



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

OLÍVIA FURLAN CAVALLINI

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO AMIDO E DA FARINHA DA FRUTA-
PÃO (*Artocarpus altilis*) E APLICAÇÃO EM PÃO DE FORMA**

ALEGRE – ES
FEVEREIRO, 2015

OLÍVIA FURLAN CAVALLINI

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO AMIDO E DA FARINHA DA FRUTA-
PÃO (*Artocarpus altilis*) E APLICAÇÃO EM PÃO DE FORMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a DSc. Raquel Vieira de Carvalho

Coorientadora: Prof^a DSc. Pollyanna Ibrahim Silva

ALEGRE – ES
FEVEREIRO, 2015

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO AMIDO E DA FARINHA DA FRUTA-
PÃO (*Artocarpus altilis*) E APLICAÇÃO EM PÃO DE FORMA**

OLÍVIA FURLAN CAVALLINI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: _____

Prof^a DSc. Raquel Vieira de Carvalho (Orientadora)
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof^a DSc. Pollyanna Ibrahim Silva (Coorientadora)
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof^a DSc. Mônica Ribeiro Pirozi (Membro externo)
Universidade Federal de Viçosa

Prof^a DSc. Suzana Maria Della Lucia (Membro interno)
Universidade Federal do Espírito Santo

DSc. Priscila Brigide (Membro interno)
Universidade Federal do Espírito Santo

Aos que sempre torceram pelo meu sucesso e conquistas, em especial aos meus pais, Rosiane e Pedro (*in memoriam*), meu irmão, Lucas, e meu companheiro de todas as horas, Breno.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar os meus passos e me dar forças para chegar até aqui.

Aos meus pais, minha base, e ao meu irmão querido, por sempre me apoiarem e estarem ao meu lado, fisicamente ou dentro do coração, em todos os momentos.

Ao meu namorado, Breno, pela paciência, compreensão, carinho, companheirismo e apoio sempre.

À Raquel Vieira de Carvalho, minha orientadora, professora e conselheira, por todo carinho e atenção nesses anos de trabalho. Obrigada por estar sempre presente em cada etapa.

À professora Pollyanna Ibrahim Silva, co-orientadora, pela disponibilidade em ensinar.

Aos professores Christiano Jorge Gomes Pinheiro (UFES), Sukarno Olavo Ferreira (UFV), Renê Chagas da Silva (UFV) e à amiga Priscila Brigide pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições.

Aos meus queridos estagiários, Luiza e Gabriel, o meu muito obrigada por todo trabalho que fizemos em equipe.

À banca de defesa, Mônica Ribeiro Pirozi, Suzana Maria Della Lucia e Priscila Brigide, pelas contribuições.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela disponibilidade de bolsa durante todo o curso.

Às minhas amigas do PCTA, Vanessa, Priscila, Andressa, Manoela, Gisela, Alessandra, Christyane, Paula, Sabrina e todos que de alguma forma me ajudaram e sempre torceram por mim.

Aos 80 julgadores que participaram da análise sensorial.

A todos aqueles que, perto ou distantes, me ajudaram e torceram por mim durante o desenvolvimento deste trabalho.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Índice de solubilidade e poder de inchamento dos amidos de fruta-pão e milho	34
Tabela 1.2 – Efeito do tempo de armazenamento sobre a sinerese (%) dos amidos de fruta-pão e de milho	35
Tabela 2.1 – Valores obtidos nas análises físico-químicas das amostras de farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas	59
Tabela 2.2 – Valores de fibras total, solúvel e insolúvel das amostras de farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas.....	62
Tabela 2.3 – Valores dos parâmetros de cor das amostras de farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas	64
Tabela 2.4 – Percentual de amostra retida nas peneiras pela análise de granulometria para farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas	66
Tabela 3.1- Ingredientes utilizados para elaboração dos pães de forma	77
Tabela 3.2 – Valores obtidos nas análises das amostras de pão com farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas	83
Tabela 3.3 – Valores obtidos pela análise de perfil de textura das amostras de pão de forma com farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas	87
Tabela 3.4 – Médias das notas de aceitação sensorial e intenção de compra para as amostras de pão com farinha de trigo (controle), fruta-pão e suas misturas	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Imagens de MEV do amido de fruta-pão (A) e do amido de milho (B) com ampliações de 2.000x.....	36
Figura 1.2 – Imagens de MEV do amido de fruta-pão (A) e do amido de milho (B) com ampliações de 3.000x.....	37
Figura 1.3 – Difractogramas de raio X das amostras de amidos de milho e de fruta-pão	39
Figura 3.1 – Imagens dos pães de forma elaborados com farinhas mistas de trigo e fruta-pão com diferentes percentuais de substituição	81
Figura 3.2 – Imagens das fatias dos pães de forma elaborados com farinhas mistas de trigo e fruta-pão com diferentes percentuais de substituição	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Fruta-pão	3
2.2 Farinhas	6
2.2.1 Farinha de fruta-pão	6
2.2.2 Farinha de trigo	7
2.2.3 Farinhas mistas	9
2.3 O pão	10
2.4 Amido	11
2.4.1 Propriedades do amido	13
2.4.2 Fontes de amido	14
2.4.2.1 Fontes comuns de amido	14
2.4.2.1 Fontes alternativas de amido	15
3 REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO I - Extração e caracterização do amido de fruta-pão (<i>Artocarpus</i> <i>altilis</i>)	24
1 INTRODUÇÃO	27
2 MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1 Material	28
2.1.1 Extração do amido da fruta-pão	28
2.2 Rendimento do amido da fruta-pão	28
2.3 Teor de água	28
2.4 Análises tecnológicas	29
2.4.1 Capacidade de ligação de água a frio	29
2.4.2 Poder de inchamento e índice de solubilidade	29
2.4.4 Sinerese	30
2.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	30
2.6 Difração de raio X	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1 Rendimento	31
3.2 Umidade	32
3.3 Capacidade de ligação de água a frio	32

3.4 Poder de inchamento e índice de solubilidade.....	33
3.5 Sinerese.....	35
3.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	36
3.7 Difração de raio X	38
4 CONCLUSÃO.....	40
5 REFERÊNCIAS.....	41
CAPÍTULO II - Extração e caracterização físico-química da farinha de fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) e misturas.....	45
1 INTRODUÇÃO	48
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
2.1 Material	49
2.2 Extração da farinha de fruta-pão.....	49
2.3 Preparo das amostras.....	49
2.4 Caracterização físico-química.....	50
2.4.1 Umidade	50
2.4.2 Teor de cinzas	50
2.4.3 Extrato etéreo	51
2.4.4 Teor de proteína	51
2.4.5 Carboidratos	52
2.4.6 Quantificação de energia	52
2.4.7 Fibra solúvel, insolúvel e total.....	52
2.4.8 pH	54
2.4.9 Análise de cor	54
2.4.10 Granulometria	55
2.5 Análise dos dados.....	55
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
3.1 Rendimento da farinha de fruta-pão.....	56
3.2 Umidade.....	56
3.3 Teor de cinzas.....	57
3.4 Extrato etéreo.....	57
3.5 Teor de proteína.....	58
3.6 Carboidratos.....	60
3.7 Quantificação de energia	60

3.8 pH	60
3.9 Fibra solúvel, insolúvel e total	61
3.10 Análise de cor	63
3.11 Granulometria	65
4 CONCLUSÃO.....	67
5 REFERÊNCIAS.....	67
CAPÍTULO III - Aplicação da farinha de fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) na elaboração de pão de forma.....	72
1 INTRODUÇÃO	75
2 MATERIAL E MÉTODOS	76
2.1 Material	76
2.2 Formulação dos pães.....	76
2.3 Umidade dos pães	77
2.4 Características físicas dos pães.....	77
2.4.1 Massa	77
2.4.2 Massa das fatias	77
2.4.3 Volume.....	78
2.4.4 Volume específico.....	78
2.4.5 Altura	78
2.4.6 Análise do perfil de textura	78
2.5 Teste de aceitação sensorial e intenção de compra.....	79
2.6 Aspectos éticos.....	79
2.7 Análise dos dados.....	80
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
3.1 Umidade.....	80
3.2 Características físicas dos pães.....	81
3.2.1 Análise do perfil de textura	84
3.3 Teste de aceitação sensorial e intenção de compra	88
4 CONCLUSÃO.....	90
5 REFERÊNCIAS.....	90
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
APÊNDICE	95
APÊNDICE A – Ficha de análise sensorial e intenção de compra	95

RESUMO

CAVALLINI, Olívia Furlan. Caracterização físico-química do amido e da farinha da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) e aplicação em pão de forma. 2015. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientadora: Prof^a DSc. Raquel Vieira de Carvalho. Coorientadora: Prof^a DSc. Pollyanna Ibrahim Silva.

A fruta-pão é um fruto rico em vitaminas e minerais do qual pode ser extraído o amido ou processado à forma de farinha aumentando sua vida de prateleira. Essa farinha pode substituir parcialmente a farinha de trigo em produtos panificáveis. O objetivo do presente estudo foi extrair e analisar algumas características físicas, químicas e tecnológicas do amido nativo de fruta-pão, além de realizar a caracterização físico-química da farinha obtida desse fruto, de suas misturas com a farinha de trigo e verificar a viabilidade destas na elaboração de pão de forma. O amido de fruta-pão foi submetido às análises de umidade, capacidade de ligação de água a frio (CLAF), poder de inchamento (PI), índice de solubilidade (IS), sinérese, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e difração de raio X. O amido de milho foi analisado para efeito de comparação. O amido de fruta-pão apresentou maior umidade (18,32%), CLAF (80,33%), PI (198,71 g/g a 90 °C), IS (7,22% a 90 °C) e sinérese (2,69 mL) quando comparado com o amido de milho. Pela análise de MEV, verificou-se que o amido de fruta-pão apresentou grânulos menores que os do amido de milho, mas ambos com formato poliédrico. A difração de raio X permitiu classificar o amido de milho como tipo A e o de fruta-pão como tipo B. As amostras de farinha analisadas continham um percentual de farinha de fruta-pão de 0% (controle), 5%, 10%, 15%, 20% e 100% e foram submetidas às análises de umidade, cinzas, extrato etéreo, carboidratos, proteína, energia, fibra total, solúvel e insolúvel, pH, cor e granulometria. Os mesmos percentuais de substituição foram utilizados para a elaboração dos pães, analisados em relação a umidade, peso, volume, volume específico, altura, perfil de textura, aceitação sensorial e intenção de compra. A substituição da farinha de trigo pela farinha de fruta-pão influenciou na granulometria das misturas, reduziu o teor de proteína de 10,8% para 3,99%, elevou o percentual de carboidratos, cinzas e pH de 73,84%, 0,52% e 5,94 para 83,10%, 2,19% e 6,34, respectivamente. No entanto, para a umidade, teor de lipídeos e diferença global de cor das amostras não foi verificada influência significativa do percentual de substituição. A farinha de fruta-pão apresentou um maior percentual de fibras totais (21,17%), solúveis (10,39%) e insolúveis (10,77%). Para os pães de forma, o aumento da substituição não influenciou na umidade e no peso dos pães, exceto para a amostra com 100% de farinha de fruta-pão, que apresentou 41,28% de umidade e peso de 588,65 g. Para as demais análises, os maiores percentuais de substituição influenciaram negativamente as características do produto. Em relação a caracterização físico-química das amostras de farinha, o aumento do percentual de substituição influenciou na maioria dos parâmetros avaliados. Para os pães, as formulações com maiores notas hedônicas e com melhor intenção de compra foram as com substituição de 5% e de 10%.

Palavras-chave: MEV, difração de raio X, características tecnológicas, análise sensorial

ABSTRACT

CAVALLINI, Olivia Furlan. Physical and chemical characterization of starch and flour breadfruit (*Artocarpus altilis*) and application in bakery. 2015. Dissertation (Master Degree Programme in Food Science and Technology) - Federal University of Espírito Santo, Alegre - ES. Advisor: Prof. DSc. Raquel Vieira de Carvalho. Co-Advisor: Prof. DSc. Pollyanna Ibrahim Silva.

The breadfruit is a fruit rich in vitamins and minerals which can be extracted starch or processed to the form of flour increasing its shelf life. This flour can partially replace the wheat flour for producing bread products. The aim of this study was to extract and analyze some physical, chemical and technological characteristics of native starch breadfruit, and perform the physical-chemical characterization of this fruit flour and mixed flours and verify the viability of the preparation of bakery. The breadfruit starch was subjected to moisture, water binding capacity cold (WBCC), swelling power (SP), solubility index (SI), syneresis, scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffraction. The corn starch was analyzed for comparison. The breadfruit starch showed higher moisture (18.32%), WBCC (80.33%), SP (198.71 g/g to 90 °C), SI (7.22% at 90 °C) and syneresis (2.69 ml) compared to the corn starch. By SEM analysis, it was found that breadfruit starch granules showed lower than maize starch, but both with a polyhedral shape. The X-ray diffraction allowed to classify corn starch as type A and the breadfruit as type B. Flour analyzed samples contained a percentage of breadfruit flour 0% (control), 5%, 10%, 15%, 20% and 100% and were subjected to moisture, ash, lipids, carbohydrates, protein, energy, total, soluble and insoluble fiber, pH, color and particle size. The same percentage of replacement were used in the preparation of bread, analyzed for moisture, weight, bulk and specific bulk, height, texture profile, sensory acceptance and purchase intent. The replacement of wheat flour by breadfruit flour influence the particle size mixtures, reduced the protein from 10.8% to 3.99%, increased the percentage of carbohydrates, ash and pH from 73.84%, 0.52%, 5.94 to 83, 10%, 2.19% , 6.34, respectively. However, for moisture, lipid content and overall difference in color of the samples showed no significant influence of the percentage of replacement. The flour breadfruit presented a greater percentage of total fiber (21.17%), soluble (10.39%) and insoluble (10.77%). For bakery increased substitution did not affect the moisture and weight of bread, except for the sample with 100% breadfruit flour which showed 41.28% moisture and weight of 588.65 g. For the remaining analyzes, the highest percentages of replacement negatively influenced the characteristics of the product. Regarding the physical and chemical characterization of the flour samples, increasing the replacement percentage influenced most of the evaluated parameters. For breads, formulations with high hedonic notes and better purchase intent were with replacement of 5% and 10%.

Keywords: SEM, X-ray diffraction, technological characteristics, sensory analysis

1 INTRODUÇÃO

A fruta-pão é um alimento com alto conteúdo de carboidratos (76,7%), rica em vitaminas B₁, B₂ e C, cálcio, fósforo, ferro (MOREIRA et al., 2006; SÁ, 2007). No Brasil, é comumente produzida, sem fins comerciais, em estados como São Paulo, Bahia e Pará, que apresentam clima tropical úmido, com regiões baixas e chuvosas (CALZAVARA, 1987). No entanto, mesmo com a adaptação ao clima, facilidade de cultivo, elevada produção e as características nutricionais que apresenta, há pouca expressividade do cultivo e consumo da fruta-pão no país. Em algumas regiões, como no município de Iconha – ES, onde há uma produção expressiva, porém sem fins comerciais da fruta-pão, parte da população não conhece ou nunca consumiu o fruto, o que dificulta o seu aproveitamento.

A polpa da fruta-pão pode ser consumida cozida ou assada (NWOKOCHA; WILLIAMS, 2011). Segundo Sá (2007) o seu uso corrente é limitado pela dificuldade de estocagem da fruta fresca e, portanto, é importante maximizar os potenciais desta fruta no processamento de diferentes produtos alimentícios com maior vida de prateleira, como por exemplo a sua conversão em farinha, que aumenta sua estabilidade, bem como sua versatilidade.

Segundo Moreira e colaboradores (2006), a farinha da fruta-pão é uma alternativa para o aproveitamento e conservação das características nutritivas do fruto. Possui processo de fabricação simples que permite a obtenção de um produto com boa aparência, coloração branca, baixo custo e sem glúten. Na forma de farinha, a fruta-pão pode ser estocada por maior período e utilizada como matéria-prima em pães, bolos e outros produtos como farinha mista (MOREIRA et al., 2006; PEREIRA et al., 2010).

Atualmente há uma crescente tendência das indústrias alimentícias para se encontrar fontes alternativas de amido (SÁ, 2007) com características tecnológicas que possam diferenciá-las das demais. A fruta-pão *in natura* é considerada uma fonte de amido (RINCÓN; PADILHA, 2004; ADEBOWALE et al., 2005) e as suas características físico-químicas e reológicas sugerem que ele seja empregado em produtos com processos longos de aquecimento (ADEBOWALE et al., 2005). Além disso, as propriedades tecnológicas, como o poder de inchamento e o tamanho

médio das partículas podem facilitar a sua utilização na indústria de alimentos (AKANBI et al., 2009).

