizado na formulação, mas, a gordura segundo Canella-Raws (2003), é o único ingrediente que estará integralmente presente no produto final sem nenhuma perda.

A gordura na panificação tem o objetivo de dar sabor, cor e textura na massa como também permite que a massa incorpore ar. A gordura encurta as cadeias de glúten, e assim age amaciando o produto, ela recobre as redes de glúten e os outros ingredientes e os lubrifica para que eles não fiquem pesados ou coesos (CANELLA-RAWS, 2003).

5.2 Análises Tecnológicas dos pães

As características tecnológicas são muito importantes para avaliar a substituição parcial da farinha de trigo nos pães desenvolvidos, uma vez a redução do teor glúten pode interferir na qualidade do produto final.

Na Tabela 5 constam os resultados das análises físicas dos pães. O pão padrão foi estatisticamente diferente da formulação de 25% FCFC e 35% de FCFC. Com relação aos parâmetros de volume e peso verificou-se que a formulação com 35% de FCFC difere das demais formulações, tanto sem FCFC (padrão) ou com FCFC, apresentando os valores de volume (2,33cm³g⁻¹) e peso 0,48(kg).

Tabela 5. Valores médios* das análises tecnológicas dos pães de forma desenvolvido com farinha de cotilédones de feijão-caupi.

| Parâmetros | Formulações | | | |
|---|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | 0% FCFC | 15% FCFC | 25% de FCFC | 35% FCFC |
| Volume específico ^(cm³g⁻¹) | 3,63±0,08 ^a | 3,24±0,25 ^{ab} | 2,98±0,33 ^b | 2,33±0,45 ^c |
| Peso (kg) | 0,56±0,06 ^a | 0,52±0,00 ^b | 0,52±0,01 ^b | 0,483±0,00 ^c |

Legenda: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi. *Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes. Teste Tukey (p<0,05).Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

O pão com FCFC com 15% de substituição teve redução de volume de 11% em relação ao padrão, não significativa estatisticamente, já a redução do pão FCFC de 25% de substituição foi de 18% e a formulação com 35% FCFC redução de 36% no volume em relação ao padrão, apesar de ter sido a formulação que teor elevado de proteínas.

A redução do volume nos pães contendo FCFC pode ser explicado pela redução no teor do glúten. As proteínas do trigo, gliadina e glutenina são essenciais para formação de uma rede tridimensional que estrutura o pão por meio da retenção e estabilização das bolhas de gás produzidas durante a fermentação. Essas proteínas são responsáveis pela extensibilidade, coesão e elasticidade da massa (GISLLEN, 2011).

Durante a fermentação a massa expande com a produção de CO₂ que deve ser retido pela estrutura proteica. Uma vez que essa estrutura sofre fissuras e rupturas, há a liberação do gás aprisionado ocasionando a redução no volume dos pães e da expansão da massa. A elasticidade e extensibilidade inerentes ao glúten são oriundas dos aminoácidos sulfurados como cistina e cisteína, participantes das cadeias laterais de gliadina e glutenina (MATUDA, 2008).

Os resultados encontrados nesta pesquisa evidenciam que, é possível uma substituição parcial de FCFC até o nível de 15%, esse nível de substituição não alterou as propriedades de volume e peso do produto final, quando comparado com o pão contendo apenas farinha de trigo, de forma que essa formulação foi igual estatisticamente ao padrão.

Batista et al. (2010) elaborou pães de forma com proporções de substituição de 10% e 15% com farinha de feijão-caupi extrusada. O pão com substituição de 10% de farinha feijão-caupi (FFC) apresentou redução de 14% no seu volume, com 2,99 (cm³g⁻¹), e o pão com a substituição de 15% de FFC, obteve o volume de 2,13 (cm³g⁻¹), o que corresponde redução de 39% em seu volume comparando com o padrão. Nesse estudo, observa-se

resultados melhores, visto que houve uma maior proporção de substituição e uma menor redução no volume embora os dois trabalhos tenham utilizado o mesmo processo de fabricação do pão.

Silva et al. (2009) elaborou pão de forma com 10 e 15% de substituição do trigo por farinha de okara, e também observou a redução de volume, com valores de 4,76 e 2,97 cm³g⁻¹, respectivamente. Nos pães com substituição de FCFC de 35%, o aumento do conteúdo de sólidos insolúveis pode ter contribuído para a formação de uma rede de glúten com menor resistência à extensão e menor retenção de gás, o que afetou as propriedades físicas do produto final.

De acordo Wang et al.(2002) um fator que interfere na qualidade final da massa está relacionado com possíveis interações entre fibras e proteínas que tornam a massa mais coesa, dificultando a sua expansão e capacidade de retenção de gás durante a fermentação. Essa pode ser possível explicação para a redução do volume específico dos pães contendo FCFC a 35% de substituição.

Com relação ao peso dos pães após a cocção, as formulações de pão com FCFC nas proporções 15% e 25%, não tiveram diferenças, já as formulações de pão com trigo e com 35% de FCFC de substituição, foram diferentes estaticamente, com o aumento da FCFC os pães da formulação de 35% reduziram também de tamanho, volume e pesos.

Todos os pães foram elaborados com aproximadamente 600g de massa, após forneamento, foi verificado que os pães elaborados com FCFC tiveram pesos estatisticamente diferentes em relação ao padrão, porém os pães com 15% de FCFC e 25% de FCFC não obtiverem perdas de peso estatisticamente diferentes entre si, resultaram em perdas de 13% e 12,6% em relação ao padrão, respectivamente. A formulação com 35% de FCFC perdeu 19,5% de peso em relação ao padrão.

A perda de peso do pão ao assar ocorre devido à evaporação de água e gases. A perda de umidade dos pães variou de 38% a 35%, sendo que os pães da formulação com 35% de FCFC apresentaram a maior perda de umidade, perdendo mais água durante a cocção e tornando-se mais leves. Gisslen (2011) explica que a porcentagem de perda de peso varia muito e dependem de fatores como a proporção da área de superfície do pão pelo volume, o tempo e o modo de assar.

Santos et al. (2018) elaborou pães de forma com farinha mista de sementes e casca do mamão, nos dois tratamentos estudados foi observado que com o aumento na proporção de substituição pela farinha mista ocorreu aumento do peso, isso provavelmente ocorreu devido capacidade de absorção de água pelas fibras e sólidos solúveis, portanto, menor quantidade de

água livre disponível na massa. Assim, durante o forneamento, a perda de água foi menor no tratamento com a maior proporção de substituição, conseqüentemente os pães ficaram mais pesados. Efeito contrário ao desse estudo que com o aumento da proporção de substituição, aumentava-se a perda de água do produto.

5.3 Análise de cor

Os resultados da análise de cor para (L^*) Luminosidade e a cromaticidade de a^* e b^* estão dispostos na Tabela 6. Estatisticamente todas as formulações de pães foram significativamente diferentes para os parâmetros L^* , a^* e b^* . O pão com menor faixa de luminosidade e cromaticidade foi o pão com 35% de FCFC. Os valores de L^* , que indicam a luminosidade na faixa de 100 (branco) a 0 (negro), indicando assim que todas as amostras tiveram um escurecimento comparando-os com o pão padrão.

A coordenada a^* , que indica a variação de verde (-60) a vermelho (+60), é um parâmetro importante para o estudo de escurecimento, pois a cor marrom, resultante da degradação dos açúcares ou reações enzimáticas, representa uma combinação do verde e vermelho. Visualmente o pão de 35% de FCFC apresentou uma forte coloração marrom. A coordenada b^* , relacionada ao eixo que varia de azul (-60) a amarelo (+60), mostra que apenas o pão padrão era mais amarelo que os outros pães elaborados.