Diante das características da fruta-pão de alta perecibilidade na forma *in natura* e fresca, fácil produção, baixo aproveitamento e potencial fonte de farinha panificável e amido, o objetivo do presente trabalho foi: a) extrair e avaliar as características do amido da fruta-pão; b) obter a farinha de fruta-pão a partir da fruta *in natura* e analisar as suas características físico-químicas; c) avaliar as características físico-químicas das misturas de farinha de fruta-pão e farinha de trigo; d) elaborar formulações de pães de forma com diferentes percentuais de farinha de fruta-pão; e) avaliar a aceitação sensorial e intenção de compra dos pães produzidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fruta-pão

A fruta-pão (*Artocarpus altilis*) é membro da família Moraceae, originária de ilhas do sul do Pacífico (CALVACANTE, 1991) que engloba cerca de 1.500 espécies em 63 gêneros (BARROSO et al., 2002). Etimologicamente o nome genérico *Artocarpus* significa fruta-pão, enquanto o epíteto específico *altilis* denota nutritivo, fazendo alusão ao valor nutricional do fruto (SACRAMENTO et al., 2009). Adapta-se bem a clima de baixa altitude, com pluviosidade acima de 1.200 mm bem distribuída durante o ano, temperatura média de 25 °C, sem ocorrência de geadas e umidade relativa acima de 70% (SACRAMENTO et al., 2009).

É uma das mais importantes frutas alimentares do mundo, constituindo base alimentar dos povos de ilhas do Pacífico (Malásia, Java, Indonésia, Micronésia, Tailândia e Filipinas), para os quais é utilizado sob as mais variadas formas (CALZAVARA, 1987). As pontas das folhas e a casca interna podem ter importância medicinal, o látex pode ser utilizado como goma de mascar e adesivo e as flores masculinas secas podem ser queimadas para repelir mosquitos e outros insetos (RAGONE, 2011).

Na América, a fruta-pão é encontrada na Venezuela, Guatemala, Honduras, Porto Rico, Brasil, México, Panamá, Martinica, São Vicente e Havaí (SACRAMENTO et al., 2009).

No Brasil sua importância não é muito grande, embora seja comum em toda região tropical úmida, como no Pará, onde o seu cultivo é espontâneo (CALZAVARA, 1987). Em pequena escala, a fruta-pão é cultivada no Brasil desde o estado de São Paulo até o extremo norte do país, desenvolvendo-se melhor nas regiões baixas e chuvosas (CALZAVARA, 1987). Mesmo em número reduzido, o fruto é encontrado no litoral dos Estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, onde é bastante apreciado (SACRAMENTO et al., 2009).

A fruteira-pão é uma árvore perene de crescimento rápido, com cerca de 12 m -15 m de altura e tronco com diâmetro variando de 0,3 a 1 m (RAGONE, 2011). Suas folhas são grandes, variando de 40 cm a 75 cm de comprimento e 25 cm a 45 cm de largura (CALZAVARA, 1987).

A fruteira-pão da variedade apyrena produz frutos até três vezes ao ano, sendo este número de frutos muito elevado (SOETJIPTO; LUBIS, 1981). Em algumas regiões do Brasil, sua frutificação ocorre uma vez ao ano, com maior produção entre os meses de janeiro a maio, podendo variar conforme a região (MOREIRA et al., 2006). Na Amazônia brasileira, a fruteira-pão frutifica no segundo semestre do ano (CALVACANTE, 1991).

O fruto é um sincarpo arredondado, com 10 cm a 30 cm de diâmetro, podendo conter ou não sementes (SACRAMENTO et al., 2009). Quando imaturo, o fruto apresenta coloração verde e polpa fibrosa e branca, mas torna-se bronzeado a amarelado e de polpa amarela quando maduro (SANTANA, 2010).

São conhecidas duas variedades de fruta-pão, a apyrena e semínífera (CALVACANTE, 1991). A variedade apyrena (*Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg var. apyrena), também conhecida como fruta-pão sem sementes, apresenta casca áspera, recoberta por placas poligonais, cada uma correspondendo a uma flor, tornando-se lisa e amarelada ao amadurecer (MARTIN, 2010).

De acordo com Martin (1998), a polpa é a principal parte comestível, apresentando coloração branca ou coberta de uma ligeira coloração amarela, quando a fruta está madura. Na Bahia, essa variedade é encontrada desde o Recôncavo Baiano até a divisa com o Espírito Santo, em uma faixa de 80 km a partir do litoral (SANTANA, 2010).

A variedade semínífera (*Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg var. semínífera) é a fruta-pão com sementes, cuja parte comestível do fruto é representada pelas sementes, que são consumidas depois de cocção. As plantas apresentam porte mais elevado do que a variedade apyrena e são encontradas com mais frequência no extremo norte do Brasil.

Dentre as variedades citadas, a apyrena é mais apreciada como alimento e destaca-se pelo seu elevado valor nutricional (MARTIN, 1998; MOREIRA et al., 2006). De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011), em 100 g de fruta-pão *in-natura* há 67 Kcal, 80,09% de umidade, 1,1% de proteína, 0,2% de lipídeos, 17,2% de carboidratos, 5,5% de fibras e 0,7% de cinzas.

Segundo Santana (2010), em termos nutricionais, a fruta-pão se compara favoravelmente com outras fontes de carboidratos utilizados como alimento. Em comparação com a mandioca, por exemplo, a fruta-pão é completamente livre de

toxinas e, devido à sua natureza perene e longevidade da planta, não é necessário fazer frequentes replantios. O conteúdo de proteínas da polpa de 3,8 % a 4,1% é mais elevado do que na mandioca e é uma excelente fonte de potássio, ferro e niacina, quando comparado com outros alimentos amiláceos (MANICA, 2002).

Para fins culinários, geralmente com polpa cozida, assada, em forma de purê ou em fatias, os frutos devem ser colhidos ao atingirem o pleno desenvolvimento, antes de iniciarem o amadurecimento, uma vez que nesse estágio, apresentam sabor insípido e, por isso, impróprios para o consumo (AMUSA et al., 2002; SACRAMENTO et al., 2009).

Os frutos frescos apresentam uso limitado devido à sua perecibilidade (MA et al., 2012). Dez dias após a colheita, parte dos frutos colhidos são perdidos devido à sua deterioração (AMUSA et al., 2002). Para prorrogar o prazo de validade dos frutos após a colheita pode ser empregado um pré-resfriamento com gelo ou o envolvimento dos mesmos com água (RAGONE, 2011).

Segundo Sacramento e colaboradores (2009), as principais perdas dos frutos são devidas ao seu amolecimento. A manifestação de fungos e bactérias na fruta-pão é rara e ocorre de forma secundária quando os frutos estão muito maduros e sua estrutura interna entra em colapso. De acordo com Amusa e colaboradores (2002), os fungos *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer*, *Botryodiplodia theobromae*, *Mycovellosiella fulva*, *Penicillium* sp. e *Aspergillus flavus* podem ser encontrados nos frutos a partir do terceiro dia de armazenamento.

Para Ragone (2011), as principais desvantagens da fruta-pão como cultura estão relacionadas com o fato de serem frutos perecíveis com prazo de validade curto, com suporte limitado para pesquisa, desenvolvimento e comercialização, além de falta de conhecimento de parte da população sobre a fruta-pão e suas características nutricionais e aplicabilidade na culinária.

A elevada perecibilidade da polpa da fruta-pão sem sementes torna necessária à utilização de técnicas de conservação para aumentar sua vida útil, permitindo o aproveitamento do excesso de produção, o consumo no período de entressafra e a sua comercialização em longas distâncias (RAGONE, 2011).

Em inúmeras ilhas do Oceano Pacífico, a fruta-pão constitui um recurso insubstituível na alimentação popular, e, por esse motivo, a população adotou tecnologias próprias, embora rudimentares, as quais possibilitam a conservação dos

frutos de uma colheita à outra, como por exemplo, secagem ao sol e farinha (CALZAVARA, 1987). Na Jamaica, a farinha da fruta-pão é cozida, adoçada e consumida como mingau em sobremesas (SACRAMENTO et al., 2009).

2.2 Farinhas

2.2.1 Farinha de fruta-pão

A secagem é um dos métodos de conservação, que, combina mecanismos de transferência de calor e massa e reduz a disponibilidade de água, dificultando o crescimento microbiano e reações químicas e bioquímicas (ALMEIDA et al. 2006).

A farinha de fruta-pão representa para consumo humano uma forma alternativa de aproveitamento e conservação das características nutritivas do fruto, podendo ser estocada por maior período (MOREIRA et al., 2006).

Ela contém, em 100 g, 367 Kcal (1.534,06 kJ), 76,70% de carboidratos, 3,68% de proteínas, 0,65% de lipídeos, 4,26% de fibra e não contém, em sua constituição, as gliadinas e gluteninas, que não podem ser consumidas por indivíduos que são acometidos por intolerância ao glúten (MOREIRA et al., 2006; SACRAMENTO et al., 2009).

Em comparação com a farinha de trigo, a farinha de fruta-pão apresenta maiores teores dos componentes alimentares citados, com exceção apenas para a proteína, que é encontrada em um percentual médio de 9,8% da farinha de trigo (TACO, 2011).

Quando a polpa do fruto é seca e moída, obtém-se um tipo de farinha, que pode ser utilizada em mistura com o trigo formando uma combinação mais nutritiva, na fabricação de pães, bolos e outros produtos panificados (CALZAVARA, 1987; SACRAMENTO et al., 2009).

Souza e colaboradores (2012) desenvolveram e avaliaram a aceitação de uma farinha instantânea de fruta-pão para preparo de purê. Foi verificado que a farinha apresentou características semelhantes a outros tipos de farinhas, além de boa aceitação sensorial.

2.2.2 Farinha de trigo

De acordo com a RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, as farinhas são caracterizadas como um pó desidratado obtidas de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos.

Alguns estudos sugerem que as farinhas podem ser elaboradas com matérias-primas provenientes de cereais como o trigo, o arroz (CLERICI; EL-DASH, 2006; ASSIS et al., 2009), o tritcale (MONTENEGRO, 2011) e o milho, ou não provenientes de cereais, como o inhame (*Dioscorea sp.*) (ARAÚJO, 2010), okara (BOWLES; DEMIATE, 2006) e cascas de frutas (CARVALHO et al., 2012).

As farinhas são utilizadas, principalmente, como matéria-prima para a elaboração de produtos panificados como pães, biscoitos, bolos e bolachas (BRASIL, 2005b).

O trigo é um cereal amplamente produzido no mundo, do qual é extraída a farinha de trigo, que possui um sabor agradável e é um ingrediente fundamental para elaboração da farinha utilizada para produção de produtos panificados (SCHEUER et al., 2011).

Segundo a Instrução Normativa nº 8 de 02 de junho de 2005, a farinha de trigo é um produto elaborado com grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) ou outras espécies de trigo do gênero *Triticum*, ou combinações por meio de trituração ou moagem e outras tecnologias ou processos. Pode ser acrescida de outros componentes de acordo com a Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996.

O processo para a obtenção da farinha de trigo consiste basicamente da moagem do endosperma do grão, precedida da separação do farelo e do germe, que é possível em função das diferentes propriedades físicas do farelo, germe e endosperma (SCHEUER et al., 2011).

A farinha de trigo é composta, sobretudo de amido (70% a 75%), água (12% a 14%), proteínas (8% a 16%), polissacarídeos não amiláceos (2% a 3%), lipídeos (2%) e cinzas (1%), podendo ter influência do tipo de cultivar, solo e estação do ano (MORITA et al., 2002).

A umidade da farinha não deve ser superior a 15%, uma vez que pode propiciar a formação de grumos, dificultando o seu transporte e utilização, além de favorecer o desenvolvimento de agentes deteriorantes (BORGES, 2009). Além disso, deve-se apresentar limpa, seca e isenta de odores ou sabores estranhos ou impróprios ao produto (BRASIL, 2005a).

As proteínas do trigo podem ser divididas em proteínas solúveis, que englobam as albuminas e as globulinas e proteínas de reserva, gliadinas e gluteninas, que são responsáveis pelas propriedades viscoelásticas da massa devido à formação do glúten (GOESAERT et al., 2005). As gliadinas e gluteninas correspondem a cerca de 85% do total de proteínas do trigo e são encontradas em quantidades próximas no grão (SHEWRY; HALFORD, 2002).

Segundo Goesaert e colaboradores (2005) e Borght e colaboradores (2005), rica em prolina e glutamina, a gliadina apresenta peso molecular médio de 40.000 kDa, cadeia simples e, quando hidratada, apresenta-se gomosa. A glutenina tem composição similar à gliadina, mas é formada por inúmeras cadeias ligadas entre si, com peso molecular médio de 100.000 kDa, podendo chegar a milhões.

Quando o glúten é hidratado, a sua propriedade viscoelástica é caracterizada a partir da atuação plastificante da gliadina, promovendo viscosidade, e da glutenina, propiciando resistência à ruptura da massa, ou seja, a gliadina tem boa extensibilidade e a glutenina, melhor elasticidade (SCHEUER et al., 2011).

O glúten é responsável pela elasticidade e consistência da massa e é formado quando a farinha de trigo, a água e os demais ingredientes são misturados e sofrem uma ação mecânica (ANVISA, 2014).

Um glúten de boa qualidade permite expansão suficiente e boa distribuição das células de gás dentro da massa, resultando em produto volumoso e com boa textura (BORGES, 2009).

A qualidade da farinha de trigo está relacionada com dois fatores principais, os inerentes ao trigo, resultantes da composição genética e das condições de crescimento da planta e os que dependem do processo de armazenamento e moagem do trigo em farinha (QUEJI et al., 2006).

Os parâmetros de qualidade da farinha comumente verificados são umidade, acidez, cinzas, proteína, número de queda, força de glúten, absorção de água,

propriedades de mistura e capacidade elástica e extensível da massa (COSTA et al., 2008).

O grau de extração da farinha afeta diretamente a sua qualidade uma vez que quanto menor, maior a proporção de proteína formadora do glúten e, conseqüentemente, maior a sua qualidade tecnológica (KOBELITZ, 2011).

Na farinha de trigo o tamanho da partícula, ou seja, a granulometria é uma das propriedades físicas mais importantes que afetam seu escoamento, além de afetar o processo tecnológico e as características do produto final (STASIO et al., 2007). A absorção de água é altamente influenciada pela granulometria, afetando diretamente as características sensoriais de aparência, sabor, textura e tempo de cozimento dos produtos panificados (BORGES, 2003).

2.2.3 Farinhas mistas

De acordo com a RDC nº 263 de setembro de 2005, farinha mista ou composta é a designação utilizada quando a farinha de trigo é substituída parcialmente por outras farinhas para uso em produtos de panificação.

Muitos trabalhos são realizados com a utilização de farinhas mistas, visando um aumento da qualidade nutricional, redução de custos e a possível manutenção ou melhoria das características tecnológicas dos produtos panificados (ASSIS et al., 2009; ARAÚJO, 2010; KRISHNAN et al., 2011; SINGH et al., 2012).

Ao se formular uma farinha mista deve-se levar em consideração alguns aspectos para que seja viável a sua aplicação, como por exemplo, as propriedades reológicas da massa, e as características físicas, sensoriais e nutricionais das matérias-primas empregadas na formulação (BORGES, 2009).

A farinha de trigo pode ser substituída parcialmente em uma determinada formulação, até um limite em que não sejam comprometidas as características tecnológicas da massa e sensoriais dos produtos derivados (BENASSI; WATANABE, 1997). No entanto, a substituição parcial da farinha de trigo por outras farinhas que não contenham glúten pode reduzir o potencial panificável da mistura, resultando em dificuldades no manuseio da massa, menor volume, aumento da firmeza, escurecimento do miolo e, em alguns casos, alteração do sabor, este, porém, pode ser benéfico ou não (WANG et al., 2002).

O percentual de farinha de trigo necessária para garantir bons resultados em farinhas mistas depende da qualidade e da quantidade da proteína do trigo, bem como das características da farinha adicionada (BORGES, 2009).

2.3 O pão

Os pães são produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes ou não do processo de fermentação, cocção, podendo ser acrescidos de outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos, sendo os ingredientes essenciais para sua produção a farinha, o fermento, a água e o sal (BRASIL, 2005b; CAUVAIN; YOUNG, 2009).

Embora o termo "pão" seja usado genericamente, existe uma ampla variedade de tipos de pães (que reflete a cultura e usos locais e nacionais), frequentemente identificados pelas suas estruturas ou por suas formas específicas (CAUVAIN; YOUNG, 2009; LAMPIGNANO et al., 2013). O pão de forma, um dos tipos de pão consumidos no Brasil, é caracterizado como um produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia (BRASIL, 2000).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Trigo (ABITRIGO, 2014), entre os anos de 2005 e 2012, cerca de 55% da farinha de trigo comercializada no Brasil foi destinada ao setor de panificação. No ano de 2012, o índice de crescimento das empresas de Panificação e Confeitaria foi de 11,6% e o consumo *per capita* de pão foi estimado em 34,09 Kg por habitante, ficando abaixo de países Latino-americanos como o Chile, Argentina, Uruguai e Costa Rica (ABIP, 2014).