Tabela 6. Valores de L^* , a^* e b^* de cores analisadas na farinha de FCFC, na crosta e no miolo dos pães desenvolvidos.

| Parâmetros | Formulações | | | |
|-----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| | 0% FCFC | 15% FCFC | 25% FCFC | 35% FCFC |
| L^* da crosta | 32,97±6,66a | 26,79±3,65b | 33,94±6,00c | 19,14±4,27d |
| a^* da crosta | 31,46±6,95a | 24,49±3,60c | 31,91±6,10b | 16,57±14,12d |
| b^* da crosta | 32,96±16,96a | 11,47±1,84c | 15,18±3,62b | 7,62±1,74d |
| L^* do miolo | 57,00±7,92a | 47,73±4,66b | 41,82±2,83c | 36,60±4,14d |
| a^* do miolo | 59,00±10,02a | 48,61±4,84b | 42,53±2,97c | 36,24±4,45d |
| b^* do miolo | 42,00±6,50a | 34,62±4,13b | 28,41±13,92c | 23,52±3,55d |

Legenda: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi.*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes. Teste Tukey ($p>0,05$).

Cor em massas é dependente de características físico-químicas da mistura como água, aminoácidos, pH, açúcares e também de condições durante a fabricação, como temperatura do

forno e umidade relativa. A obtenção de determinada cor em produtos forneados é essencial para aceitação desses produtos.

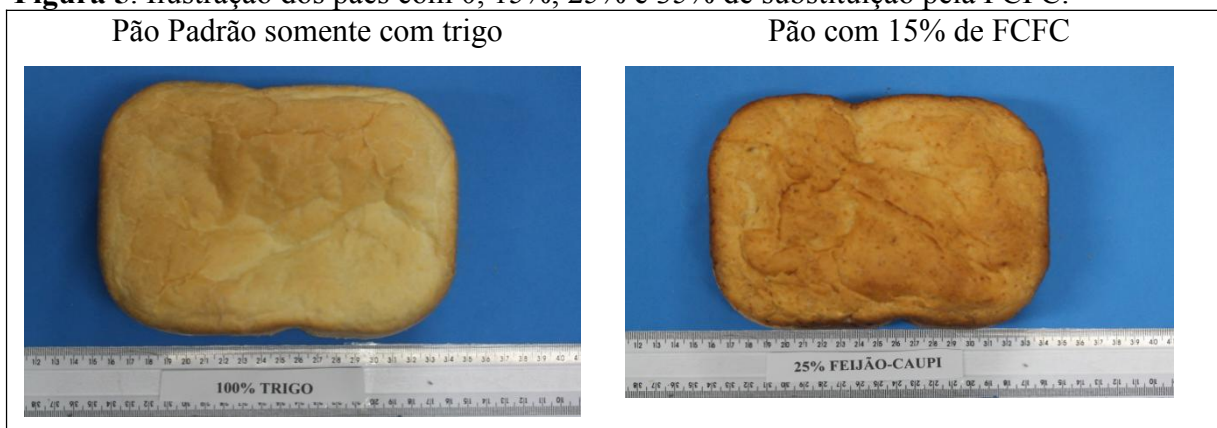
Pães que apresentam coloração de crosta muito clara ou muito escura estão associados a falhas como temperatura e tempo de forno. A temperatura de forneamento, aliada a presença de açúcares fermentescíveis, acelera a reações de Maillard e de caramelização levando ao escurecimento progressivo da crosta e do miolo, que podem ou não ser desejáveis (ESTELLER et al., 2004; ESTELLER e LANNES, 2005).

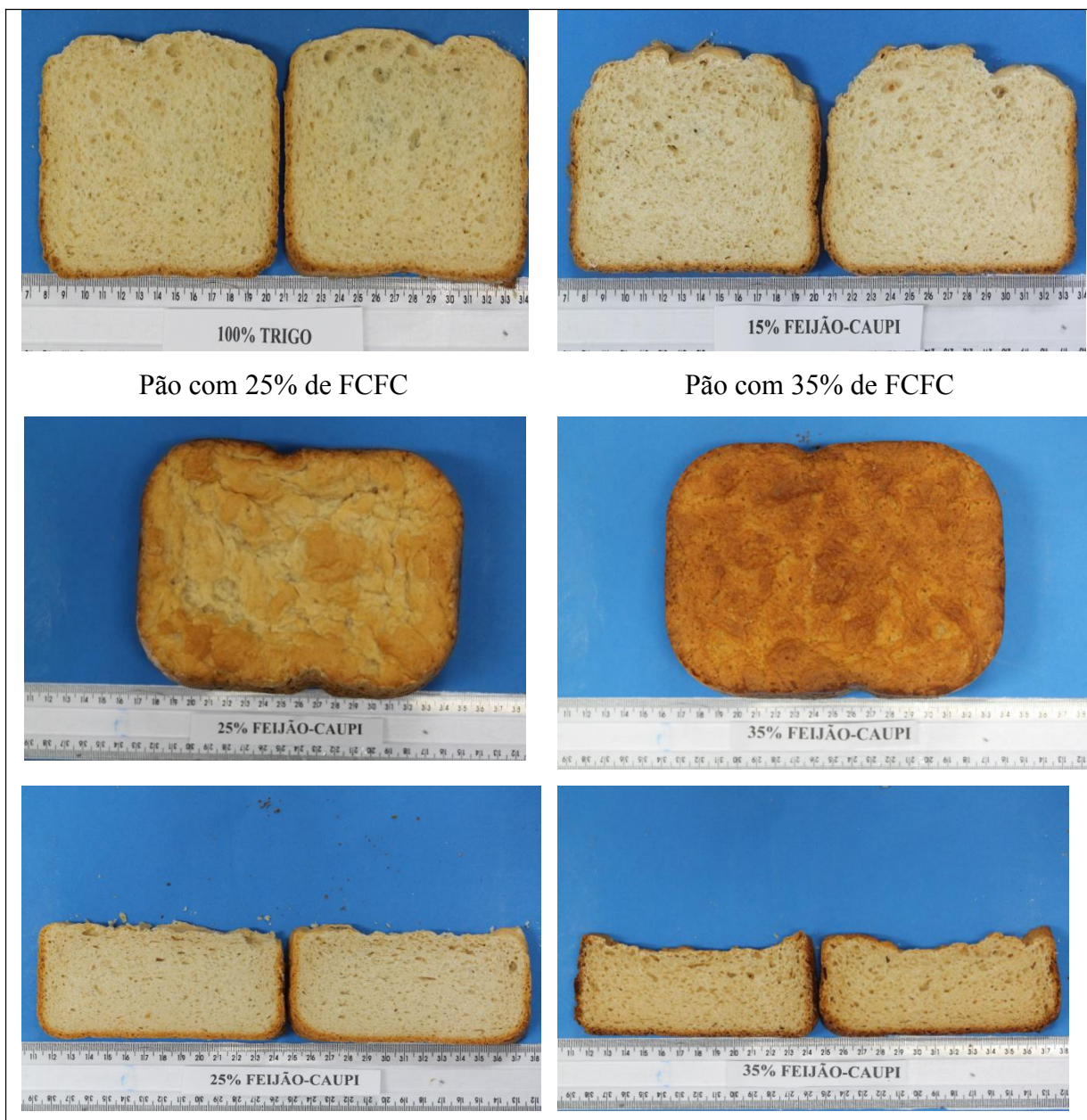
Santos et al. (2018) analisou pães elaborados com farinha de mista de sementes e casca de mamão com 3% e 7% de substituição, os pães reconstituídos apresentaram cores mais amarelo-castanho em relação ao pão padrão (sem farinha mista). Borges et al. (2014) ao utilizarem farinha mista de trigo e quinoa em pães de forma verificaram diferença significativas da cores entre o controle (sem farinha de quinoa) e o tratamento F15 (com 15% de farinha quinoa). O tratamento F15 alcançou maior tendência ao amarelo e ao vermelho, devido à presença de quinoa na formulação, indicando que a presença de pigmentação nessa matéria-prima interferiu na cor dos pães.