Os pães têm como componentes essenciais a farinha e a água. A esses dois ingredientes são adicionados vários outros como: lipídios, açúcares, fermento, ovos, leite, aromatizantes e corantes, que darão as características dos vários tipos de produtos (LAMPIGNANO et al., 2013).

De acordo com Benassi e Watanabe (1997), o processamento dos pães envolve três etapas cruciais para a obtenção de produtos com qualidade aceitável que são a mistura, a fermentação e o assamento. A fase de mistura é importante para a distribuição uniforme dos ingredientes e para a produção de uma massa

homogênea e lisa (CANELLA-RAWLS, 2006). Na fermentação ocorre o descanso da massa com a produção de gás, a complementação do desenvolvimento do glúten e a produção do sabor e do aroma do produto (BENASSI; WATANABE, 1997). Durante o assamento, o pão passa por um processo de cozimento, no qual, pela ação do calor, a massa passa por uma mudança pronunciada de suas características, apresentando-se ao final como um produto digerível, com aroma e sabor agradáveis (BENASSI; WATANABE, 1997; LE-BAIL et al., 2011).

Para Cauvain e Young (2009), a qualidade dos produtos panificados pode ser determinada pela avaliação de suas características sensoriais, internas e externas, estando as duas últimas relacionadas com as características tecnológicas do produto.

As características externas analisadas com maior frequência são o volume, as dimensões, a cor da crosta, a aparência. Já as características internas estão relacionadas à cor do miolo, à distribuição de células do miolo, assim como a sua textura, e características da crosta (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

De acordo com El-Dash, Camargo e Diaz (1982), cor da crosta é avaliada observando-se a sua uniformidade, o seu brilho, se é muito clara ou muito escura. Já a cor do miolo deve ser analisada conforme a sua claridade, uniformidade da opacidade e ausência da coloração acinzentada. A distribuição das células do miolo deve ser uniforme, sem alvéolos muito abertos ou fechados demais. Em relação à textura do miolo, ela deve ser uniforme, de leve aspecto úmido e suave. A crosta deve-se apresentar macia, não borrachenta, não quebradiça e de espessura ideal, nem muito grossa ou muito fina.

As características externas e internas variam conforme o produto e os ingredientes utilizados na sua elaboração e estão fortemente relacionadas com a aceitação do consumidor (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

2.4 Amido

O amido é o componente mais abundante da maioria dos alimentos sendo responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados (FREITAS; LEONEL, 2008).

Esse polissacarídeo de reserva energética das plantas é composto basicamente por polímeros de α -D-glicose e apresenta-se na forma de grânulos de tamanhos e formatos variados, que são insolúveis em água fria (POLESI, 2009).

O amido é composto por cadeias de amilose e amilopectina (TESTER et al., 2004). A amilose é uma molécula formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4, originando uma cadeia linear (BULÉON et al., 1998). Já a amilopectina é constituída por unidades de glicose unidas por ligações α -1,4 e α -1,6, formando uma estrutura ramificada (BULÉON et al., 1998; GENKINA et al., 2007).

A intensidade das associações entre a amilose e amilopectina por ligações de hidrogênio formam áreas cristalinas e amorfas (SOARES, 2003). As áreas cristalinas mantêm a estrutura do grânulo e controlam o comportamento do amido em água, fazendo com que o grânulo de amido absorva uma quantidade limitada de água (SOARES, 2003). Nas zonas amorfas as associações são mais fracas e nas cristalinas mais fortes (MUCCILLO, 2009).

A maioria dos grânulos de amido contém de 20% a 30% de amilose e 70% a 80% de amilopectina, uma das exceções é o amido de milho ceroso, obtido por melhoramento genético, que pode conter 100% de amilopectina (MARCON et al., 2007).

Ao ser observado em microscópio de luz polarizada, o amido exibe birrefringência na forma típica de uma cruz de polarização (Cruz de Malta), propriedade de birrefringência produzida porque o grânulo de amido possui um alto grau de ordem molecular (ENGLYST; HUDSON, 1996).

As proporções em que a amilose e amilopectina ocorrem no grânulo variam em relação às fontes de onde o amido é extraído como sementes, raízes, frutas e tubérculos, diferem entre variedades de uma mesma espécie vegetal e de acordo com o grau de maturação da planta em uma mesma variedade (BULÉON et al., 1998; TESTER et al., 2004; FREITAS; TAVARES, 2005; BEMILLER; WHISTLER, 2009).

Os grânulos dos amidos nativos podem ser classificados com base no seu padrão de cristalinidade nos tipos A, B e C. A cristalinidade tipo A ocorre na maioria dos cereais como o milho, arroz, trigo, aveia; a estrutura de padrão tipo B pode ser observada em tubérculos, arroz com alto teor de amilose e amido modificado por

retrogradação; o tipo C é encontrado em certas raízes e sementes como ervilha lisa e fava (DENARDIN; SILVA, 2009).

2.4.1 Propriedades do amido

As mudanças de viscosidade em materiais amiláceos durante o processamento pode ser atribuída ao processo de gelatinização do amido (MARCON et al., 2007).

Os grânulos de amido em contato com água fria incham ligeiramente (10 % - 20 %) devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas, mas este inchamento é um processo reversível com a secagem, pois não houve intumescimento e ruptura da estrutura do grânulo (POLESI, 2009).

Durante o aquecimento em meio aquoso, os grânulos de amido sofrem mudanças irreversíveis em sua estrutura, envolvendo a ruptura das pontes de hidrogênio que estabilizam a estrutura cristalina interna do grânulo e o seu intumescimento (LOBO; SILVA, 2003).

Acredita-se que a expansão inicial aconteça na região amorfa do grânulo onde as pontes de hidrogênio são menos numerosas e os polímeros são mais suscetíveis à dissolução (LOBO; SILVA, 2003). Durante o aquecimento de dispersões de amido em presença de excesso de água, inicialmente ocorre o inchamento de seus grânulos até temperaturas nas quais ocorre o rompimento dos grânulos, com destruição da ordem molecular e mudanças irreversíveis nas suas propriedades (SOUZA; ANDRADE, 2000).

Quando o aquecimento prossegue com quantidade suficiente de água para hidratação, rompe-se a região cristalina e a água entra, fazendo o grânulo romper-se e perder a birrefringência, isto é, não se visualiza mais a cruz de Malta sob luz polarizada (LOBO; SILVA, 2003).

O processo de intumescimento ocorre até um ponto de máxima viscosidade, a partir do qual, qualquer energia extra fornecida será utilizada para romper o gel formado, reduzindo a sua viscosidade (BENASSI; WATANABE, 1997).

Quando é armazenado e resfriado, o amido gelatinizado pode sofrer um fenômeno denominado retrogradação (DENARDIN; SILVA, 2009). Com o tempo, as moléculas do amido vão perdendo energia e as ligações de hidrogênio tornam-se

mais fortes, promovendo uma reassociação das cadeias a um estado mais ordenado (LOBO; SILVA, 2003; DENARDIN; SILVA, 2009).

As cadeias de amilose, devido à sua estrutura linear, se aproximam mais facilmente que as de amilopectina, agregando-se e formando duplas hélices cristalinas estabilizadas por pontes de hidrogênio (LOBO; SILVA, 2003; APLEVICZ, 2006). Esse processo pode resultar em defeitos na qualidade do produto como o envelhecimento do pão, perda de viscosidade e formação de precipitados em sopas e molhos (DAMODARAM; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Após a gelatinização, à medida que o gel formado é resfriado, por refrigeração ou por congelamento, as cadeias do amido, principalmente as de amilose, tendem a interagir fortemente entre si, determinando, assim um fenômeno conhecido como sinérese, que é caracterizado pela perda de água do gel retrogradado para o meio externo (LOBO; SILVA, 2003).

2.4.2 Fontes de amido

O amido encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies vegetais como um carboidrato de reserva, sendo abundante em grãos de cereais, leguminosas, tubérculos e frutas imaturas ou verdes, principalmente no milho, arroz, batata e mandioca (LEONEL; CEREDA, 2002).

A fonte do amido pode influenciar diversos processos tecnológicos da indústria de alimentos, como por exemplo, a textura e a retenção de água de determinados produtos (ADEBOWALE et al., 2005).

Pesquisas são realizadas para descoberta fontes alternativas de amido que apresentem características relevantes de temperatura de formação de gel, sinérese, retrotrogradação, por exemplo, que atendam as exigências da indústria e que possam substituir total ou parcialmente os amidos comumente utilizados (DENARDIN; SILVA, 2009).

2.4.2.1 Fontes comuns de amido

O amido de milho caracteriza-se pela formação de um gel consistente, é bastante utilizado em sopas desidratadas e molhos que requerem viscosidade a

quente. Já para produtos que necessitam de armazenamento sob refrigeração, esse amido não é muito indicado, sendo recomendado o uso do amido de milho ceroso que apresenta maior estabilidade a baixas temperaturas, pelo fato de praticamente não possuir amilose (WEBER; COLLARES-QUEIROZ; CHANG, 2009).

A fécula de mandioca é um pó fino, branco, inodoro e insípido obtido de raízes de mandioca e que apresenta características físico-químicas de interesse industrial (ABAM, 2014). O segmento da fécula da mandioca pode ser dividido em fécula nativa (polvilho doce) e fécula fermentada (polvilho azedo) e outro de féculas modificadas, que são produzidos a partir da fécula nativa (MAEDA; CEREDA, 2001).

O processo de produção do polvilho doce consiste na lavagem e descascamento das raízes, desintegração para liberação dos grânulos de amido, separação das fibras, purificação para a separação do amido, desidratação e secagem (SEBRAE, 2014). O polvilho azedo é obtido pela fermentação do polvilho doce, podendo também ser produzido a partir da fécula decantada do líquido de prensagem da massa ralada, subproduto da fabricação da farinha de mandioca (CARVALHO et al., 1996).

A batata é um alimento basicamente energético, rico em proteína, sendo também importante fonte de minerais (LEONEL, 2014). O amido extraído da batata apresenta grânulos de formato oval para regular ou cuboidal, com diâmetros médios variáveis de 15 μm a 20 μm e 20 μm a 45 μm , com baixa temperatura de gelatinização (64,8 $^{\circ}\text{C}$) e baixa tendência a retrogradação, características que fazem com que a fécula de batata seja utilizada como espessante em sopas desidratadas e molhos, como agente ligante (SINGH; SINGH, 2001).

2.4.2.1 Fontes alternativas de amido

Embora as principais fontes comerciais de amido sejam grãos de cereais, tubérculos e certas raízes, outras potenciais fontes não convencionais têm sido relatadas como fontes alternativas de amido comercial (RINCÓN; PADILHA, 2004).

Demiante e colaboradores (2003) avaliaram a maçã em seu estado imaturo como fonte alternativa de amido. De acordo com os autores, os grânulos do amido de maçã apresentaram semelhança morfológica com os de mandioca e

completamente distinto dos de milho. As características funcionais de solubilidade e intumescimento se aproximaram dos valores encontrados para o amido de milho.

Segundo Oliveira e colaboradores (2009), as leguminosas são ricas em proteínas e amido, sendo que o amido representa de 45% a 65% da sua composição. O grão de bico é uma leguminosa que apresenta cerca de 95% de amido do total de carboidratos. Esse amido proporciona boa capacidade de formação de géis, de elevada dureza e elasticidade, características que indicam boa aplicação do amido para a utilização em filmes pela resistência da pasta em temperatura elevada.

A banana verde apresentou-se como fonte de amido ao ser analisada por Freitas e Tavares (2005). O amido de banana verde possui elevada viscosidade, podendo ser utilizado em menor quantidade, fator relevante para a indústria alimentícia (SILVA; SILVA, 2005).

O alto teor carboidratos da fruta-pão tornou esse alimento uma importante fonte alternativa de amido com cerca de 53% a 76% desse polissacarídeo (ADEBOWALE et al., 2005; BEYER, 2007). Ele pode ser empregado em alimentos devido à sua capacidade de espessamento e propriedades de gelificação (ADEBOWALE et al., 2005).

3 REFERÊNCIAS

- ADEBOWALE, K. O.; OLU-OWOLABI, B. I.; OLAWUMI, E. K.; OLAYIDE LAWAL, O. S. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch. **Industrial Crops and Products**, n. 21, p. 343–351, 2005.
- AKANBI T. O.; NAZAMID, S.; ADEBOWALE, A.A. Functional and pasting properties of a tropical breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Ile-Ife, Osun State, Nigeria. **International Food Research Journal**, n. 16, p. 151-157, 2009.
- ALMEIDA, F. A. C. et al. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.6, n.1. 2006.
- AMUSA, N. A.; KEHINDE, I. A.; ASHAYE, O. A. Bio-deterioration of breadfruit (*Artocarpus communis*) in storage and its effects on the nutrient composition. **African Journal of Biotechnology**, v1, n.2, p. 157-60, 2002.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de Boas Práticas Nutricionais— Pão Francês**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>

/wps/wcm/connect/9806518049af6bb196eab66dcdbd9c63c/Guia+de+Boas+Pr%C3%A1ticas+Nutricionais+para+p%C3%A3o+franc%C3%AAs.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 06 de março de 2014.

APLEVICZ, K. S. **Caracterização de produtos panificados à base de féculas de mandioca nativas e modificadas**. 131p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, 2006.

ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; RADÜNZ, A. L.; DIAS, A. R. G.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. **Alimentos e Nutrição**, v.20, n.1, p. 15-24, 2009.

Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP). Desempenho do setor de panificação e confeitaria brasileiro 2012. Disponível em: <http://www.abip.org.br/perfil_internas.aspx?cod=418> . Acesso em: 22 de julho de 2014.

Associação Brasileira da Indústria do Trigo (ABITRIGO). Estimativa aparente de participação da farinha no mercado de derivados 2005 a 2012. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=00.00.00>>. Acesso em: 22 de julho de 2014.

Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca (ABAM). Qualificação do amido. Disponível em: <http://www.abam.com.br/includes/index.php?link_include=menu2/qualificacao_amido.php&menu=2&item=2> Acesso em: 13 de setembro de 2014.

ARAÚJO, A. C. **Elaboração de pão com farinha de inhame (*Dioscorea sp.*)**. 27p. Monografia (Bacharel em Nutrição) - Faculdade do Vale do Ipojuca, Caruaru, 2010.

BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F.; GUIMARÃES, E. F.; COSTA, C. G. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2002. 309 p.

BEMILLER, J; WHISTLER, R. **Starch: Chemistry and Technology**. Food Science Technology, 3ª edição, 2009.

BENASSI, V. T.; WATANABE, E. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 60 p.

BEYER, R. Breadfruit as a candidate for processing. **International Society for Horticultural Science**. 2007. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/757/757_28.htm>. Acesso em: 14 de setembro de 2014.

BORGES, J. T. S. **Avaliação tecnológica da farinha mista de trigo e linhaça integral e sua utilização na elaboração de pão de sal**. 144p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

BORGES, J. T. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*), polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.

BORGHT, A.V.D., GOESAERT, H., VERAVERBEKE, W.S., DELCOUR, J.A. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. **Journal of Cereal Science**, v.41, n.3, p.221-237, 2005.

BOWLES, S.; DEMIATE, I. M. Caracterização físico-química de okara e aplicação em pães tipo francês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 652-659, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº8 de 02 de junho de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2005a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 90, 18 out. 2000. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2000.

BRASIL, Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996. Aprova a norma técnica referente a farinha de trigo. **Diário Oficial [da] União, de 22 de julho de 1996, seção 129**, Brasília, 1996.

BRASIL, Resolução de Direção Colegiada (RDC) nº 263, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] União, de 29 de agosto de 2005**. Brasília, 2005b.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 23, p. 85 - 112, 1998.

CALZAVARA, B. B. G. **Fruticultura tropical: a fruta-pão [*Artocarpus altilis* (PARK.) Fosberg]**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (EMBRAPA CPATU), Belém – PA, p. 1 – 24, 1987.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão arte e ciência**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Senac, São Paulo, 2006.

CARVALHO, E. P.; CANHOS, V. P.; RIBEIRO, V. E.; CARVALHO, H. P. Polvilho azedo: aspectos físicos, químicos e microbiológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 129-137, 1996.

CARVALHO, K. H.; BOZATSKI, L. C.; SCORSIN, M.; NOVELLO, D.; PEREZ, E.; DALLA SANTA, H. S.; SCORSIN, G.; BATISTA, M. G. Cupcake adicionado de

farinha de casca de banana. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 3, p. 475-481, 2012.

CAVALCANTE, P. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 5. ed. Belém, PA: CEJUP, p.100-103, 1991.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da panificação**. 2ª Ed. Barueri, São Paulo: Manole, 2009.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Farinha extrusada de arroz como substituto de glúten na produção de pão de arroz. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 56, n. 3, 2006.

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

DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4ª ed. São Paulo: Editora Artimed, 2010.

DEMIATE, I. M.; LARA, P. S. B.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Propriedades físicas, químicas e funcionais de amido de maçã. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, n. 2, p. 299-306, 2003.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v.39, n.3, 2009.

EL-DASH, A. A.; CAMARGO, C. O.; DIAZ, N. M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. Secretaria de Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, p. 1-243, 1982.

ENGLYST, H. N.; HUDSON, G. J. The classification and measurement of dietary carbohydrates. **Food Chemistry**, v. 57, n. 1, p. 15-21, 1996.

FREITAS, M. C. J.; TAVARES, D. Q. Caracterização do grânulo de amido de bananas (*Musa* AAA-nanica e *Musa* AAB-terra). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 217-222, 2005.

FREITAS, T. S.; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.2, p. 183-190, 2008.

GENKINA, N. K.; WIKMAN, J.; BERTOFT, E.; YURYEV, V. P. Effects of structural imperfection on gelatinization characteristics of amylopectin starches with a- and b-type crystallinity. **Biomacromolecules**, v. 8, p.2329-2335, 2007.

KOBLITZ, M. G. B. **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

KRISHNAN, R.; DHARMARAJ, U.; MANOHAR, R. S.; MALLESHI, N. G. Quality characteristics of biscuits prepared from finger millet seed coat based composite flour. **Food Chemistry**, v. 129, p 499–506, 2011.

LAMPIGNANO, V.; LAVERSE, J.; MASTROMATTEO, M.; DEL NOBILE, M. A. Microstructure, textural and sensorial properties of durum wheat bread as affected by yeast content. **Food Research International**, v. 50, p. 369–376, 2013.

LE-BAIL, A.; DESSEV, T.; LERAY, D.; LUCAS, T.; MARIANI, S.; MOTTOLLESE, G.; JURY, V. Influence of the amount of steaming during baking on the kinetic of heating and on selected quality attributes of bread. **Journal of Food Engineering**, v. 105, p. 379–385, 2011.

LEONEL, M. **Processamento de batata: fécula, flocos, produtos de extrusão**. Disponível em: <<http://www.abbatatabrasileira.com.br/minas2005/18%20-%20Outras%20formas%20de%20processamento.pdf>> . Acesso em: 15 de setembro de 2014.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M. P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce – um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 3, p. 343-345, 1998.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, v.16, n.2, Campinas, 2003.

MA, H.; PANB, Z.; LI, B.; ATUNGULU, G. G.; OLSON, D. A. WALLE, M. M.; MCHUGH, T. H. Properties of extruded expandable breadfruit products. **Food Science and Technology**, v. 46, p. 326 - 334, 2012.

MAEDA, K, C.; CEREDA, M. P. Avaliação de duas metodologias de expansão ao forno do polvilho azedo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.2, p 139-143, 2001.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 2: técnicas de produção em mercado: feijoa, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 541 p. 2002.

MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. 1ª Edição. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007.

MARTIN, F. W. **Banana, coconur & breadfruit**. Echo technical note. 7 p. 1998.

MONTENEGRO, F. M. **Avaliação do desempenho tecnológico de misturas de farinhas de tritcale e trigo em produtos de panificação**. 111p. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

MOREIRA, D. K. T.; CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M. Aproveitamento tecnológico da farinha de fruta-pão. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, Belém, Pará, 2006.

MORITA, N.; MAEDA, T.; MIYAZAKI, M.; YAMAMORI, M.; MJURA, H.; OHTSUKA, I. Dough and baking properties of highamylose and waxy wheat flours. **Cereal Chemistry**. v.79, p. 491-495, 2002.

MUCCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e Avaliação de Amido Nativo e Modificado de Pinhão Mediante Provas Funcionais e Térmicas**. 156p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

NWOKOCHA, L. M.; WILLIAMS, P. A. Comparative study of physicochemical properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) and white yam starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 85, p. 294–302, 2011.

OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. S.; GERMANI, R.; FONTES, M. P. F. Caracterização do amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). **Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 27-42, 2009.

PEREIRA, S. C. L.; MONTEIRO, M. R. P.; HENRIQUES, G. S.; PAVESI, M. M.; AMORIM, F. N. Análise do efeito prebiótico da farinha de fruta-pão (*Artocarpus incisa*) sobre a microbiota intestinal de ratos Wistar. **Revista do Médico Residente**, v. 12, n. 1, p. 222-30, 2010.

POLESI, L. F. **Amido resistente obtido a partir de amido de leguminosas e de seus hidrolisados**. 129p. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

QUEJI, M. F. D.; SCHEMIN, M. H. C.; TRINDADE, J. L. F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**. v.12, n. 2, p. 21-29, 2006.

RAGONE, D. **Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Breadfruit (*Artocarpus altilis*)**. In: Elevitch, C.R. (ed.). Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, 2011.

RINCÓN, A. M.; PADILLA, F. C. Physicochemical properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Margarita island, Venezuela. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.54, n.4, 2004.

SÁ, F. M. P. **Avaliação das propriedades funcionais e térmicas do amido da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) nativo e modificado por succinilação e hidrólise ácida**. 51p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, 2007.

SACRAMENTO, C. K.; LEITE, J. B. V.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O. Fruta-pão. In: SANTOS-SEREJO, J. A.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V., COELHO, Y. S. (Org.) **Fruticultura Tropical - Espécies Nativas e Exóticas**. 1. ed. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA CNPMF, 2009, p. 185 - 200.

SANTANA, H. V. **Propagação de fruta-pão a partir de estacas de raiz**. 47p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-Bahia. 2010.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. F.; MIRANDA, M. Z.; LIMBERGER, V. M. Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, n.2, p.211-222, 2011.

Serviço de Apoio as Micro e Pequenas Empresas (**SEBRAE**). Fabricação de Polvilho. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/ideais/default.asp?vcdtexto=2919&%5E%5E>>. Acesso em: 13 de setembro de 2014.

SHEWRY, P. R.; HALFORD, N. G. Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 947–958, 2002.

SILVA, M. H. L.; SILVA, C. O. Caracterização parcial de amido de banana nanica (*Musa sp.* AAA Cavendish). **Ceres**, v. 52, n. 303, p. 751-762, 2005.

SINGH, K. P.; MISHRA, A.; MISHRA, H. N. Fuzzy analysis of sensory attributes of bread prepared from millet-based composite flours. **LWT - Food Science and Technology**, n. 48, p. 276-282, 2012.

SINGH, J.; SINGH, N. Studies on the morphological, thermal and rheological properties of starch separated from some Indian potato cultivars. **Food Chemistry**, v.75, p.67-77, 2001.

SOETJIPTO, N.; N, LUBIS, A. S. **Vegetables**: IBPGR Secretariat, Rome. p. 30, 1981.

SOARES, R. M. D. **Caracterização parcial de amido em cultivares brasileiros de cevada (*Hordeum vulgare* L.)**. 127p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2003.

SOUZA, D. S.; SOUZA, J. D. R. P.; COUTINHO, J. P.; FERRÃO, S. P. B.; SOUZA, T. S.; SILVA, A. A. L. Elaboração de farinha instantânea a partir da polpa de fruta-pão (*Artocarpus altilis*). **Ciência Rural**, 2012.

SOUZA, R. C. R.; ANDRADE, C. T. Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 24-30, 2000.

STASIO, M. D.; VACCA, P.; PICIOCCHI, N.; MECCARIELLO, C.; VOLPE, M. G. Particle size distribution and starch damage in some soft wheat cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**. v.42, p.246-250, 2007.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas: NEPAUNICAMP, 4ª ed. p. 164, 2011.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch - composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 151–165, 2004.

WANG, J.; ROSELLA, C. M.; DE BARBERA, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, v. 79, p. 221–226, 2002.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n.4, p 748-753, 2009.

CAPÍTULO I

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE FRUTA-PÃO (*Artocarpus altilis*)

Extração e caracterização do amido de fruta-pão (*Artocarpus altilis*)

RESUMO

O amido é o carboidrato de reserva das plantas, sendo encontrado em suas diversas partes. É também o carboidrato mais consumido na dieta humana, além deter muitas aplicações na indústria alimentícia. O objetivo do presente trabalho foi extrair o amido da fruta-pão de massa e investigar algumas de suas características físicas, químicas e tecnológicas na forma nativa. O amido de fruta-pão foi submetido às análises de umidade, capacidade de ligação de água a frio, poder de inchamento, índice de solubilidade, sinerese, microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de raio X. O amido de milho também foi analisado para comparação. O amido de fruta-pão apresentou maior umidade (18,32%) capacidade de ligação de água a frio (80,33%), poder de inchamento (198,71 g/g a 90 °C), índice de solubilidade (7,22% a 90 °C) e sinerese (2,29 mL em 120h). Pela análise das imagens, por MEV, das amostras, verificou-se que o amido de fruta-pão apresentou grânulos menores que os do amido de milho, mas ambos com formato poliédrico. A difração de raio X permitiu comprovar que o padrão de cristalinidade do amido de milho é do tipo A e classificar o de fruta-pão como tipo B, com grau de cristalinidade de 30% e 27%, respectivamente. Assim, a fruta-pão é um fruto que pode ser utilizado para extração de amido e uma alternativa de nova fonte de amido para a indústria alimentícia.

Palavras chaves: propriedades tecnológicas, difração de raio X, microscopia eletrônica de varredura

Extraction and characterization of breadfruit starch (*Artocarpus altilis*)

ABSTRACT

Starch is the reserve carbohydrate of plants being found in its various parts. It is also the most consumed carbohydrate in the human diet, as well hold many applications in the food industry. The objective of this study was to extract the starch from the mass breadfruit and investigate some of its physical, chemical and technological characteristics in native form. The breadfruit starch was subjected to moisture, water binding capacity cold, swelling power, solubility index, syneresis, scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction. The corn starch was also analyzed for comparison. The breadfruit starch showed higher moisture (18.32%), water binding capacity cold (80.33%), swelling power (198.71 g/g to 90 °C), solubility index (7.22 % at 90 °C) and syneresis (2.29 ml in 120 hours). For image analysis, SEM, of samples, it was found that breadfruit starch granules showed lower than starch corn, but with both the polyhedral shape. The X-ray diffraction had revealed that the pattern of corn starch cristallidade is type A and classify the breadfruit as type B, with the degree of crystallinity of 30% and 27%, respectively. Then, the breadfruit is a fruit that can be used for starch extraction and a new alternative source of starch for the food industry.

Keywords: technological properties, X-ray diffraction, scanning electron microscopy

1 INTRODUÇÃO

O amido é um polissacarídeo de reserva de carboidratos das plantas e encontrado em suas diversas partes, incluindo sementes, frutos, tubérculos e raízes (JOBLING, 2004). É composto por cadeias lineares de amilose, formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4, e amilopectina, constituída por unidades de glicose unidas por ligações α -1,4 e α -1,6, formando uma estrutura ramificada (BULÉON et al., 1998; TESTER et al., 2004).

As proporções em que a amilose e amilopectina ocorrem no grânulo diferem em relação às fontes de onde o amido é extraído, podendo influenciar diversos processos tecnológicos da indústria de alimentos, como a textura e a retenção de água de determinados produtos (BULÉON et al., 1998). Em frutos maduros o teor de amido geralmente não ultrapassa 1% do seu peso, porém em matérias-primas colhidas antes da maturação os percentuais são superiores e variam conforme a fonte (FAN et al., 1995).

Há uma tendência crescente de pesquisas de fontes alternativas de amido que apresentem características relevantes para a indústria e que possam substituir ou serem empregados de forma conjunta com os amidos comumente utilizados, como o de milho, mandioca e batata (ADEBOWALE et al., 2005; DENARDIN; SILVA, 2009).

A fruta-pão de massa (*Artocarpus altilis*) é nativa da Ásia, cultivada em várias regiões tropicais, inclusive no Brasil (CALZAVARA, 1987), país no qual o seu consumo é pouco evidenciado e com desperdício considerável. A sua polpa é vista com interesse por ser rica em carboidratos, podendo ser aproveitada como fonte para extração de amido (MARTIN, 1998; MOREIRA et al., 2006). De acordo com Ma e colaboradores (2012) estudos têm sido realizados para investigar as características do amido de fruta-pão nativo e modificado visando a sua utilização como ingredientes em produtos panificados.

Para ampliar o conhecimento à respeito da fruta-pão e estudar uma possível forma de reduzir o seu desperdício, o objetivo do presente estudo foi extrair o amido da fruta-pão de massa e investigar algumas de suas características físicas, químicas e tecnológicas na forma nativa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

A fruta-pão da variedade apyrena foi colhida na cidade de Iconha – ES ao atingir o seu pleno desenvolvimento e armazenada em *freezer* a -18°C até utilização. O amido de milho da marca Maizena® utilizado no experimento foi adquirido no comércio local da cidade Alegre – ES e foi utilizado para comparação.

2.1.1 Extração do amido da fruta-pão

Para a extração do amido da fruta-pão foi utilizada a metodologia proposta por Adebowale e colaboradores (2005). Os frutos foram lavados em água corrente e permaneceram submersos em solução de água com hipoclorito de sódio a 200 ppm por 30 minutos. Após esse período, os frutos foram lavados novamente em água corrente, as cascas foram retiradas e a polpa cortada em cubos permanecendo em solução de metabissulfito de sódio a 0,01% por 30 minutos. Posteriormente, triturou-se a polpa em liquidificador com água destilada. A massa foi colocada em um tecido fino e lavada com água destilada até que a água de lavagem não apresentasse resíduo de amido, retomando o aspecto transparente. A água, resultante da lavagem da massa da fruta-pão, foi recolhida, armazenada sob refrigeração (8°C) e trocada a cada 24 horas por 4 dias. O resíduo úmido restante foi seco a temperatura de 45°C por 48 horas. Após a secagem triturou-se o amido até a obtenção de um pó fino.

2.2 Rendimento do amido da fruta-pão

O rendimento do amido foi calculado dividindo-se a quantidade, em gramas, de amido pela quantidade, em gramas, do fruto *in natura* com casca (AKANBI et al., 2009).

2.3 Teor de água

O teor de água foi verificada pela secagem em estufa (Biopar® S80SD) a 130°C

°C de acordo com a metodologia (nº 925.10) adaptada da AOAC (1998).

Inicialmente, as placas de Petri foram lavadas e colocadas em estufa a 130 °C por uma hora. Após, o peso das placas foi identificado em balança da marca BEL Engineering® Classe II (d = 0,001 g) e 2 g de amostra foram pesados. As amostras permaneceram na estufa por 4 horas ou até atingirem peso constante. O teor de água foi determinado conforme a Equação 1.1:

$$\text{Teor de água (\%)} = \frac{\text{Perda de massa (g)} \times 100}{\text{Massa da amostra (g)}} \quad (\text{Equação 1.1})$$

2.4 Análises tecnológicas

2.4.1 Capacidade de ligação de água a frio

Realizou-se essa análise por uma adaptação do método proposto por Medcalf e Gillies (1965). Em um tubo de centrífuga de peso conhecido foram adicionados 2,5 g de amostra e 40 mL de água destilada, agitados em agitador de soluções AP56 da marca Phoenix Luferco® por 3 minutos e, posteriormente, repouso por uma hora. Após esse procedimento, centrifugou-se a amostra por 20 minutos a 3500 rpm e o líquido sobrenadante foi removido com auxílio de pipeta. Pesou-se o tubo com o sedimento e a água ligada ao amido foi determinada pela Equação 1.2.

$$\text{Absorção de Água (\%)} = \frac{\text{massa do sedimento (g)} \times 100}{\text{massa da amostra seca (g)}} \quad (\text{Equação 1.2})$$

2.4.2 Poder de inchamento e índice de solubilidade

O Poder de Inchamento (PI) e o Índice de Solubilidade (IS) foram determinados conforme a metodologia adaptada de Leach, McCowen e Schoch (1959). Em tubos de centrífuga de peso conhecido, adicionaram-se 8 g de amido (Ma – massa da amostra) e 100 mL de água destilada. Os tubos com a suspensão foram mantidos em temperatura constante de 60, 70, 80 e 90 °C por 30 minutos, com agitação a cada 5 minutos em agitador de soluções AP56 da marca Phoenix

Luferco®. Em seguida, os tubos foram centrifugados a 3500 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi separado com auxílio de pipeta, seu volume (V) medido em proveta graduada e uma alíquota de 1,5 mL retirada, colocada em placa de Petri de peso conhecido e seca em estufa por 3 horas a 105 °C. Calculou-se o resíduo (R) por diferença de peso. O centrifugado (C) foi pesado e o poder de inchamento (PI) e o índice de solubilidade (IS) calculados de acordo com as Equações 1.3 e 1.4.

$$\text{Poder de Inchamento (g/g)} = \frac{C}{Ma} \quad (\text{Equação 1.3})$$

$$\text{Índice de Solubilidade (\%)} = \frac{10 \times V \times R}{Ma} \quad (\text{Equação 1.4})$$

2.4.4 Sinerese

A sinerese foi determinada pelo método modificado proposto por Singh, Sandhu e Kaur, (2004). Suspensões de amido (2%, m/v) foram aquecidas em tubos de centrífuga a 85 °C durante 30 minutos em banho de água com temperatura controlada, após esse procedimento os tubos foram fechados e seguidos de resfriamento rápido em um banho com água e gelo. As amostras foram armazenadas a 4 °C por 24, 48 e 120 horas. A sinerese foi medida pela quantidade de água liberada pela amostra após centrifugação a 3200 rpm por 15 minutos em proveta graduada.