Os estudos mostram que fazer alterações na composição de ingredientes de pães de trigo resultará em alterações na cor final do produto. Na Figura 1 é ilustrado os pães inteiros e com cortes transversais elaborados com 0, 15%, 25% e 35% de substituição de FCFC.

Pela **Figura 5** o pão controle apresentava coloração de amarelo-palha e com a proporção de adição de FCFC a cor foi aumentando de intensidade, variando até uma cor castanho-escuro ou caramelo. Também com o aumento nas proporções de substituição, os pães aprestaram uma coloração de miolo menos luminosa, ou seja, menos branca.

Figura 5. Ilustração dos pães com 0, 15%, 25% e 35% de substituição pela FCFC.





FONTE: Dados da pesquisa, 2019.

5.4 Análise dos teores de minerais

Na Tabela 7 estão dispostos os teores de minerais dos pães com 0, 15%, 25% e 35% de FCFC. Houve diferença estatística ($p>0,05$) no pão de 35% de FCFC para fósforo, potássio, zinco, manganês em relação ao pão de trigo. Comparando-se com a formulação desenvolvida, o pão com 35% de FCFC apresentou os teores mais elevados em minerais.

Tabela 7. Valores médios* das análises de minerais dos pães de forma desenvolvido com farinha de cotilédones de feijão-caupi.

| Minerais mg/100g ⁻¹ | FCFC* | Formulações | | | | RDI (mg/dia) |
|-----------------------------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | 0% FCFC | 15% FCFC | 25% FCFC | 35% FCFC | |
| P | 420±0,00 | 160±0,01c | 230±0,01b | 240±0,02ab | 250±0,00a | 700 |
| K | 101±0,03 | 170±0,02c | 320±0,01b | 390±0,03b | 500±0,15a | 4700 |
| Na | 40±0,01 | 953±0,12ab | 1070±0,02a | 980±0,06a | 887±0,18b | - |
| Ca | 130±0,02 | 200,0±0,08a | 190±0,05a | 130,0±0,05a | 130±0,07a | 1000 |
| Mg | 130±0,00 | 40±0,00b | 50±0,00ab | 60±0,00a | 60±0,02a | 260 |
| Zn | 3,42±0,17 | 1,43±1,40b | 1,81±0,95a | 1,91±1,54a | 1,93±2,56a | 7,0 |
| Mn | 1,57±0,15 | 1,85±1,42b | 1,32±0,23a | 1,32±0,72a | 1,39±0,85a | 2,3 |
| Cu | 0,95±0,31 | 0,12±4,74a | 0,82±1,18b | 0,83±2,73ab | 0,84±2,87ab | 0,90 |
| Fe | 5,97±2,73 | 6,74±1,56b | 6,45±0,98b | 6,75±1,55a | 6,8±1,67a | 14,0 |

Legenda: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi. RDI: Recomendação diária para adultos (BRASIL, 2005). Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes. Teste Tukey ($p>0,05$). *Valores médios±desvio padrão das repetições. Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

O cotilédone de feijão é considerado fonte de potássio, sendo que 96,2%, em média, deste mineral está localizado nesta parte do grão, enquanto que 2,8% encontra-se no tegumento (BURATTO, 2012), isso explica os elevados teores desse mineral encontrado nessa pesquisa.

Frota, Soares e Areais (2008) analisaram teor de minerais no grão *in natura* de feijão-caupi da cultivar BRS Milênio encontraram para fósforo de 510mg/100g, potássio 143mg/100g, ferro 6,8mg/100g, zinco de 4,1mg/100g e Mn de 1,5mg/100g, esses resultados foram superiores aos teores encontrados na farinha *in natura* da cultivar BRS Tumucumaque.

Rios et al. (2018) também analisaram minerais em farinhas integrais da cultivar BRS Novaera e obtiveram teor de ferro de 4,40mg/100g, 3,17mg/100g para zinco, 0,55mg/100 para cobre e 1,25mg/100g de manganês. Em comparação com a farinha dessa cultivar, a BRS Tumucumaque apresentou maiores teores de ferro, cobre e manganês.

Estes resultados mostram que as farinhas derivadas de grãos de feijão-caupi são fontes de minerais e podem ser utilizados com objetivo de elevação do teor de minerais em produtos. Segundo a ANVISA (BRASIL, 2012) um alimento é considerado fonte de vitaminas e minerais quando fornece, no mínimo, 15% de ingestão diária recomendada (DRI) de referência, por porção de alimento sólido, e o alimento é rico em minerais e vitaminas quando contém, no mínimo, 30% da ingestão diária recomendada de referência (IDR), por porção de alimento sólido.

Analisando os teores de minerais nos pães desenvolvidos com 15%, 25% e 35% de FCFC que constam na Tabela 4 com seus respectivos valores de ingestão diária recomendada (DRI) para adultos, verifica-se que uma porção de 50g desses pães atende, respectivamente a 16%, 17,1% e 17,8% de fósforo; 6,8%, 4,1% e 5,1% de potássio; 9,5%, 6,5%, e 6,5% de cálcio; 9,6%, 11,0% e 11,0% magnésio; 12,1%, 13,6% 13,7% de zinco; 28,0%, 28,0% e 30,2% de Manganês; 45,5%, 45,1% e 46,6% de cobre e 23,3%, 24,1% e 24,2% de ferro. Os pães elaborados podem ser fontes de manganês, cobre e ferro.

Simplicio (2013) elaborou pães com farinha das cultivares BRS Tumucumaque e BRS Aracê com 25% de substituição por farinha integral de feijão-caupi que foram considerados com alto teor de magnésio, fósforo e zinco e o fonte de ferro, pois para o ferro apresentou mais de 15% DRI recomenda para esse mineral. Para o pão da BRS Aracê foram encontrado teor de magnésio de 56,02mg/100g, fósforo de 247,01 mg/100g, zinco 1,87 mg/100 e ferro 2,50mg. Já para o pão da cultivar BRS Tumucumaque foi obtido 56,0 mg/100g de magnésio, 249,0 mg/100 para fósforo 1,94mg/100 para zinco e 2,38mg/100g para ferro. Relacionando estes resultados com o presente estudo, o pão com 35% de substituição obteve valores superiores para magnésio, zinco e semelhantes para ferro, visto que a proporção de substituição da farinha foi maior.

Levando-se em consideração ao tempo do estudo, os teores de ferro se mostraram muito superiores ao aos obtidos por Simplicio (2013) visto que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou a RDC nº 150 (2017) que prevê quantidades mínimas de ferro e ácido fólico para farinha de trigo. Pelas novas regras, os fabricantes estão obrigados a enriquecer as farinhas de trigo com 4 a 9 mg de ferro para cada 100g de produto, o fato de ter ocorrido aumento do teor desse mineral na farinha podem ter contribuído para teores mais elevados de ferro no pão padrão.

Santos et al.(2018) desenvolveram pães com 7% de substituição com casca e sementes de mamão, encontrou valores de 248mg/100 para fósforo, 72 mg/100g para magnésio, 0,09 mg/100g de cobre, 1,84 mg/100g de manganês, 2,63 mg/100g de zinco e 6,3 mg/100 de ferro

e no pão padrão, somente com trigo, valores de ferro de 7,3mg/100g. Comparando com esses autores os resultados para ferro e cobre foram semelhantes, teor de fósforo foi superior e magnésio, manganês e zinco foram inferiores para as formulações de 15%, 25% e 35%.

5.5 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram definidas de acordo com padrões estabelecidos para pães sem recheio e cobertura constante na resolução da RDC N° 12/2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) específica como padrões microbiológicos às análises de Coliformes a 45°C e *Salmonella spp.* Os resultados obtidos da avaliação microbiológica dos pães com 0, 15%, 25% e 35% de substituição por FCFC constam na Tabela 8.

Tabela 8. Parâmetros microbiológicos das formulações de pães elaborados com a FCFC.

| Microrganismos | Formulações | | | | |
|---------------------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| | 0% FCFC | 15% FCFC | 25% FCFC | 35% FCFC | FCFC |
| <i>Salmonella spp.</i> (25g) | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência |
| Coliformes a 45°C (NMP/g) | 10 ³ | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 |

Nota: FCFC farinha de cotilédones de feijão-caupi. NMP. g = número mais provável por grama; UFC/g = unidade formadora de colônias por grama. FONTE: Dados da Pesquisa, 2019.

Os pães tiveram resultados de ausência de *Salmonella spp.* em 25g (limite ausência); e para coliformes a 45°C, encontrou-se valores menores que 3,0 NMP/g (limite tolerado de 10³ NMP/g). Os resultados das análises microbiológicas dos pães foram satisfatórios, evidenciando que eles se apresentavam em boas condições higiênico-sanitárias e de consumo, estando dentro dos limites previstos no Regulamento Técnico sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos (BRASIL, 2001). A análise microbiológica para coliformes é indicativa das condições higiênicas de processamento e de armazenamentos de produtos, portanto, as formulações mantiveram-se em condições higiênicas seguras.

Quanto a *Salmonella spp.* não foi determinada sua presença, sendo um resultado esperado, visto que entre os ingredientes do pão, não foi utilizado ovo, alimento com grande probabilidade de contaminação por este microrganismo. A análise de *Salmonella spp.* foi

realizada para assegurar a sanidade do produto por contaminação de microrganismos patogênicos e também em atendimento a legislação brasileira para esse produto.

5.6 Análise sensorial

Os resultados da Análise sensorial de aceitação constam na Tabela 9. Nas notas houve diferenças estatísticas nas médias atribuídas entre as formulações ($p > 0,05$). A análise sensorial dos pães revelou uma boa aceitação, sendo a formulação com nível de substituição de 15% de FCFC a mais aceita, com a maior média na aceitação global, na escala hedônica de nove pontos, com nota 6 referente a “gostei ligeiramente”, e a formulação com 25% de FCFC com a menor aceitação com nota 5 que corresponde a “não gostei e nem desgostei”.

Tabela 9. Notas atribuídas aos atributos sensoriais dos pães elaborados por assessores não-treinados.

| Atributos | Formulações | | |
|-----------|-------------|------------|-------------|
| | 15% FCFC | 25% FCFC | 35% FCFC |
| Aroma | 6,90±1,55a | 6,13±1,88b | 6,34±1,62ab |
| Cor | 7,22±1,29a | 6,67±1,54b | 6,80±1,45ab |
| Sabor | 6,56±1,81a | 5,91±1,96b | 5,67±1,89b |
| Textura | 6,83±1,72a | 5,58±1,99b | 5,67±1,92b |
| Aceitação | 6,76±1,64a | 5,90±1,85b | 6,00±1,77b |
| Global | | | |

Legenda: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi. Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes. Teste Tukey ($p > 0,05$). Fonte Dados da Pesquisa, 2019.

Simplicio (2013) elaborou pão de forma com farinha integral de feijão-caupi nas proporções de 25% e 35% de substituição da cultivar BRS Tumucumaque obteve nota 7 referente a “gostei moderadamente” para os pães com 25% de substituição e nota 6 referente a “gostei ligeiramente” para pães com 35% de substituição. O resultado encontrado por essa autora é similar a nota de aceitação dessa pesquisa referente ao pão com de 15% e 35% de substituição por FCFC.

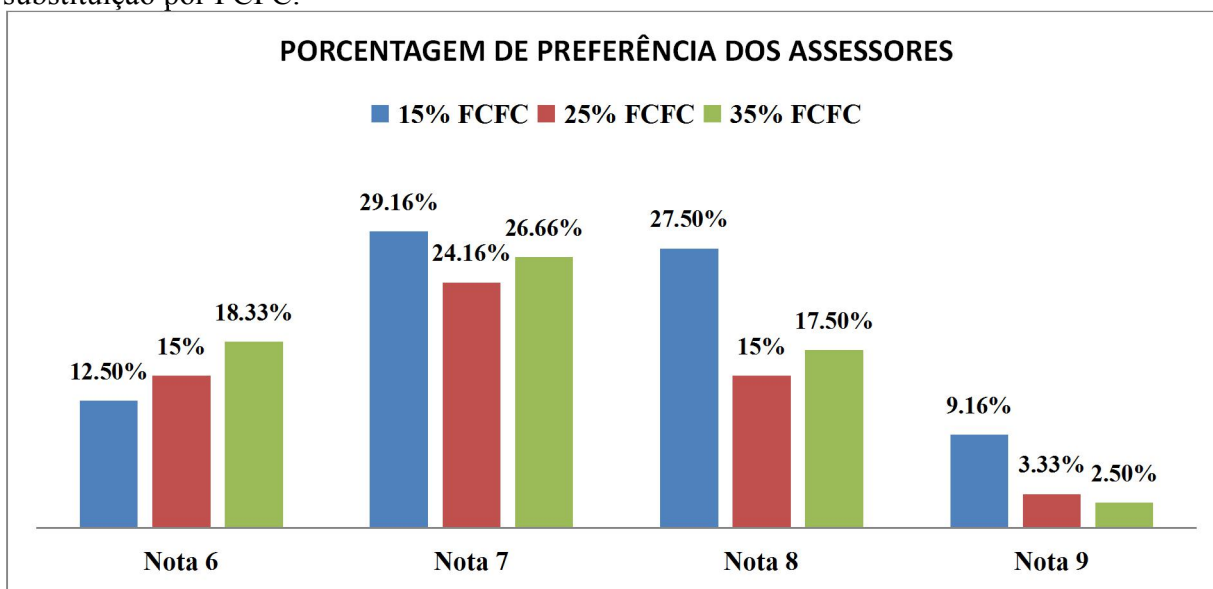
Andrade et al. (2011) elaborou pão de forma enriquecido com substituição de 25% de feijão branco, para o resultado do teste de aceitação em escala hedônico, obteve média 7 referente a “gostei moderadamente” para assessores não treinados, esse autor usou uma formulação com um nível de substituição mais elevado e obteve uma melhor nota de

aceitação comparado com esse estudo, que na formulação com 25% de FCFC, os assessores atribuíram nota 5 para aceitação global o que corresponde a “não gostei e nem desgostei”.

Batista; Prudência e Fernandes (2011) elaboraram pão de forma com 10% de farinha de feijão-caupi e tiveram notas que variaram de 5 a 9 com relação ao sabor, que se “refere a não gostei e nem desgostei”, os autores atribuíram à variação das notas devido ao sabor “bean-off” nos pães, ou um sabor residual do feijão nos produtos, apesar da baixo nível de substituição ainda se tornou perceptível. Para o parâmetro de sabor a formulação de 15% de substituição teve nota 6 referente a “gostei moderadamente” evidenciando assim que a formulação com um percentual mais elevado de substituição, apesar do sabor “bean-off” presente, alcançou uma boa aceitação entre os provadores.