2.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As amostras de amido de fruta-pão e de milho foram colocadas sobre um suporte (*stubs*) com auxílio de fita dupla face e metalizadas em metalizador da marca Balzers modelo FDU010 com cobertura de 15 a 20 nm de ouro, por 3 minutos, sob o vácuo de $10^{-2,6}$, de acordo com a metodologia do laboratório de nanoscopia do Departamento de Física da Universidade Federal de Viçosa.

As amostras metalizadas foram observadas em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV Jeol JSM – 6010LA Analytical Scanning Electron Microscope) com

tensão de aceleração de 20 kV e ampliação de 2.000 e 3.000 vezes (OROMIEHIE; TAHERZADEH LARI; RABIEE, 2013).

2.6 Difração de raio X

Essa análise foi realizada no laboratório de Difração de Raio X do Departamento de Física da Universidade Federal de Viçosa– MG. As amostras foram fixadas em placas com álcool isopropílico e secas. O padrão de difração foi obtido utilizando um difratômetro de raio X (Bruker Discover D8) com tubo de Cobre com radiação incidente de 1,5406 Å, com porta amostras posicionados em geometria teta-2teta. A faixa de medição foi de 4° a 50°, com passos de 0,04 °/s.

O grau de cristalinidade foi obtido pelo cálculo proposto por Tilley (2014), de acordo com a Equação 1.5 com auxílio do software Origin® versão 6.

$$X_c (\%) = \frac{\text{Área dos picos}}{(\text{Área dos picos} + \text{Área dos amorfos})} \times 100 \quad (\text{Equação 1.5})$$

2.7 Análise dos dados

Os dados foram analisados utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições em triplicata e foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5%, com auxílio do programa Statistica versão 10.0 (MEDEIROS, KWIATKOWSKI e CLEMENTE, 2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Rendimento

Após o processamento para extração do amido de fruta-pão verificou-se um rendimento de 5,1%, resultado inferior ao encontrado por Rincón e Padilla (2004) para esse mesmo amido (18,5%). Pode haver uma variação no teor de amido da fruta-pão dependendo do estágio de maturação, da variedade, das condições climáticas e agronômicas de cultivo para cultivo (RAHMAN et al., 1999). No

presente, as prováveis causas do menor rendimento podem estar relacionadas ao estágio de maturação e ao processo de extração, que foi dificultado devido a formação de uma goma que impediu a separação da água e do amido sem que ocorressem perdas.

3.2 Teor de água

No presente estudo, os percentuais de água obtidos para o amido de fruta-pão e para o amido de milho, 18,32% e 13,49%, respectivamente, diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$). A umidade encontrada para o amido de milho estava de acordo com a legislação (BRASIL, 2005), apresentando-se abaixo de 15%. Já para o amido de fruta-pão, o percentual de água permaneceu entre os valores estabelecidos para as féculas de mandioca e batata (BRASIL, 2005).

De acordo com a RDC nº 263 (BRASIL, 2005), a umidade máxima para amido de cereais é de 15%, valor inferior ao estabelecido para as féculas de batata (21%) e mandioca (18%). A baixa umidade para os amidos indica maior vida de prateleira de produtos secos e melhor estabilidade durante o armazenamento (AKUBOR, 1997).

Adebowale e colaboradores (2005) encontraram um percentual de água de 13,05% para o amido de fruta-pão, superior ao obtido por Akanbi, Nazamid e Adebowale (2009), que foi um valor de umidade de 10,83%, ambos abaixo do percentual de água encontrada para o amido no presente estudo. Essa diferença no teor de água pode estar relacionada ao processo de extração e de secagem utilizadas.

3.3 Capacidade de ligação de água a frio

Os amidos de fruta-pão e de milho apresentaram um percentual de ligação de água a frio de 80,33% e 65,05% respectivamente, com diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre si. A capacidade de ligação de água a frio está relacionada com a característica hidrofílica do amido, que permite um percentual de absorção de água sem que ocorra o aquecimento (OROMIEHIE; TAHERZADEH LARI; RABIEE, 2013).

Limberger e colaboradores (2008) analisaram a capacidade de ligação de

água a frio, do amido de quireras de arroz e obtiveram um resultado de 112, 51%, superior ao verificado no presente estudo. Já Singh, Sandhu e Kaur (2004), encontraram valores próximos ao do amido de fruta-pão para o amido de grão de bico.

Uma elevada capacidade de ligação de água a frio pode ser atribuída ao envolvimento de uma menor proporção de grupos hidroxila na formação de ligações de hidrogênio e covalentes entre cadeias de amido, facilitando a entrada de água (SINGH; SANDHU; KAUR, 2004).

Para o presente estudo, outro fator que pode estar relacionado a um maior valor de capacidade de ligação de água a frio para o amido de fruta-pão pode ter relação com a sua pureza, variável que não foi analisada neste experimento. O método de extração do amido de fruta-pão utilizado pode ter permitido a permanência de outros tipos de carboidrato na amostra, como por exemplo, as fibras solúveis, reduzindo a sua pureza e elevando a capacidade de ligação de água. De acordo com Souza e colaboradores (2008), as fibras, principalmente as solúveis, têm capacidade de absorver e reter água quando há um excesso desse líquido no meio.

3.4 Poder de inchamento e índice de solubilidade

Os resultados do poder de inchamento e do índice de solubilidade estão dispostos na Tabela 1.1. Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as duas amostras, sendo que, tanto para o índice de solubilidade, quanto para o poder de inchamento, o amido de fruta-pão apresentou maiores médias quando comparado com o amido de milho. Foi observado que a elevação da temperatura influenciou no aumento dos valores das variáveis analisadas para ambas as amostras, e evidenciou que o amido de fruta-pão possui maior capacidade de inchamento e solubilidade que o amido de milho.

Valores próximos aos analisados no presente estudo para o amido de fruta-pão foram encontrados por Akanbi, Nazamid e Adebawale (2009) e Rincón e Padilla (2004) para a mesma fonte de amido. Resultados encontrados para o poder de inchamento e solubilidade em amido de milho foram semelhantes aos verificados por Muccillo (2009). Limberger e colaboradores (2008) analisaram o índice de

solubilidade do amido de quireras de arroz e verificaram um percentual máximo de 18,17%, superior ao identificado para os amidos em estudo.

Tabela 1.1 – Índice de solubilidade e poder de inchamento dos amidos de fruta-pão e milho

	Poder de Inchamento (g/g)*				Índice de Solubilidade (%)*			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
Fruta-pão	32,03 ^a	43,16 ^a	140,49 ^a	198,71 ^a	2,23 ^a	2,51 ^a	5,05 ^a	7,22 ^a
Milho	3,09 ^b	4,08 ^b	6,25 ^b	11,07 ^b	0,97 ^b	1,82 ^b	1,93 ^b	2,34 ^b

*Significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas de letras iguais em uma mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$)

O amido de fruta-pão tem um alto poder de inchamento que pode ser resultado do seu menor grau de associação intermolecular (TIAN et al., 1991). De acordo com Rincón e Padilla (2004) a capacidade de absorção de água é específica para cada tipo de amido e depende de fatores como o tamanho dos grânulos, percentual de amilose e amilopectina, e forças intra e inter moleculares. Além disso, a absorção de água também é dependente do tamanho do grânulo de amido: quanto menor o tamanho dos grânulos, maior será a capacidade de absorção.

Segundo Singh, Sandhu e Kaur (2004), um baixo poder de inchamento pode ser atribuído à presença de vários cristais formados pela associação de longas cadeias de amilopectina, ou seja, um maior grau de cristalinidade implica em maior estabilidade granular o que consequentemente reduz a capacidade de inchamento do grânulo.

Demiate et al. (2003) ao analisarem as mesmas variáveis em amidos de milho e de maçã, verificaram que o aumento desses índices eram dependentes das temperaturas nas quais as suspensões de amido eram submetidas. O aumento da temperatura promove uma elevação da atividade termodinâmica do sistema, resultando numa maior mobilidade das moléculas, o que leva ao aumento do poder de inchamento (LAWAL, 2004).

A solubilidade é consequência do lixiviamento da amilose (GOMES; SILVA; RICARDO, 2005). Com base nos resultados do presente estudo, sugere-se que o

amido de fruta-pão tenha interações menos fortalecidas entre as moléculas de amilose e amilopectina, quando comparado com o amido de milho e, por isso, tenha apresentado um maior percentual de solubilidade.

A diferença observada para os amidos estudados, nas análises de poder de inchamento e índice de solubilidade, pode ter relação com o percentual de amilose, amilopectina e tamanho e compactação de grânulos de cada fonte, variações genéticas, condições climáticas e de solo, idade da cultura e época de colheita (MUCCILLO, 2009). Para o amido de fruta-pão, pode-se sugerir que os maiores valores de poder de inchamento e solubilidade foram superestimados dada a presença de resíduos de fibra na amostra.

3.5 Sinerese

A sinerese é a expulsão de água que ocorre durante a retrogradação do gel de amido dada a forte interação das cadeias de amilose e de amilopectina (DENARDIN; SILVA, 2009). Para o amido de fruta-pão, o aumento do período de armazenamento reduziu o percentual de água perdida. Singh, Sandhu e Kaur (2004), ao analisarem o amido de grão de bico, identificaram que a sinerese aumentou com o aumento do tempo de armazenamento, diferente do observado no presente estudo. O amido de milho apresentou menor perda de água durante o período analisado, não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) do amido de fruta-pão apenas no tempo de 120 horas (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 – Efeito do tempo de armazenamento sobre a sinerese (%) dos amidos de fruta-pão e de milho

Tempo de sinerese	24 h*	48 h*	120 h^{ns}
Amido de Fruta-Pão	2,88 ^a	2,78 ^a	2,69
Amido de Milho	2,49 ^b	2,45 ^b	2,57

* Significativo ($p < 0,05$). ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras iguais em uma mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras ($p > 0,05$)

A quantidade de água excluída do sistema de gel de amido armazenado a baixas temperaturas é o resultado de ligações de hidrogênio intramoleculares devido

a interações entre as cadeias de amilose-amilose, amilose-amilopectina e amilopectina-amilopectina, durante o armazenamento (HOOVER; LI; HYNES; SENANAYAKE, 1997).

Como observado no presente estudo, o amido de fruta-pão apresentou maior sinerese, ou seja, pode-se sugerir que os polímeros de amilose e amilopectina que compõem o amido dessa fonte interagem mais facilmente quando comparado com o amido de milho. Essa característica pode ser prejudicial ao gel formado, que perderá volume, dada a maior exudação de água.

3.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Com base nas imagens da MEV com ampliação de 2.000 (Figura 1.1) e 3.000 (Figura 1.2) vezes os grânulos dos amidos apresentaram semelhança morfológica com formato poliédrico, mas com tamanhos diferentes. A forma e o tamanho dos grânulos de amido são característicos de cada espécie e podem ser usados como forma de identificação de sua origem (MUCCILLO, 2009). Também pode-se observar que os grânulos dos amidos no estudo apresentaram superfície lisa, sem irregularidades ou porosidade superficial (Figura 1.1 e Figura 1.2) o que segundo Oliveira et al. (2009) caracteriza grânulos íntegros, não danificados.

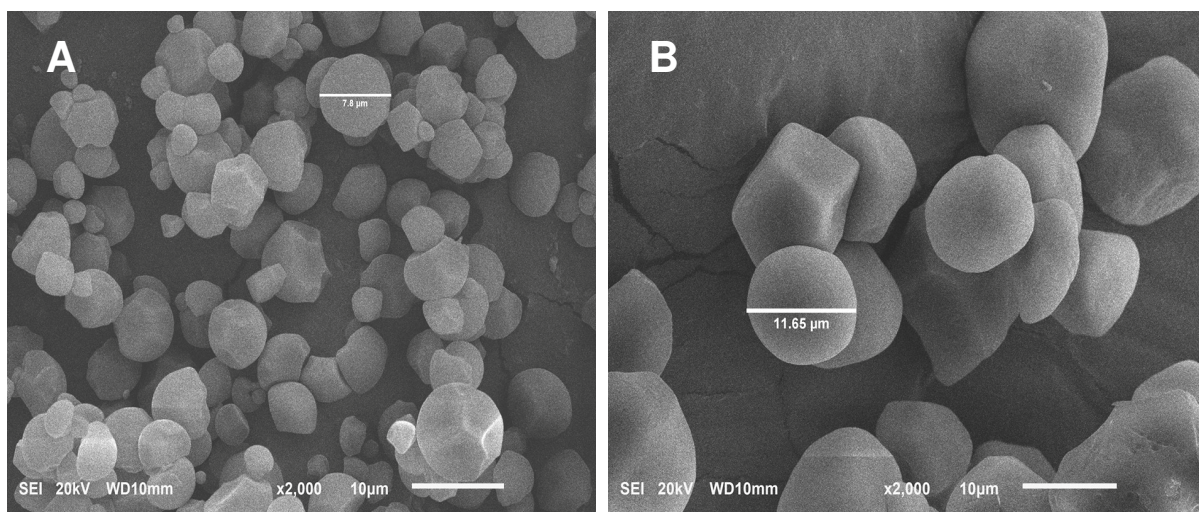


Figura 1.1 – Imagens de MEV do amido de fruta-pão (A) e do amido de milho (B) com ampliações de 2.000x

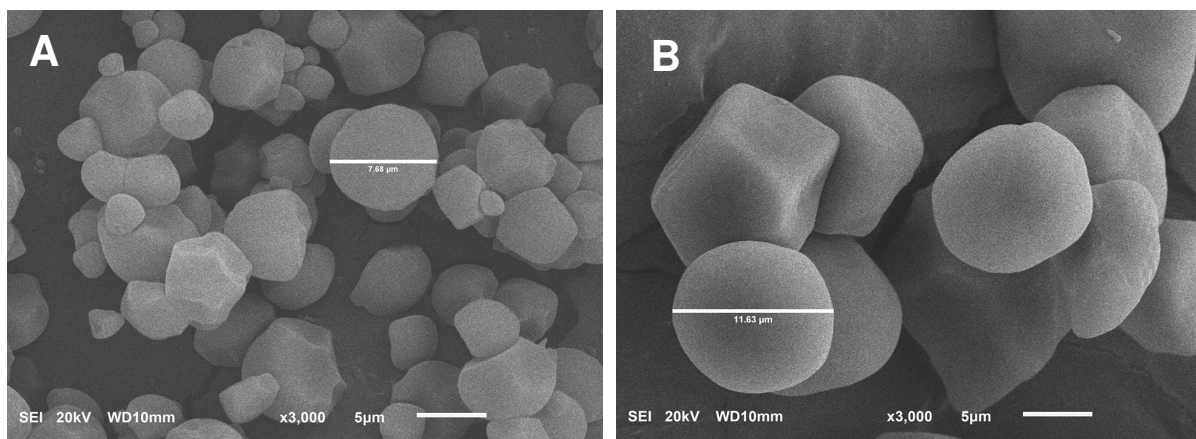


Figura 1.2 – Imagens de MEV do amido de fruta-pão (A) e do amido de milho (B) com ampliação de 3.000x

Segundo Damodaran, Parkin e Fennema (2010), o diâmetro do grânulo do amido de milho pode variar de 2 μm a 30 μm , da batata de 5 μm a 100 μm , da mandioca de 4 μm a 35 μm e do trigo entre 2 a 55 μm . O amido de fruta-pão apresentou grânulos menores com 7,8 μm e o de milho maiores, com 11,65 μm (Figura 1.1 e Figura 1.2). O tamanho médio de partícula do amido de fruta-pão encontrado por Akanbi, Nazamid e Adebowale (2009) foi de 18 μm , superior ao presente estudo, enquanto Rincón e Padilla (2004) identificaram grânulos de amido de fruta-pão com forma arredondada irregular com diâmetro entre 4,24 a 6,67 μm ; além de fissuras na superfície do mesmo, que podem ser decorrentes do processo de extração. Grânulos de amido de milho apresentam diâmetros entre 5 e 20 μm , faixa que abrange os dois tipos de amido do presente estudo, e formatos que variam de arredondados a poligonais (SOUZA; ANDRADE, 2000; WEBER; COLLARES-QUEIROZ; CHANG, 2009).