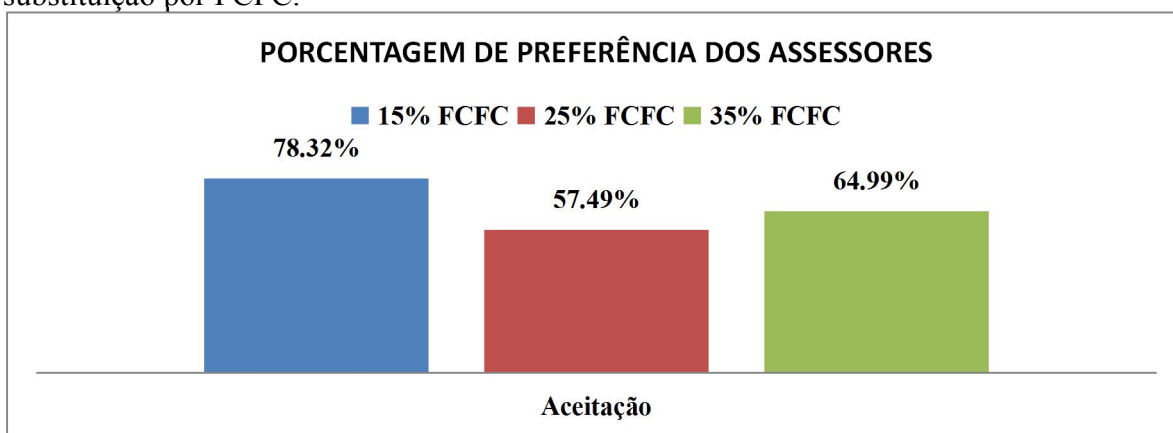
A Figura 6 ilustra os percentuais de aceitação das formulações de pães desenvolvidas. Os gráficos mostram por percentual as notas atribuídas entre 6 e 9. Pelo percentual de aceitação dos assessores o pão com 15% de FCFC obteve a maior percentual de assessores que atribuíram a nota 7 equivalente a ‘gostei regularmente’ e nota 8 equivalente a ‘gostei moderadamente’, e na aceitação total representou 78,32 da preferência dos assessores entre a nota 6 ‘gostei ligeiramente’ e nota 9 referente a ‘gostei muitíssimo’.

Figura 6. Resultado do percentual de preferência para os pães com 15%, 25% e 35% de substituição por FCFC.



.Legenda: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi. FONTE: Dados da Pesquisa, 2019.

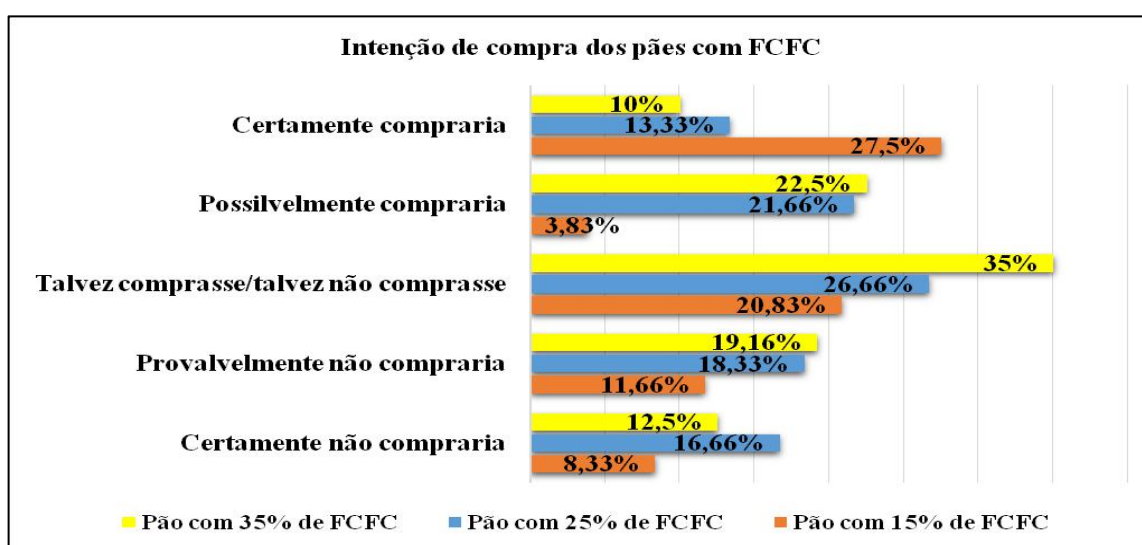
Figura 7. Resultado do percentual total de preferência para os pães com 15%, 25% e 35% de substituição por FCFC.



.Legenda: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi. FONTE: Dados da Pesquisa, 2019.

Na Figura 8 consta o percentual de intenção de compra dos pães desenvolvidos com a substituição de 15%, 25% e 35% de FCFC. Nas notas atribuídas, o pão com 15% de FCFC teve a maior aceitação dos assessores com 27,5% das intenções de compra com a nota 1 referente a “certamente compraria”, porém o pão com 35% de FCFC representou o maior percentual de indecisão entre os assessores com 35% das intenções de compra, com nota 3 referente a “talvez comprasse/talvez não comprasse”.

Figura 8. Resultado do percentual de intenção para os pães com 15%, 25% e 35% de substituição por FCFC.



.Legenda: FCFC: farinha de cotilédones de feijão-caupi. FONTE: Dados da Pesquisa, 2019.

6 CONCLUSÃO

Com os resultados encontrados é possível concluir que a farinha de feijão-caupi (FCFC) apresentou elevados teores de proteína e cinzas, evidenciando que a farinha possui qualidade tecnológica para fins de enriquecimento nutricional. As formulações de pães não diferiram entre si estatisticamente mas a formulação padrão de 35% de FCFC diferiu no padrão para parâmetros de proteínas e minerais, evidenciando o uso da farinha de feijão-caupi como ingrediente em pães mostrou ser fonte de proteínas e minerais, em todos os níveis de substituição.

Para as análises tecnológicas de volume específico e peso o pão com 15% de FCFC foi igual estatisticamente ao padrão, sendo o pão com 25% e 35% diferentes estatisticamente do padrão. O pão com FCFC com 15% de substituição teve redução de volume de 11% em relação ao padrão, não significativa estatisticamente, já a redução do pão FCFC de 25% de substituição foi de 18% e a formulação com 35% FCFC redução de 36% no volume em relação ao padrão.

Estatisticamente todas as formulações de pães foram significativamente diferentes para os parâmetros L^* , a^* e b^* . O pão com menor faixa de luminosidade e cromaticidade foi o pão com 35% de FCFC, indicando assim que todas as amostras tiveram um escurecimento comparando-os com o pão padrão, proporcionalmente ao aumento da adição de FCFC. Houve diferença estatística ($p > 0,05$) no pão de 35% de FCFC para fósforo, potássio, zinco, manganês em relação ao pão de trigo. Comparando-se com a formulação desenvolvida, o pão com 35% de FCFC apresentou os teores mais elevados em minerais.

A análise sensorial dos pães revelou uma boa aceitação, sendo a formulação com nível de substituição de 15% de FCFC a mais aceita, com a maior média na aceitação global, na escala hedônica de nove pontos, com nota 6 referente a “gostei ligeiramente”. Pelo percentual de aceitação dos assessores o pão com 15% de FCFC obteve a maior percentual de assessores que atribuíram a nota 7 equivalente a ‘gostei regularmente’ e nota 8 equivalente a ‘gostei moderadamente’, e na aceitação total representou 78,32 da preferência dos assessores entre a nota 6 ‘gostei ligeiramente’ e nota 9 referente a ‘gostei muitíssimo’.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, M. R.; MOSS, M. O. **Microbiología de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia, 464p. 1997.
- ANDRADE, A. A.; COELHO, S. V.; MALTA, H. L. M.; JORGE, M. N. Avaliação Sensorial de pães enriquecidos com farinha de feijão-branco para pacientes celíacos. **Nutrir Gerais**, Ipatinga, v. 5, pág. 727-739, fev/jul. 2011.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16 edição. (2010). Arlington: Washington, 2005.
- ATHAYDE SOBRINHO C. **Patossistema caupi x *Macrophomina phaseolina*: método de detecção de sementes, esporulação e controle de patógenos**. Tese de Doutorado. Agronomia. Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 2004.
- APHA, American Public Health Association –**Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. Washington DC:APHA, 1992.
- BATISTA, K.A.; PRUDÊNCIO, S.H.; FERNANDES, K.F. Changes in the biochemical and functional properties of the extruded hard-to-cook cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **International Journal of Food Science and Technology**, 45, 794–799, 2011.
- BATISTA, K. A. **Extrusão de farinha feijão hard-to-cook: características bioquímicas e propriedades funcionais**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás. 17f. Goiânia – GO, 2010.
- BATISTA, K. A; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. Wheat bread enrichment with hard-to-cook bean extruded flours: nutritional and acceptance evaluation. **Journal of Food Science**. Vol. 76, Nr. 1, 2011.
- BORGES, J. T. S.; VIDIGAL, J. G.; SILVA, N. A. S.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D. caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 3, p. 305-319, 2013
- BRANDÃO, S. S. LIRA, H. L. **Tecnologia de panificação e confeitaria**.148p. Recife:EDUFPRE, 2011.
- _____. BRASIL. Portaria de nº29 de 13 de janeiro de 1998. Regulamento técnico destinado para fixação de identidade e qualidade de alimentos para fins especiais. **Diário Oficial da União**, Seção: 1, página 9.1998.
- _____. BRASIL. Resolução nº 466 de 12 de Dezembro de 2012. Aprova Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa. 2012.
- _____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Seção 1, p. 45, 2001.

____BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 105, p. 91, 3 jun. 2005..

____BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 nov. 2012.

____BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução N° 150, de 13 de abril de 2017. Regulamento Técnico que dispõe sobre o enriquecimento das farinhas de trigo e de milho com ferro e ácido fólico. **Diário oficial da União**, n° 73, Seção 1, pág. 37, Brasília, DF, 2017.

BONFIM, L. O.S. **Efeito dos parâmetros operacionais da extrusão Termoplástica nas características físico-químicas de farinhas De cotilédone de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição. Universidade Federal do Piauí. 2016.

BORGES, J. T. S.; VIDIGAL, J. G.; SILVA, N. A. S.; PIROZI, M. R.; PAULA, C. D. caracterização físico-química e sensorial de pão de forma contendo farinha mista de trigo e quinoa. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 3, p. 305-319, 2013

CANELLA-RAWLS, S. **Pão: Arte e Ciência**. 3 ed. São Paulo: Senac, 2009.

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

CAVALCANTE, R. B. M.; MORGANO, M. A.; SILVA, K. J. D. ROCHA, M.M.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Pão de queijo enriquecido com farinha de feijão-caupi biofortificado. **Ciência e Agrotecnologia**. Pág.97-103, Jan/Feb. 2016.

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

DUTCOSKY S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Ed. DA Champagnat, 2011.

ESTELLER, M.S.; LANNES, S.C.S. Parâmetros Complementares para Fixação de Identidade e Qualidade de Produtos Panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**; 4(25):802-806; 2005.

ESTELLER, M. S.; AMARAL, R., LANNES, S. C. S. Effect of Sugar and Fat Replacers on the Texture of Baked Goods. **Journal Texture Studies**, Trumbull, 383- 393; 2004.

EMBRAPA MEIO-NORTE. **BRS Guaribas, BRS Nova Era e BRS XiqueXique Novas Cultivares de Feijão-caupi para o Amazonas**. Folder. 2009.

EMBRAPA MEIO-NORTE. **Cultivo de feijão-caupi**. (Folder). Jan/2003.

- EMBRAPA MEIO-NORTE. **Cultivares de feijão-caupi ricas em ferro e zinco** (Folder). 2010.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 182p
- FROTA, K. M. G.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na elaboração de produtos de panificação. **Ciência e Tecnologia de alimentos**. Campinas, v. 30, p. 44-50, 2010.
- FREIRE-FILHO et al. **BRS Tumucumaque: Cultivar de feijão-caupi com ampla adaptação e rica em ferro e zinco**. Teresina: EMBRAPA Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte, 2009.
- FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.
- FROTA, K. M. G. **Efeito do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) e da proteína isolada no metabolismo lipídico em hamsters hipercolesterolemizados**. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana Aplicada)-Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2007.
- FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, 2008.
- FROTA, K. M. G.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na elaboração de produtos de panificação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**.Campinas, v. 30, p. 44-50, 2010.
- GISSLEN, W. Panificação e confeitaria para profissionais. 5 ed. Editora Manole, 2011.
- GOMES, G.M.S; REIS, R.C.; SILVA, C.A.D.T. Obtenção de farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.1, p.31-36, 2012.
- GUERREIRO, L. **Dossiê Técnico – Panificação**. 1ª ed. Rio de Janeiro: REDETEC, 2006.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- IQBAL, A; KHALIL, I. A.; ATEEQ, N.; KHAN, M. S. Nutrition quality of important food legumes. **Food Chem**. v.91, p. 331-335, 2006.

- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Versão eletrônica. São Paulo. 2008
- ITPC. Instituto Tecnológico da Panificação, Alimentação e Confeitaria – **Balanco e Tendências do mercado de panificação e confeitaria**, 2016.
- KETHIREDDIPALLI, P.; HUNG, Y.C.; MCWATTERS, K. H.; PHILLIPS, R. D. Effect of milling method (wet and dry) on the functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) pastes and end product (Akara) quality. **Journal of Food Science**, v.67, p.48–52, 2002.
- LANDIM, L. A. S. R. **Utilização de biscoito enriquecido com feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) biofortificado, em pré-escolares para controle da anemia ferropriva**. Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina – PI, 2013.
- LAKSHMI, M.; MAJUMDA R, USHA RAVI, U. D. Development and analysis of composite flour bread. **Journal Food Science Technology**. Pág.4156–4165, July 2015
- LIAO, L. M. et al. Perfil químico de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) pela técnica de high resolution magic an glespinning (HR-MAS). **Quím. Nova**, São Paulo, v. 33, n. 3, 2010.
- MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento: otimização do uso de aditivos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. 1994.
- MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; ARAÚJO, M.A. M.; ARÊAS, J. A. Fortified food made by the extrusion of a mixture of chickpea corn and bovine lung controls iron deficiency anaemia in preschool children. **Food Chemistry**, v. 107, n. 1, 2008.
- MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; MARTINS, L. S.; MENESES, N. A.; FROTA, K. M.; MORGANO, M. A.; ARAÚJO, M. A. M.; Utilização de biscoito à base de farinha de feijão-caupi em pré-escolares com anemia ferropriva. **Anais do II CONAC: Congresso Nacional de Feijão-caupi**, 2009.
- MORETTO, E.; FETT. R. **Processamento e análise de biscoitos**. 1ª ed. São Paulo: Editora Varela, 1998.
- NUNES, A. G. **Processos enzimáticos e biológicos na panificação**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 18p. 2006.
- OLIVEIRA, N. M. A. L.; MACIEL, J. F.; LIMA, A. S.; SALVINO, E. M.; MACIEL, C. E. P.; MENEZES, D. P.; OLIVEIRA, N.; FARIAS, L. R. G. Características físico-químicas e sensoriais de pão de forma enriquecido com concentrado proteico de soro de leite e carbonato de cálcio. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 70, n. 1, p. 16-22, 2011.