Para Planchot e colaboradores (1995), a fonte botânica do amido e sua forma de extração podem provocar alterações na superfície do grânulo. De acordo com Leonel (2007), o tamanho e a forma dos grânulos de amido variam com a espécie, e a distribuição de tamanho varia com o estágio de desenvolvimento da planta.

O tipo de amido, o tamanho e o formato dos grânulos podem influenciar algumas propriedades físico-químicas do amido como o poder de inchamento, a solubilidade, a capacidade de absorção de água e a digestibilidade (SINGH; SINGH, 2001; KAUR et al., 2009). Essa influência pode ser observada no presente estudo, uma vez que, o amido de fruta-pão, com menor tamanho de grânulo, apresentou

maior poder de inchamento, solubilidade e absorção de água quando comparado com o amido de milho, que possui grânulo de maior tamanho.

3.7 Difração de raio X

Na Figura 1.3 estão ilustrados os resultados obtidos pela difração de raio X para os amidos de fruta-pão e de milho. Os picos identificados para o amido de fruta-pão, $14,4^\circ$, $17,2^\circ$, $22,2^\circ$, 24° , permitiram classificá-lo com cristalinidade do tipo B. Já os picos encontrados para o amido de milho, $15,3^\circ$, $17,1^\circ$, $18,2^\circ$ e $23,5^\circ$, caracterizaram o mesmo com cristalinidade do tipo A. Foi observado para o amido de fruta-pão apenas um pico intenso e estreito, enquanto para o amido de milho, os picos são mais intensos e estreitos em sua maioria (Figura 1.3). Essa característica pode estar relacionada ao fato de o amido de milho ter menos amilose do que o amido de fruta-pão.

De acordo com Cereda e Franco (2002) a análise por técnica de difração de raios X permite distinguir os três tipos de cristalinidade para os grânulos de amido, que denominam-se A, B e C. Estes padrões de cristalinidade dependem, em parte, do comprimento das cadeias de amilopectina, da densidade de empacotamento dentro dos grânulos, bem como da presença de água (SAJILATA; SINGHAL e KULKARNI, 2006). Segundo Corradini e colaboradores (2005) e Sajilata, Singhal e Kulkarni (2006), amidos com cristalinidade do tipo A apresentam picos de intensidade nos ângulos de difração 2θ em aproximadamente $15,3^\circ$; $17,1^\circ$; $18,2^\circ$ e $23,5^\circ$, típico de amidos de cereais, como o milho; tipo B em ângulos próximos a $5,6^\circ$, $14,4^\circ$; $17,2^\circ$; $22,2^\circ$ e 24° , mais comumente encontrado em batata e banana; tipo C com picos em aproximadamente $5,6^\circ$, $15,3^\circ$; $17,3^\circ$ e $23,5^\circ$, identificado em ervilhas e feijão. Foi identificado um quarto tipo de cristalinidade, o tipo V, formado pela cristalização da amilose com lipídeos, que apresenta picos de intensidade nos ângulos de difração 2θ em aproximadamente $12,6^\circ$, $13,2^\circ$, $19,4^\circ$ e $20,6^\circ$, obtido de amidos com a amilose complexada a compostos orgânicos, água ou iodo.

Segundo Weber, Collares-Queiroz e Chang (2009), o fato de os amidos apresentarem padrões de difração diferentes é um indicativo de que eles possuem uma diferença na estruturação da dupla hélice que forma o cristal, e isto define suas propriedades funcionais.

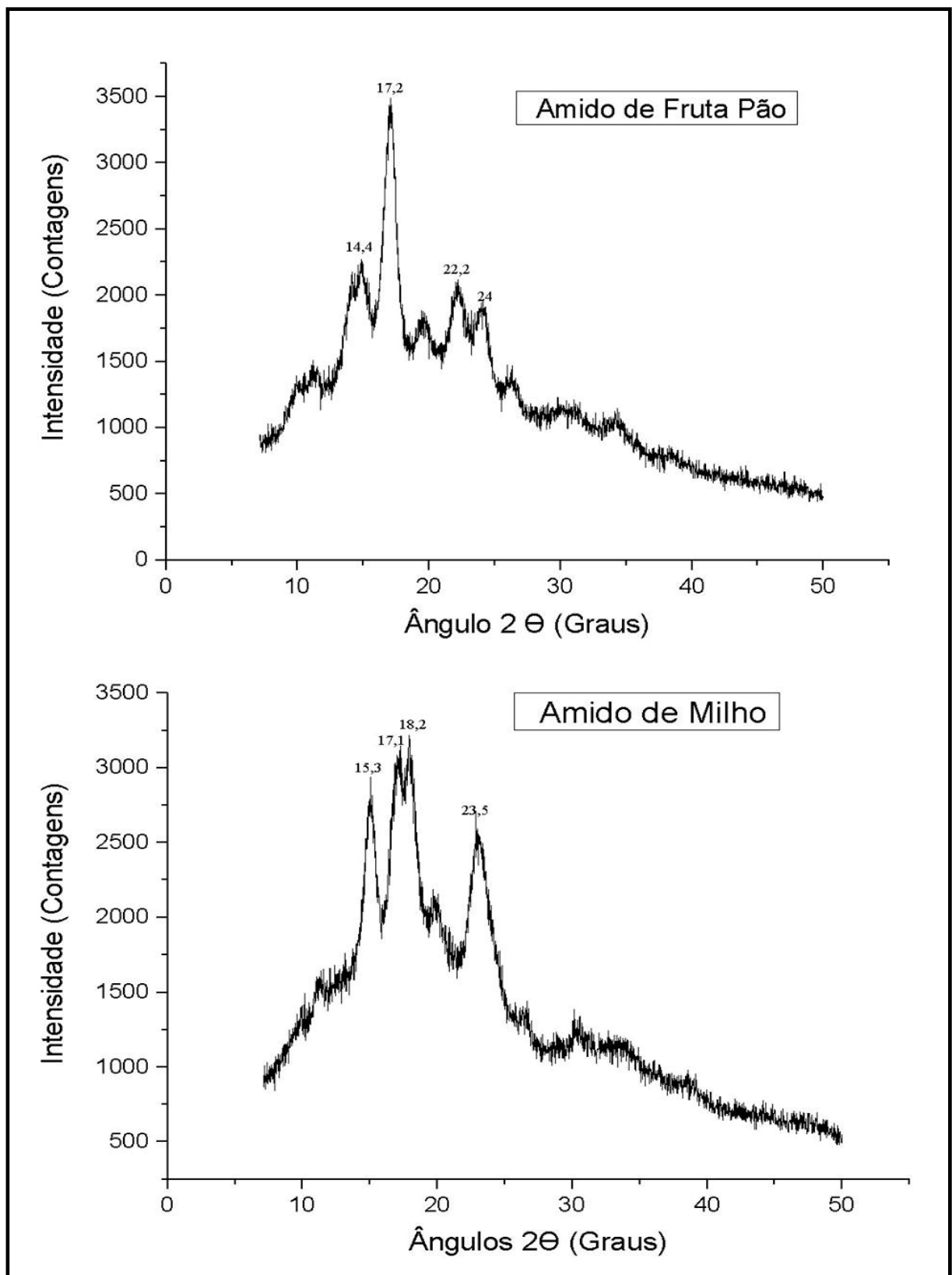


Figura 1.3 – Difractogramas de raio X das amostras de amidos de fruta-pão e de milho.

Para Nwokocha e Williams (2011), amidos do tipo B apresentam picos menores entre $5,8^\circ$ e 15° , um único pico mais acentuado próximo a 17° e 18° e dois pequenos picos a cerca de 23° e 24° . Esses picos foram identificados em seu estudo com fruta-pão, o que resultou na classificação desse amido como tipo B, assim como no presente estudo.

A cristalinidade do amido é associada principalmente à amilopectina e não à amilose, que embora seja linear, apresenta uma conformação que dificulta sua associação regular com outras cadeias (CORRADINI et al., 2005). O grau de cristalinidade para amidos nativos compreende a faixa de 15% a 45% (YAMANI, 2010). Para os amidos de fruta-pão e milho em estudo, o grau de cristalinidade obtido encontrou-se dentro dessa faixa, sendo, respectivamente, 27% e 30%. De acordo com esses resultados, observa-se que o grau de cristalinidade dos amidos em estudo foi próximo.

Nwokocha e Williams (2011) obtiveram um grau de cristalinidade estimado para o amido de fruta-pão de 36,2%, resultado superior ao obtido para este mesmo amido no presente estudo. Weber, Collares-Queiroz e Chang (2009) ao analisarem a cristalinidade do amido de milho nativo encontraram um grau de cristalinidade de 13,38%, resultado inferior ao identificado no presente estudo, mas em relação ao difractograma, os resultados foram semelhantes.

4 CONCLUSÃO

A fruta-pão pode ser utilizada como matéria prima para extração de amido. Esse amido apresentou características distintas do amido de milho, como maior poder de inchamento, solubilidade, sinerese e umidade. Os grânulos do amido de fruta-pão apresentaram formato arredondado e de menor tamanho quando comparado com o amido de milho. A análise de difração de raio X permitiu classificar o amido de fruta-pão como tipo B, com grau de cristalinidade de 27%. O amido de fruta-pão é uma alternativa para a indústria alimentícia com características que podem melhorar a qualidade tecnológica e sensorial de alguns produtos, como cremes, sopas e molhos, por exemplo, entretanto, outros estudos devem ser realizados para avaliar a sua empregabilidade na produção de alimentos e em outros segmentos industriais.

5 REFERÊNCIAS

- ADEBOWALE, K. O.; OLU-OWOLABI, B. I.; OLAWUMI, E. K.; OLAYIDE LAWAL, O. S. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch. **Industrial Crops and Products**, n. 21, p. 343–351, 2005.
- AKANBI, T.O.; NAZAMID, S.; ADEBOWALE, A. A. Functional and pasting properties of a tropical breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Ile-Ife, Osun State, Nigeria. **International Food Research Journal**, v. 16, p. 151-157, 2009.
- AKUBOR, P. I. Proximate composition and selected functional properties of African breadfruit and sweet potato flour blends. **Journal of Plant Foods for Human Nutrition**, v. 51, p. 53-60, 1997.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada nº263 de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2005.
- BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 23, p. 85 - 112, 1998.
- CALZAVARA, B. B. G. **Fruticultura tropical: a fruta-pão [*Artocarpus altilis* (PARK.)] Fosberg**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (EMBRAPA CPATU), Belém – PA, p. 1 – 24, 1987.
- CEREDA, M. P.; FRANCO, C.M. L. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 221 p. 2002.
- CEREDA, M. P.; GUERREIRO, L. M. R.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S. Extration and Characterization of Biri Starch (*Canna edulis*). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 27-32. 2002.
- CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo Comparativo de Amidos Termoplásticos Derivados do Milho com Diferentes Teores de Amilose. **Polímeros: ciência e tecnologia**, v.15, n. 4, p.268 – 273, 2005.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos Fennema**. 4ª ed. Editora Artmed, Porto Alegre, 2010.
- DEMIATE, I. M.; LARA, P. S. B.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Propriedades físicas, químicas e funcionais de amido de maçã. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, n. 2, p. 299-306, 2003.
- DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v.39, n.3, 2009.

FAN, X.; MATTHEIS, J. P.; PATTERSON, M. E.; FELLMAN, J. K. Changes in amylose and total starch content in Fuji apples during maturation. **Hortscience**, v.30, n.1, p.104-105, 1995.

GOMES, A. M. M.; SILVA, C. E. M.; RICARDO, N. M. P. S. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n.1, p. 1-6, 2005.

HOOVER, R.; LI, Y. X.; HYNES, G.; SENANAYAKE, N. Physicochemical characterization of mung bean starch. **Food Hydrocolloids**, v. 11, p. 401–408, 1997.

JOBLING, S. Improving starch for food and industrial applications. **Current Opinion in Plant Biology**, v.7, p.210-218, 2004.

KAUR, A.; SINGH, N.; EZEKIEL, R.; SODHI, N.S. Properties of starches separated from potatoes stored under different conditions. **Food Chemistry**, v. 114, p.1396-1404, 2009.

LAWAL, O. L. Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidized, acetylated and acid-thinned new coco yam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. **Food Chemistry**, v.87, p. 205-218, 2004.

LEACH, H.W.; McCOWEN, L.D.; SCHOCH, T.J. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v. 36, n. 6, p. 534 - 544, 1959.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LIMBERGER, V. M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D. Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos. **Química Nova**, v. 31, n. 1, p. 84-88, 2008.

MA, H.; PAN, Z.; LI, B.; ATUNGULU, G. G.; OLSON, D. A.; WALL, M. M.; MCHUGH, T. H. Properties of extruded expandable breadfruit products. **Food Science and Technology**, v. 46, p. 326-334, 2012.

MARTIN, F. W. **Banana, coconut & breadfruit**. Echo Technical Note, 1998.

MEDCALF, D.G.; GILLIES, K.A. 1965. Wheat starches 1: comparison of physicochemical properties. **Journal of Cereal Chemistry**, v. 42, p. 558-562, 1965.

MOREIRA, D. K. T.; CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M. Aproveitamento tecnológico da farinha de fruta-pão. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, Belém, Pará, 2006.

MUCCILLO, R. C. S. T. **Caracterização e Avaliação de Amido Nativo e Modificado de Pinhão Mediante Provas Funcionais e Térmicas**. 156p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

NWOKOCHA, L. M.; WILLIAMS, P. A. Comparative study of physicochemical properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) and white yam starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 85, p. 294–302, 2011.

OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. S.; GERMANI, R.; FONTES, M. P. F. Caracterização do amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 27-42, 2009.

OROMIEHIE, A. R.; TAHERZADEH LARI, T.; A. RABIEE, A. Physical and thermal mechanical properties of corn starch/LDPE composites. **Journal of Applied Polymer Science**. p. 1128-1134, 2013.

PLANCHOT, V.; COLONNA, P.; GALLANT, D. J.; BOUCHET, B. Extensive degradation of native starch granules by alpha-amylase from *Aspergillus fumigatus*. **Journal of Cereal Science**, v.21, p.163-171,1995.

RAHMAN, M. A.; NAHAR, N.; JABBAR, M. A.; MOSIHUZZAMAN, M. Variation of carbohydrate composition of two forms of fruit from jack tree (*Artocarpus heterophyllus*) with different maturity and climatic conditions. **Food Chemistry**, v. 65, p.91-97, 1999.

RINCÓN, A. M.; PADILLA, F. C. Physicochemical properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Margarita island, Venezuela. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.54, n.4, 2004.

ROCHA, D. G. C. M.; GUILHOME, P. D.; NASCIMENTO, K.; BARBOSA, J. L.; BARBOSA, M. I. M. J. Fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) orgânica: Estudo da potencialidade para biofortificação de produtos da merenda escolar. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant starch - a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, p. 1 - 17 2006.

SINGH, N.; SANDHU, K. S.; KAUR, M. Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 441– 449, 2004.

SINGH, J.; SINGH, N. Studies on the morphological, thermal and rheological properties of starch separated from some Indian potato cultivars. **Food Chemistry**, v.75, p.67-77, 2001.

SOUZA, M. W. S.; FERREIRA, T. B. O.; VIEIRA, I. F. R. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. **Alimentos e Nutrição**, v.19, n.1, p. 33-36, 2008.

SOUZA, R. C. R.; ANDRADE, C. T. Investigação dos Processos de Gelatinização e Extrusão de Amido de Milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 24-30, 2000.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch - composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 151–165, 2004.

TIAN, S. J.; RICHARD J. E.; BLANSHARD, J. M. V. Physicochemical properties of sweet potato starch. **Journal of Food and Agriculture**, v. 57, p. 445-491, 1991.

TILLEY, R. J. D. **Cristalografia, cristais e estruturas cristalinas**. p. 487, 1ª ed., Editora Oficina de textos, São Paulo, 2014.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.

YAMANI, B. V. **Caracterização físico-química e funcional de amido de tuberosas originárias da América do Sul: oca (*Oxalis tuberosa* Molina), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) e mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz e Pavón)**. 120p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CAPÍTULO II

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DE FRUTA- PÃO (*Artocarpus altilis*) E MISTURAS

Extração e caracterização físico-química da farinha de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) e misturas

RESUMO

A fruta-pão é um fruto rico em vitaminas e minerais, com elevada perecibilidade e que pode ser processada à forma de farinha aumentando a sua vida de prateleira. Essa farinha pode substituir parcialmente a farinha de trigo. O objetivo deste estudo foi realizar a caracterização físico-química da farinha de fruta-pão e de suas misturas com diferentes percentuais de substituição de farinha de trigo e de fruta-pão. As amostras analisadas continham um percentual de substituição de farinha de fruta-pão de 0% (controle), 5%, 10%, 15%, 20% e 100% e foram submetidas às análises físico-químicas de umidade, cinzas, extrato etéreo, carboidratos, proteína, energia, fibra total, solúvel e insolúvel, pH, cor e granulometria. A substituição da farinha de trigo pela farinha de fruta-pão influenciou na granulometria das misturas e reduziu o teor de proteína de 10,8% da farinha de trigo para 3,99% à medida que se aumentava o teor de farinha de fruta-pão. Entretanto, ocorreu uma elevação no percentual de carboidratos, cinzas e pH de 73,84%, 0,52% e 5,94 do controle para 83%, 2,19% e 6,34 para a farinha de fruta-pão (F100), respectivamente. No entanto, para a umidade, teor de lipídeos e diferença global de cor das amostras com 0% e 5% não foi verificada influência significativa do percentual de substituição, apresentando valores próximos a 11%, 4%, 0,31 Δ E, respectivamente. A farinha de fruta-pão apresentou um maior percentual de fibras totais (21,17%), solúveis (10,39%) e insolúveis (10,77%). Em relação a caracterização físico-química das amostras de farinha, o aumento do percentual de substituição influenciou a maioria das variáveis avaliadas.