- RIOS, M. J. B. L.; SILVA, K. J. D.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; FIGUEIREDO, E. A. T.; ROCHA, M. M.; HASHIMOTO, J. M. Chemical, Granulometric And Technological Characteristics Of Whole Flours From Commercial Cultivars Of Cowpea. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 217 –224, jan. –mar., 2018.
- ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; FREIRE FILHO, F. R.; CARVALHO, H. W. L.; FRANCO, L. J. D.; SANTOS, A. M. F.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Biofortificação do feijão-caupi no Brasil: resultados e perspectivas. **IV Reunião de biofortificação**, 2011.
- SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C.; LIVERA, A. V. S. Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão caupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, jul./set. 2005.
- SANTOS, C. M.; ROCHA, D. A.; MADEIRA, R. A. V.; QUEIROZ, E. R.; MENDONÇA, M. M.; PEREIRA, J.; ABREU, C. M. P. Preparação, caracterização e análises sensorial de pão integral enriquecido com farinha de subprodutos do mamão. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.21, 2018.
- SANTOS, A.P. Farinha de Feijão (*Phaseolus vulgaris*): Caracterização Química e Aplicação em Torta de Legumes. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.11, nº 2, 2009.
- SIMPLICIO, A. P. M. **Desenvolvimento de pão integral enriquecido com farinha de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. 2013. 61f. Dissertação (Alimentos e Nutrição). Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.
- SILVA, M. T. P.; SILVA, C. B.; CHANG, Y. K. Utilização de frutooligossacarídeos na elaboração de pão de forma sem açúcar. **Temas Agrários**, v. 15, n. 1, p. 44-57, 2010.
- SILVA, L. H; PAUCAR-MENACHO, L. M. C.; VICENTE, L. M. C.; SALLES, A. S.; STEEL, C. J. Desenvolvimento de pão de forma com a adição de farinha de “okara”. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 315-322, out./dez. 2009.
- SOUSA, L. M. C. **Incorporação e otimização de aditivos alimentares e auxiliares tecnológicos em produtos de panificação**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar), Universidade Católica Portuguesa, Porto, 2012.
- STAUFFER, C. E. **Principles of dough formation In Technology of breadmaking**. London. Blackie Academic & Professional, 295p. 1998.
- TACO. **Tabela Brasileira de composição de alimentos/NEPA – UNICAMP**. 4 ed. Revisada e Ampliada, Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011.
- WANG, L. J.; YIN, L.J.; LI, D.; ZOU, L.; SAITO, M.; TATSUMI, E.; LI, L.T. Influences of processing and NaCl supplementation on isoflavone contents and composition during douchi manufacturing. **Food Chemistry**, v. 101, n. 3, p. 1247–1253, 2007.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO – PPGAN
ANEXO A

Desenvolvimento de pão tipo forma com farinha de cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*)

Nome: _____ Escolaridade: _____ Sexo:

()M ()F

Idade: () 15-18 () 19–25 () 25 -35 () 35 – 50

Caso você concorde em participar deste teste e não tenha alergia e/ou outros problemas de saúde relacionados à ingestão deste produto, por favor, assine esta ficha:

ASSINATURA: _____ DATA: _____

INSTRUÇÕES PARA O TESTE:

INSTRUÇÕES PARA O TESTE:

Você está recebendo **03** amostras codificadas. **Deguste uma por vez.** Beba água entre a degustação de uma amostra e outra. Coloque a nota para cada característica de cada amostra de acordo com a escala abaixo. OBS: A aceitação global corresponde o quanto você gostou ou desgostou da amostra de um modo geral.

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| 1. Desgostei muitíssimo | 5. Indiferente. |
| 2. Desgostei muito | 6. Gostei ligeiramente |
| 3. Desgostei regularmente | 7. Gostei regularmente |
| 4. Desgostei ligeiramente | 8. Gostei muito |
| | 9. Gostei muitíssimo |

| NÚMERO DA AMOSTRA | AROMA | COR | SABOR | TEXTURA | ACEITAÇÃO GLOBAL |
|-------------------|-------|-----|-------|---------|------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

2. Com base em sua opinião sobre as três amostras, indique na escala de 1 a 5 sua nota em relação a sua atitude. Caso você encontrasse cada uma das amostras á venda. Se eu encontrasse esse produto eu:

1. Certamente não compraria
2. Possivelmente não compraria
3. Talvez comprasse/ talvez não comprasse
4. Possivelmente compraria
5. Certamente compraria

| AMOSTRA | NOTA | COMENTÁRIO |
|----------------|-------------|-------------------|
| | | |
| | | |
| | | |



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO

ANEXO B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
 BASEADO NAS DIRETRIZES DA RESOLUÇÃO CNS Nº466/2012, MS.

Título do estudo: Desenvolvimento de pão tipo fôrma com substituição parcial por farinha de cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.).

Pesquisador responsável : Maria Márcia Dantas de Sousa

Pesquisador participante: Dr. Jorge Minoru Hashimoto

Instituição/Departamento: Departamento de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição –

PPGAN **Telefone para contato:** 3198-0353 **Local da coleta de dados:** Universidade Federal do Piauí

Prezado (a) Senhor (a):

• Você está sendo convidado (a) participar da pesquisa: Desenvolvimento de pão tipo fôrma com substituição parcial por farinha de cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) e a responder às perguntas do questionário de análise sensorial de forma totalmente voluntária. Antes de concordar em participar de esta pesquisa e responder este questionário, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você decida participar. Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade sem perder os benefícios aos quais tenha direito.

Objetivo do estudo: Desenvolver pães de forma com adição parcial de farinha cotilédones de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.)), e avaliar as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais do produto pronto para consumo.

Assinatura do Pesquisador: _____

Assinatura do participante _____

Procedimentos: As amostras de pães serão fracionadas em pedaços de 25 gramas que serão distribuídas em pratos descartáveis, previamente codificados com números de três dígitos e serão servidos sequencialmente aos provadores em cabines individuais. Este teste será realizado em única sessão agendada previamente no laboratório de análise sensorial do Instituto Federal do Piauí. Os provadores serão de faixas etárias de 18 a 59 anos, de diferente escolaridade e sexo. A frequência de participação no referido estudo será somente de uma vez de comparecimento ao laboratório. O tempo da análise para cada provador será de no máximo de 10 minutos, onde ele fará a degustação das amostras e a avaliação dos atributos sensoriais de cor, aroma, sabor e textura, onde receberá uma ficha de análise sensorial e atribuirá uma nota em uma escala hedônica de 0 a 9 pontos, variando de “desgostei muitíssimo a gostei muitíssimo” pontos para indicar o seu grau de aceitação da amostra. Outra escala estruturada de 0 a 5 pontos fará a simulação da opção de compra por parte do provador, caso este produto fosse ofertado à venda, variando de “certamente não compraria a certamente compraria”. Entre uma amostra e outra será ofertado aos provadores o consumo de água a temperatura ambiente a fim de eliminar sabor residual das amostras.

Benefícios: O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.)) é uma leguminosa que faz parte do hábito alimentar da população, amplamente aceito sensorialmente, possui baixo custo tornando mais fácil a sua produção. O feijão-caupi possui um grande potencial funcional e nutricional, é fonte de proteína, aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais, como ferro (2,6 mg/100 g) e zinco (5,1 mg/100 g), minerais estes importantes nas reações metabólicas do corpo. O uso do feijão em forma de farinha na elaboração de pães visa agregar valor nutricional ao produto, como também elevar a qualidade da alimentação e nutrição de quem consome, pois cria a opção de novos produtos ou melhora os já existentes com oportunidade de aumentar a suplementação de nutrientes no produto.

Riscos: O preenchimento deste questionário não representará qualquer risco de ordem física ou psicológica para você. A pesquisa apresentará riscos para pessoas que se apresentem alérgicas/intolerantes/dietas com restrição ao seguintes ingredientes: farinha de trigo, feijão-caupi, leite de vaca, goma xantana, fermento biológico seco de pão (*Saccharomyces cerevisiae*), emulsificante monoestearato de sorbitana, açúcar, sal, gordura vegetal. Antes da realização dos testes os provadores serão informados a cerca das restrições de participação, sendo que estes indivíduos não poderão participar da pesquisa.

Assinatura do Pesquisador: _____

Assinatura do participante _____

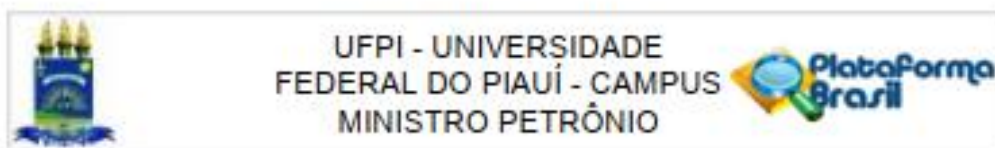
Forma de assistência junto aos riscos: caso algum (a) participante sinta algum sintoma decorrido pela pesquisa, o responsável pela pesquisa tomará as devidas providências, como encaminhamento do mesmo para o departamento de saúde da instituição que está sendo realizada esta pesquisa e arcará com as despesas necessárias para recuperação do mesmo.

Garantia de esclarecimento, liberdade de recusa e garantia de sigilo: Você será esclarecido (a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou perda de benefícios. Sua identidade será tratada com padrões profissionais e éticos de sigilo. Os resultados desta pesquisa serão enviados para você, caso seja de seu interesse. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o Projeto de Pesquisa de sua participação, agora ou a qualquer momento. A outra via deste termo ficará de posse do pesquisador responsável por 5 anos, depois serão descartados ecologicamente.

Assinatura do Pesquisador: _____

Assinatura do participante _____

APÊNDICE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DESENVOLVIMENTO DE PÃO TIPO FORMA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE COTILEDONES DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.)

Pesquisador: Marta Marda DANTAS DE SOUSA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 03199618.6.0000.5214

Instituição Proponente: Universidade Federal do Piauí - UFPI

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.131.044

Apresentação do Projeto:

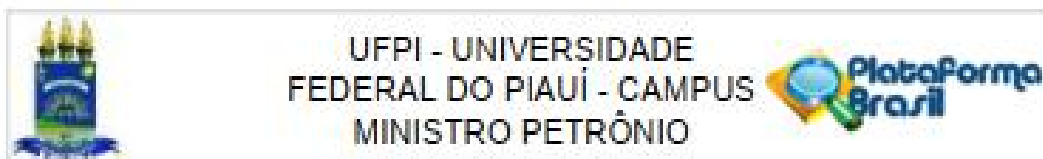
A produção brasileira de feijão em 2017 aumentou 31% em relação ao ano de 2016, tomando o Brasil um dos países que mais produzem e consomem feijão no mundo, porém, nos últimos anos em virtude da mudança dos hábitos alimentares o consumo per capita de feijão vem diminuindo. Em contraste, o pão que habitualmente é consumido tem a expectativa de crescimento em seu consumo principalmente evidenciado em virtude da adição de ingredientes com apelo funcional, como farinhas especiais ou integrais. A farinha de feijão-caupi é utilizada atualmente para preparo de acarajé, comida típica baiana que tem características de massa viscosa, macia e elástica atributos semelhante aos que o trigo confere a massa de pão, porém com a proteína do glúten. O processo de expansão da massa do acarajé ocorre quando ela é batida para incorporar ar, no pão a expansão da massa ocorre na etapa de fermentação. A substituição parcial de farinha de feijão-caupi pode ocasionar redução na capacidade de expansão da massa de pão. Este trabalho tem por objetivo desenvolver um pão tipo forma com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha de feijão-caupi nas proporções de 15, 25 e 45%, com e sem a adição de goma xantana e avaliar o impacto nas propriedades tecnológicas e nutricionais do produto. O Delineamento Inteliramente Casualizado com 7 tratamentos e 4 repetições será utilizado para desenvolver as formulações de pães e analisar as propriedades tecnológicas do pão tendo como respostas o volume específico, salto de forno, densidade, índice de expansão dos pães e determinação de cor. Serão avaliadas as características físicas das farinhas de feijão e de trigo pelos testes de granulometria e o diâmetro

Endereço: Campus Universitário Ministro Petrônio Portella - Pró-Reitoria de Pesquisa
 Bairro: Ininga CEP: 64.049-550
 UF: PI Município: TERESINA
 Telefone: (86)3237-2332 Fax: (86)3237-2332 E-mail: cep.ufpi@ufpi.edu.br

Página 01 de 01

Assinatura do Pesquisador: _____

Assinatura do participante _____



Continuação do Parecer: 3.131.044

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|---|------------------------|------------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB INFORMACOES BÁSICAS DO PROJETO 1219772.pdf | 17/12/2018 22:51:26 | | Aceito |
| Declaração de Pesquisadores | decla_pesq_17.pdf | 17/12/2018 22:50:38 | Maria Marclá DANTAS DE SOUSA | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | tclefinalizado_17.pdf | 17/12/2018 22:50:07 | Maria Marclá DANTAS DE SOUSA | Aceito |
| Outros | oficio_encaminhamento.pdf | 21/11/2018 15:05:38 | Maria Marclá DANTAS DE SOUSA | Aceito |
| Outros | termo_de_confidencialidade_scanner.pdf | 21/11/2018 15:03:05 | Maria Marclá DANTAS DE SOUSA | Aceito |
| Outros | cv_lattes.pdf | 21/11/2018 10:56:00 | Maria Marclá DANTAS DE SOUSA | Aceito |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | PLT_BRASIL_autorizacao_institucional_2.pdf | 21/11/2018 10:34:38 | Maria Marclá DANTAS DE SOUSA | Aceito |
| Outros | Instr_de_coleta_de_dados.pdf | 21/11/2018 10:33:29 | Maria Marclá DANTAS DE SOUSA | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | projetoPlataformaBrasil_docx.pdf | 17/10/2018 19:59:34 | Maria Marclá DANTAS DE SOUSA | Aceito |
| Folha de Rosto | folhaDeRosto_pdf.pdf | 15/10/2018 21:56:58 | Maria Marclá DANTAS DE SOUSA | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

TERESINA, 04 de Fevereiro de 2019

Assinado por:

Maria do Socorro Ferreira dos Santos
(Coordenador(a))

Endereço: Campus Universitário Ministro Petrônio Portella - Pró-Reitoria de Pesquisa
Bairro: Ininga CEP: 64.049-550
UF: PI Município: TERESINA
Telefone: (86)3237-2332 Fax: (86)3237-2332 E-mail: cep.ufpi@ufpi.edu.br

Página 04 de 04

Assinatura do participante _____