Palavras-chave: farinha mista, substituição, farinha de trigo.

Extraction and physicochemical characterization of breadfruit flour (*Artocarpus altilis*) and mixtures

ABSTRACT

The breadfruit is a fruit rich in vitamins and minerals, with high perishability and that can be processed to the form of flour increasing its shelf life. This flour can partially replace wheat flour. The aim of this study was the physicochemical characterization of breadfruit flour and its mixtures with different percentages of wheat flour of a breadfruit. The samples analyzed contained a percentage of replacement breadfruit flour 0% (control), 5%, 10%, 15%, 20% and 100% and were subjected to physical and chemical analysis of moisture, ash, lipids, carbohydrates, protein, energy, total, soluble and insoluble fiber, pH, color and particle size. The replacement of wheat flour by breadfruit flour mixtures influenced the particle size and reduced wheat flour protein content from 10.8% to 3.99% as it increases the breadfruit flour content. However, there was an increase in the percentage of carbohydrates, ash and pH from 73.84%, 0.52% and 5.94 in the control to 83%, 2.19% and 6.34 for breadfruit flour (F100), respectively. However, for moisture, lipid content and overall difference in color of the samples with 0% and 5% showed no significant influence of the percentage of replacement, with values close to 11%, 4%, 0.31 ΔE , respectively. The flour breadfruit presented a greater percentage of total fiber (21.17%), soluble (10.39%) and insoluble (10.77%). Regarding the physical and chemical characterization of the flour samples, increasing the replacement percentage influenced most of the evaluated variables.

Keywords: mixed flour, replacement, wheat flour.

1 INTRODUÇÃO

A fruta-pão da variedade apyrena (*Artocarpus altilis*) é originária da região indomalásia (Ilhas de Java e Sumatra) e cultivada em regiões tropicais (SANTANA, 2010). A polpa do fruto é rica em carboidratos, água, vitaminas B₁, B₂ e C, cálcio, fósforo, ferro e com baixo teor de gorduras (MOREIRA et al., 2006).

A utilização da fruta fresca é limitada por ser um alimento perecível (CALZAVARA, 1987; ADEBOWALE et al., 2005; WANG et al., 2011). O seu consumo ocorre quando o fruto ainda não está completamente maduro, sendo a polpa cozida, assada, frita ou transformada em farinha e utilizada em panificação e confeitaria (CALZAVARA, 1987). A farinha de fruta-pão representa para consumo humano uma forma alternativa de aproveitamento e conservação das características nutritivas do fruto, podendo ser estocada por maior período (MOREIRA et al., 2006).

A produção da farinha aumenta a vida útil da matéria prima por reduzir o teor de umidade e propiciar o uso como ingrediente na elaboração de alimentos como bolos, biscoitos, pães, entre outros (RODRIGUES et. al, 2011).

A farinha de trigo é um produto usado para fabricação de uma vasta gama de produtos alimentares com a principal função de fornecer as proteínas formadoras do glúten, gliadinas e gluteninas (LV et al, 2012). Essa farinha pode ser substituída parcialmente por outras para uso em produtos de panificação, sendo designada farinha mista ou composta (BRASIL, 2005a). É possível fazer a substituição de parte da farinha de trigo, até um nível no qual não seja identificado prejuízo às características do produto final (BENASSI; WATANABE, 1997).

O objetivo deste estudo foi realizar a caracterização físico-química de farinhas mistas com diferentes percentuais de substituição da farinha de trigo e de fruta-pão, a fim de avaliar o efeito da substituição nas características desse produto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

A fruta-pão da variedade *apyrena* foi colhida na cidade de Iconha – ES ao atingir o seu pleno desenvolvimento e foi a seguir armazenada em *freezer* a -18 °C até sua utilização. A farinha de trigo da marca Número 1 foi adquirida no comércio local da cidade de Alegre – ES.

2.2 Extração da farinha de fruta-pão

Os frutos congelados foram submetidos ao descongelamento com água a temperatura ambiente e, após esse processo, foram lavados em água corrente, submersos em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm) por quinze minutos e novamente lavados em água corrente (MOREIRA et al., 2006).

Após a higienização, os frutos foram pesados, as cascas foram removidas e descartadas. A polpa foi cortada em fatias finas com auxílio de um multiprocessador (Philips Walita, 500W, modelo RI7625). Para a secagem, as fatias da fruta-pão foram distribuídas em bandejas e mantidas em secador com circulação de ar a 60 °C por cerca de quatro horas, até atingir peso constante (MOREIRA et al., 2006).

Após a secagem, a polpa do fruto foi triturada em liquidificador (Philips Walita, 600W, modelo RI2044) até a obtenção de uma farinha fina e armazenada em embalagens metalizadas *TradPouch* 160MZ à temperatura ambiente. Calculou-se o rendimento das farinhas dividindo-se a quantidade, em gramas, de farinha pela quantidade, em gramas, do fruto *in natura* com casca (AKANBI et al., 2009).

2.3 Preparo das amostras

A farinha de trigo (F0), utilizada como controle, foi misturada à farinha de fruta-pão (F100) para a obtenção das substituições parciais de 5% (F5), 10% (F10), 15% (F15) e 20% (F20) de farinha de trigo por farinha de fruta-pão. Essas substituições foram determinadas por testes preliminares.

As seis amostras foram submetidas a análises físico-químicas de umidade,

cinzas, extrato etéreo, carboidratos, proteína, energia, fibra total, solúvel e insolúvel, pH, cor e granulometria.

2.4 Caracterização físico-química

2.4.1 Teor de água

O teor de água foi verificado pela secagem em estufa (Biopar® S80SD) a 130 °C de acordo com a metodologia (nº 925.10) adaptada da AOAC (1998).

Inicialmente, as placas de Petri foram lavadas e levadas para estufa a 130 °C por uma hora. Após, o peso das placas foi identificado em balança da marca BEL Engineering® Classe II (d = 0,001 g) e 2 g de amostra foram pesadas. As amostras permaneceram na estufa por 4 horas ou até atingirem peso constante. A umidade foi determinada conforme a Equação 2.1:

$$\text{Teor de água (\%)} = \frac{\text{Perda de massa (g)} \times 100}{\text{Peso da amostra (g)}} \quad (\text{Equação 2.1})$$

2.4.2 Teor de cinzas

As cinzas foram determinadas por incineração de 5 g de amostra em mufla modelo 115 da marca Tecno® Fornos e Equipamentos a 550 °C até peso constante conforme o método (nº 923.03) da AOAC (1998).

Os cadinhos de porcelana utilizados foram lavados, colocados em mufla a 250 °C por uma hora, resfriados em dessecador e pesados. As amostras foram pesadas em balança da marca BEL Engineering® Classe II (d = 0,001 g) e transferidas para mufla a 550 °C, onde permaneceram por 6 horas. Após, as amostras foram resfriadas até temperatura ambiente e pesadas. O teor de cinzas foi determinado conforme a Equação 2.2:

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{\text{cinzas (g)} \times 100}{\text{peso da amostra (g)}} \quad (\text{Equação 2.2})$$

2.4.3 Extrato etéreo

Para determinação do extrato etéreo das amostras de farinha, foi utilizado o método de extração direta em Soxhlet, que tem como princípio básico a extração da fração lipídica da amostra com éter e, posterior, remoção do solvente por destilação (IAL, 2005 – nº 032/IV).

Inicialmente os copos extratores foram lavados e secos em estufa a 105 °C por uma hora e pesados. Cinco gramas de amostra foram pesados em cartucho de Soxhlet (Soksfitt 33x80) e acoplados no aparelho extrator de óleos e graxas MA 491 Marconi® juntamente com os copos extratores adicionados de 80 mL de éter de petróleo P.A.

A extração ocorreu por cerca de 4 horas e após esse período o éter foi evaporado, o copo extrator resfriado em dessecador e pesado. O percentual de lipídeos para as amostras foi calculado de acordo com a Equação 2.3:

$$\text{Extrato etéreo (\%)} = \frac{\text{Lipídeos (g)} \times 100}{\text{amostra (g)}} \quad (\text{Equação 2.3})$$

2.4.4 Teor de proteína

O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl modificado (IAL, 2005 – nº 037/IV), que se fundamenta na decomposição da matéria orgânica e transformação do nitrogênio em amônia. Este método tem por base a digestão da amostra, na qual o nitrogênio é transformado em um sal de amônia.

Pesou-se em balança analítica Shimadzu® AUW320 (d = 0,1 mg) em cada tubo digestor 0,2 g de amostra e 1,5 g de mistura catalítica (proporção de 1:10 de sulfato de cobre pentaidratado e sulfato de potássio), que após, foi transferido para capela de exaustão de gases e adicionado de 6 mL de ácido sulfúrico P.A. O tubo permaneceu na chapa digestora à 350 °C por 2 horas. Após esse período, os tubos com as amostras digeridas foram resfriados até que a amostra ficasse incolor.

Para a destilação realizada em destilador de nitrogênio MA – 036 Marconi®, foi adicionado em um frasco Erlenmeyer de 250 mL, 25 mL de água destilada e 25 mL de ácido bórico 40% com solução indicadora composta por 0,132 g de vermelho

de metila e 0,066 g de verde de bromocresol dissolvidos em 200 mL de álcool etílico. Foi adicionada ao frasco com a amostra digerida, por meio de um funil com torneira, solução de hidróxido de sódio 37% até garantir um excesso de base, aquecido à ebulição e destilado até obter cerca de 100 mL do produto.

O destilado contido no Erlenmeyer foi titulado com solução de ácido clorídrico 0,1 M, usando vermelho de metila como indicador.

O conteúdo de nitrogênio obtido foi convertido em proteína por meio do fator de conversão 5,83 para a farinha de trigo e 6,25 para a farinha de fruta-pão e misturas (IAL, 2005).

2.4.5 Carboidratos

O percentual de carboidratos totais foi calculado por diferença, subtraindo-se de 100 os teores encontrados para umidade, extrato etéreo, proteínas e cinzas (SOUCI; FACHMAN; KRAUT, 2000).

2.4.6 Quantificação de energia

A energia foi calculada pela soma da quantidade, em gramas, de proteína e carboidratos, multiplicados pelo fator 4 (kcal g^{-1}), somado ao teor de lipídios totais, multiplicado pelo fator 9 (kcal g^{-1}) (SOUCI; FACHMAN; KRAUT, 2000).

2.4.7 Fibra solúvel, insolúvel e total

A determinação do percentual de fibras solúveis, insolúveis e totais foi realizada de acordo com a metodologia adaptada número 32-05 da AACC (1986) e número 985.29 da AOAC (1985).

Cadinhos com placa porosa foram preparados com adição de 0,25g de celite e incineração em mufla modelo 115 da marca Stecno® Fornos e Equipamentos a 550 °C por 4 horas. Após resfriamento em dessecador, foram pesados e seu peso anotado.

Em um béquer foram adicionados 1 g da amostra e 25 mL de tampão fosfato 0,1M pH 6,0. A essa solução foram adicionados 50 μL de α -amilase, o frasco foi

coberto com papel alumínio, incubado em banho-maria à 100 °C por 15 minutos e agitado manualmente a cada 5 minutos.

Após esse período, o frasco foi retirado do banho-maria, adicionou-se 20 mL de água destilada e ajustou-se o pH a 1,5 com HCl. Foram adicionados 0,1g de pepsina à solução, o frasco foi coberto e incubado a 40 °C em banho-maria com agitação por 60 minutos.

O béquer com amostra foi retirado do banho, adicionou-se 20 mL de água destilada e ajustou-se o pH a 6,8 com NaOH. Adicionou-se 0,2g de pancreatina e incubou-se a 40 °C com agitação por mais 60 minutos. Retirou-se o béquer com amostra do banho e o pH foi ajustado a 4,5 com HCl.

A amostra digerida foi transferida para um cadinho de placa porosa e filtrada com uso de bomba a vácuo. Ao cadinho foram acrescentados 20 mL de água destilada, 20 mL de etanol 95% e 20 mL de acetona. Levou-se o cadinho com o resíduo (fibra insolúvel) para estufa a 105 °C até peso constante (D1).

O filtrado (fibra solúvel) foi transferido para um béquer de 500 mL e completou-se o volume de 400 mL com etanol 95%. Deixou-se decantar por 24 horas. Após esse período, a amostra foi transferida para um cadinho com placa porosa e filtrou-se com bomba a vácuo. Adicionou-se ao cadinho 20 mL de etanol 78%, 20 mL de etanol 95% e 20 mL de acetona. O cadinho com o resíduo (fibra solúvel) foi transferido para estufa a 105 °C até peso constante (D2).

Separou-se 2 cadinhos de fibra insolúvel e 2 de solúvel e levou-se para mufla, onde foram incinerados a 550 °C por 6 horas e, posteriormente pesados (I1 e I2). Os cadinhos que não foram para mufla, seguiram para determinação de proteína de acordo com o método de Kjeldhal modificado (IAL, 2005).

Para o branco foram realizados os mesmos procedimentos, no entanto, sem as amostras (B1 e B2).

O percentual de fibras insolúveis, solúveis e totais foi calculado com base nas Equações 2.4, 2.5 e 2.6, respectivamente:

$$\% \text{ fibra insolúvel} = \frac{D1 - I1 - B1}{W} \times 100 - \% \text{ proteína} \quad (\text{Equação 2.4})$$

$$\% \text{ fibra solúvel} = \frac{D2 - I2 - B2}{W} \times 100 - \% \text{ proteína} \quad (\text{Equação 2.5})$$

$$\% \text{ fibras totais} = \% \text{ fibra insolúvel} + \% \text{ fibra solúvel} \quad (\text{Equação 2.6})$$

Em que: W = massa da amostra (g); D = massa após secar (g); I = massa após incinerar (g); B = branco.

2.4.8 pH

A determinação de pH foi baseada na metodologia número 943.02 da AOAC (1998). Uma solução com 5 g de amostra e 50 mL de água destilada foi preparada e homogeneizada por 10 minutos em agitador magnético. Em seguida, foi realizada a leitura do líquido sobrenadante em pHmetro digital da marca ION® pHB500.

2.4.9 Análise de cor

As farinhas e as misturas foram caracterizadas pela leitura direta de refletância do sistema de coordenadas retangulares “L*” (luminosidade), “a*” (intensidade de verde a vermelho) e “b*” (intensidade de azul a amarelo), empregando-se a escala de cor CIELAB, com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, utilizando-se colorímetro Hunter Lab®, modelo Colorquest XE.

O CIE (Comissão Internacional de Iluminação) estabeleceu o espaço colorimétrico L*a*b* em 1976 que faz uso de três parâmetros para a identificação de uma cor: parâmetro L*: indica o grau de luminosidade que varia de 0 (preto) a 100 (branco) e o valor é dado em porcentagem; parâmetro a*: menor que zero, maior participação da cor verde e maior que zero, maior participação da cor vermelha; parâmetro b*: menor que zero, maior participação da cor azul e maior que 0, maior participação da cor amarela (MELCHIADES e BOSCHI, 1999).

Foi calculada a diferença global de cor para cada mistura e para a farinha de fruta-pão comparados com o padrão farinha de trigo pelo parâmetro ΔE , conforme a Equação 2.7.

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} \quad (\text{Equação 2.7})$$

Em que, $\Delta L = L_{\text{padrão}} - L_{\text{amostra}}$; $\Delta a = a_{\text{padrão}} - a_{\text{amostra}}$; $\Delta b = b_{\text{padrão}} - b_{\text{amostra}}$. A classificação do ΔE deu-se da seguinte forma: para o valor de ΔE menor que 0,2, a diferença de cor é imperceptível; ΔE de 0,2 a 0,5, diferença de cor muito pequena; ΔE de 0,5 a 1,5, diferença de cor pequena; ΔE de 1,5 a 3,0, diferença de cor distinguível; ΔE de 3,0 a 6,0, diferença de cor facilmente distinguível; ΔE de 6,0 a 12,0, diferença de cor grande; ΔE maior 12,0, diferença de cor muito grande (GONNET, 1998; HUNTERLAB, 2013; KONICA MINOLTA, *apud* EVANGELISTA et al., 2011, p. 955).

2.4.10 Granulometria

A granulometria das farinhas foi determinada conforme a metodologia adaptada número 66-20 da AACC (2000), para 100 gramas de amostra. Foi utilizado um conjunto de peneiras com malhas de 20, 24, 28, 32, 35, 42, 48, 60, 65, 80 e 100 mesh, com abertura de 0,85mm, 0,71mm, 0,60mm, 0,50mm, 0,425mm, 0,355mm, 0,30mm, 0,25mm, 0,212mm, 0,18mm, 0,15mm, respectivamente, submetidas à ação vibratória por um período de cinco minutos, as quais, posteriormente, foram pesadas e os resultados expressos em porcentagem de material retido em cada peneira.

2.5 Análise dos dados

Os dados foram analisados utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições em triplicata. Os resultados de cor, pH, energia, carboidratos, proteína, extrato etéreo, cinzas e umidade foram analisados por meio de ANOVA e teste de Tukey com nível de significância de 5%, com auxílio do programa Statistica versão 10.0 (MEDEIROS, KWIATKOWSKI e CLEMENTE, 2012). Os dados de fibra total, solúvel e insolúvel foram analisados por meio de ANOVA e teste de Tukey com nível de significância de 5%, com auxílio do programa Assistat versão 7.7.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Rendimento da farinha de fruta-pão

A polpa da fruta-pão após a secagem atingiu um rendimento de 22% de farinha de fruta-pão, resultado semelhante ao encontrado por Moreira, Carvalho e Vasconcelos (2006). O rendimento total de farinha a partir da fruta-pão *in natura* no presente estudo foi de 14%, valor superior aos 10,43% encontrados por Rincón e Padilla (2004) para a mesma matéria prima.

3.2 Umidade

De acordo com a Instrução Normativa nº 8 (BRASIL, 2005b), a umidade máxima permitida para farinha de trigo é 15%. Para a farinha de fruta-pão, de acordo com Moreira, Carvalho e Vasconcelos (2006), o percentual de umidade é 6%.

Os percentuais de água (Tabela 2.1) encontrados para a farinha de trigo (F0) e as misturas F5, F10, F15 e F20, estavam próximos a 11%, não diferindo estatisticamente entre si e apresentando-se de acordo com o estabelecido pela legislação (BRASIL, 2005). A formulação F100, constituída apenas por farinha de fruta-pão, diferiu estatisticamente das demais, e a umidade dessa amostra (6,91%) foi próximo aos 6,5% de umidade encontrados por Pereira e colaboradores (2010). Uma redução no teor de água das farinhas foi verificada por Medeiros e colaboradores (2012) com o aumento do percentual de substituição da farinha de trigo quando utilizaram farinha de polpa de pupunha, diferente do observado no presente estudo.

Segundo Faroni et al. (2002), a umidade de farinhas deve ser controlada, pois esta variável está relacionada como um dos principais fatores de aceleração de reações químicas nesses alimentos, provocando alterações nas suas características nutricionais, sensoriais e tecnológicas. Teores de água abaixo do limite máximo permitido normalmente asseguram a conservação da qualidade das farinhas durante a estocagem comercial.

3.3 Teor de cinzas

O valor de cinzas encontrado no presente estudo (Tabela 2.1) para a amostra F0 foi de 0,52%, estando de acordo com a Instrução Normativa nº 8 (BRASIL, 2005b), na qual o teor máximo de cinzas permitido para farinha de trigo é de 0,8%. Essa amostra diferiu estatisticamente das demais por apresentar menor quantidade de cinzas.

Verificou-se que o aumento do percentual de substituição da farinha de trigo pela farinha de fruta-pão, elevou a quantidade do teor de cinzas da amostra. O teor de cinzas está relacionado com a quantidade de minerais presentes nas farinhas (MEDEIROS et al., 2012). Esse efeito também foi destacado por Borges (2009) ao estudar farinhas mistas de trigo e linhaça.

Foi observado que a formulação F100 continha 2,19% de cinzas, diferindo-se estatisticamente das demais por ser a de maior percentual. Valores semelhantes de cinzas, 2,91%, foram encontrados por Moreira, Carvalho e Vasconcelos (2006) ao determinarem a composição centesimal da farinha de fruta-pão. O maior teor de cinzas pode ser justificado pelo fato da polpa da fruta-pão ser rica em minerais como cálcio, fósforo e ferro (PEREIRA et al., 2010). Em comparação com a farinha de trigo, vale ressaltar que durante o seu processamento é retirado do grão o pericarpo e os tecidos mais externos incluindo porções consideráveis da camada de aleurona, rica em sais minerais, tais como fósforo, potássio, magnésio, cálcio, ferro e zinco (BURI et al., 2004).

Vieira et al. (1999) relataram que a associação de elevados teores de água e cinzas poderia resultar em um ambiente propício à síntese de micotoxinas em grãos e produtos derivados.

3.4 Extrato etéreo

Os valores de extrato etéreo não foram significativos (Tabela 2.1), ou seja, o aumento do percentual de farinha de fruta-pão às amostras não influenciou o percentual de lipídeos das mesmas. Rincón e Padilla (2004) encontraram para a farinha de fruta-pão um valor de lipídeos de 3,04%, valor próximo ao verificado neste estudo para a amostra F100 (3,85%).

Borges (2009), ao estudar farinhas mistas de trigo e linhaça, verificou um aumento no teor de lipídeos, com o aumento do percentual de linhaça. A amostra controle apresentou 1,79% de lipídeos, valor inferior ao encontrado no presente estudo (3,45%) para a farinha de trigo.

A composição centesimal dos produtos hortícolas pode ser influenciada por vários fatores como tipo de solo, clima, adubação e estado fisiológico (CONTADO et al., 2010). Segundo Brillouet et al. (1981) o estágio de maturação é um dos fatores que influenciam decisivamente as características dos produtos hortícolas, o que provavelmente justificam as diferenças encontradas para o teor de lipídeos no presente estudo.

3.5 Teor de proteína

O teor de proteína encontrado para a amostra F0 foi de 10,8%, estando de acordo com a Instrução Normativa nº 8 (BRASIL, 2005b), que determina um percentual mínimo de 7,5% de proteína para farinha de trigo. A formulação F0 não diferiu estatisticamente da F5, F10 e F15, no entanto, apresentou diferença significativa para F20 e F100, que continham percentuais menores de proteína. Moreira, Carvalho e Vasconcelos (2006) verificaram que a farinha de fruta-pão continha 3,68% de proteína, valor próximo ao encontrado no presente estudo (3,99%).

A redução do percentual de proteína com o aumento da substituição da farinha de trigo pela farinha de fruta-pão era esperada, uma vez que esse fruto é constituído por uma quantidade menor de proteína e, além disso, não contém as proteínas gliadina e glutenina, que são formadoras do glúten (SACRAMENTO et al., 2009). Essa característica também foi evidenciada por Couto (2007) ao estudar farinha mista de trigo e casca de pequi. Analisadas separadamente, a farinha de trigo apresentou 12,63% de proteína e a farinha de casca de pequi 3,83%.

A influência da farinha de fruta-pão na redução do percentual de proteína não é interessante do ponto de vista tecnológico devido a ocorrência da diluição das proteínas formadoras do glúten na presença das proteínas que não possui essa propriedade (SCHMIELE et al., 2012), característica que pode interferir no volume de produtos panificáveis como os pães pelo enfraquecimento da rede de glúten.

Tabela 2.1 – Valores obtidos nas análises físico-químicas das amostras de farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas

Formulações	Umidade (%) [*]	Proteína (%) [*]	Lípídeos (%) ns	Carboidratos (%) [*]	Cinzas (%) [*]	Energia (Kcal/100g) [*]	pH [*]
F0	11,38 ^a	10,80 ^{ab}	3,45	73,84 ^{bc}	0,52 ^e	369,64 ^b	5,94 ^f
F5	11,24 ^a	11,24 ^a	4,09	72,73 ^c	0,67 ^b	372,76 ^{ab}	5,98 ^e
F10	11,03 ^a	10,76 ^{ab}	3,95	73,52 ^{bc}	0,71 ^{bc}	372,77 ^{ab}	6,04 ^d
F15	11,14 ^a	10,1 ^{bc}	4,83	73,09 ^c	0,81 ^{cd}	376,36 ^{ab}	6,09 ^{bc}
F20	11,20 ^a	9,61 ^c	3,28	75,04 ^b	0,86 ^d	368,18 ^b	6,10 ^b
F100	6,91 ^b	3,99 ^d	3,85	83,10 ^a	2,19 ^a	383,06 ^a	6,34 ^a

^{*} Significativo ($p < 0,05$). ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras iguais em uma mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

3.6 Carboidratos

A amostra F100 diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) das demais por conter o maior percentual de carboidratos totais (Tabela 2.1). O aumento do percentual de carboidratos com o aumento das substituições não foi gradativo, mas observou-se uma tendência a esse fenômeno. Já Borges (2009) verificou que a adição de farinha integral de linhaça reduziu os teores de carboidratos nas farinhas mistas.

Cruz e colaboradores (2013) obtiveram um percentual de carboidratos de 82,6% para farinha mista de banana e tapioca e Couto (2007), um percentual de 85,29% de carboidratos para a farinha de trigo, resultados próximos aos do presente estudo.

3.7 Quantificação de energia

Os valores de energia encontrados para as amostras (Tabela 2.1) variaram de 383,06 Kcal/100g para a amostra F100 a 369,64 Kcal/100g para F0. Foi observada uma tendência ao aumento da quantidade de energia ao se elevar os percentuais de substituição pela farinha de fruta-pão. Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as amostras F100, F0 e F20.

Moreira, Carvalho e Vasconcelos obtiveram um valor de 367,29 Kcal/100g para a farinha de fruta-pão, resultado próximo ao do presente experimento. No estudo de Couto (2007) foi identificado um valor calórico de 401,25 Kcal/100g para a farinha de trigo, resultado superior ao observado nesse estudo. A farinha mista de banana e tapioca elaborada por Cruz e colaboradores (2013) continha um valor calórico de 383,4 Kcal/100g, valor semelhante ao identificado para a amostra com 100% de farinha de fruta-pão do presente estudo.

3.8 pH

Os valores de pH encontrados neste estudo variaram de 5,94 (F0) a 6,34 (F100), deferindo-se estatisticamente entre si ($p < 0,05$) (Tabela 2.1), com exceção das amostras F15 e F20, que não apresentaram diferença estatística significativa. Verificou-se um aumento no valor do pH das amostras com o aumento dos

percentuais de substituição. Souza e colaboradores (2012) encontraram um valor de pH de 5,5 para a farinha de fruta-pão instantânea desenvolvida, valor próximo ao do presente estudo para a amostra F100. A farinha de trigo analisada por Couto (2007) apresentou um valor de pH de 5,44. Para esse autor os valores mais ácidos de pH podem influenciar na durabilidade e na qualidade da farinha, visto que produtos mais ácidos são naturalmente mais estáveis quanto à deterioração. Dias e Leonel (2006) identificaram valores de pH médios de 5,0 para farinha de mandioca que estão próximos aos verificados no presente estudo.

A acidez da farinha pode aumentar com o seu armazenamento devido à ocorrência de fenômenos como hidrólise gradual de lipídeos, produzindo ácidos graxos; hidrólise de proteínas, produzindo aminoácidos ou produtos intermediários da decomposição de proteínas (ORTOLAN et al., 2010). A medida do potencial hidrogeniônico (pH) é importante para as determinações de deterioração do alimento com o crescimento de microrganismos, atividade das enzimas e escolha da embalagem do produto (CECCHI, 2003).

3.9 Fibra solúvel, insolúvel e total

As fibras podem ser classificadas em solúveis ou insolúveis de acordo com a sua solubilidade em água. As pectinas, gomas e hemiceluloses são exemplos de fibras solúveis, enquanto celulose e lignina são conhecidas como insolúveis (MATTOS; MARTINS, 2000).

De acordo com os resultados dispostos na Tabela 2.2 para fibras totais, verificou-se que as amostras F5, F15 e F100 diferiam estatisticamente entre ($p < 0,05$). A formulação F100, constituída apenas por farinha de fruta-pão, destacou-se, diferindo significativamente das demais, por apresentar maior percentual de fibras (23,17%). Perez e Germani (2004) avaliaram o percentual de fibra total em farinhas mistas de trigo e berinjela. Os autores identificaram que um aumento no percentual de substituição interferiu no teor de fibras, que variou de 3,46% para o controle (farinha de trigo), percentual inferior ao encontrado no presente estudo (5,19%), à 12,24% para farinha com maior percentual de substituição. Ao analisar farinhas mistas de trigo e linhaça, Borges (2009) verificou que o aumento da substituição resultou no aumento do teor de fibra bruta.

Para as fibras solúveis (Tabela 2.2), apenas a amostra F100 diferiu estatisticamente das demais ($p < 0,05$) com maior percentual de fibra (11,46%). Resultado semelhante foi encontrado para as fibras insolúveis (Tabela 2.2), em que apenas a amostra F100, com maior percentual de fibra insolúvel, apresentou diferença estatística significativa quando comparada com as outras formulações. Estudos com farinha de berinjela de Perez e Germani (2004) mostraram valores de 22,41% de fibra solúvel e 21,71% de fibra insolúvel, superiores ao encontrado para farinha de fruta-pão, trigo e misturas.

De acordo com a Portaria nº 27 da ANVISA (1998), para se declarar que o alimento é fonte de fibras alimentares, o mesmo deve conter no mínimo 3% desse componente e o alimento com alto teor de fibras, no mínimo 6%. Com base nestes valores e nos teores de fibra alimentar total das formulações contendo farinha de fruta-pão, pode-se dizer que as farinhas mistas F10, F15 e F100 são alimentos com alto teor de fibras e as amostras F0, F5 e F20 são farinhas fontes de fibras.

Tabela 2.2 – Valores de fibras total, solúvel e insolúvel das amostras de farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas

Formulações	Fibra Total (%)[*]	Fibra Solúvel (%)[*]	Fibra Insolúvel (%)[*]
F0	5,07 ^{bc}	2,86 ^b	2,21 ^b
F5	4,02 ^c	2,66 ^b	1,36 ^b
F10	6,27 ^{bc}	3,31 ^b	2,96 ^b
F15	6,82 ^b	4,01 ^b	2,81 ^b
F20	5,95 ^{bc}	3,66 ^b	2,29 ^b
F100	23,17 ^a	11,46 ^a	11,71 ^a

* Significativo ($p < 0,05$). ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras iguais em uma mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

A utilização de ingredientes ricos em fibras pode resultar na obtenção de produtos de panificação com coloração mais escura, menor volume e textura mais firme, que pode estar relacionado com a sua maior capacidade de absorção de água (WANG; ROSELL; BARBER, 2002), tornando-a menos disponível para a hidratação da rede de glúten. No entanto, do ponto de vista nutricional, a produção de alimentos com maiores teores de fibras é relevante para aqueles que prezam por uma alimentação mais saudável, que possa auxiliar na redução do colesterol e melhora

do funcionamento intestinal, por exemplo.

3.10 Análise de cor

As variáveis de cor avaliadas foram L^* , a^* , b^* . O valor L^* representa o quanto mais clara ou mais escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). O parâmetro a^* pode assumir valores de -80 (verde) a +100 (vermelho) e o b^* pode variar de -50 (azul) a +70 (amarelo) (ALVES et al., 2008).

Para a variável luminosidade (L) (Tabela 2.3), os valores encontrados para as amostras ficaram próximos a 92, não havendo diferença estatística significativa ($p>0,05$) entre elas. O resultado demonstra que para luminosidade, as amostras estavam mais próximas à cor branca. Borges et al.(2011) ao analisarem uma farinha mista de trigo e linhaça, verificaram que o aumento do percentual de substituição da farinha de trigo pela farinha de linhaça reduziu o valor da coordenada L^* . Ou seja, quanto maior o percentual de substituição, mais escura a farinha, o que não foi verificado no presente estudo. A farinha de mandioca analisada no trabalho de Dias e Leonel (2006) apresentou luminosidade de 92,8, resultado muito próximo ao encontrado para as farinhas deste trabalho com fruta-pão.

Para a coordenada a^* que varia de verde a vermelho, algumas amostras apresentaram diferença estatística significativa entre si, mas todas com valores intermediários próximos a zero e positivos, indicando uma maior proximidade ao vermelho (Tabela 2.3). A formulação F100 diferiu das demais com um menor valor para o parâmetro a^* . As amostras F0, F10 e F15 não diferiram estatisticamente entre si. As formulações de farinhas mistas de linhaça e trigo analisadas por Borges e colaboradores (2011) também apresentaram valores próximos à zero, mas com tendência ao vermelho.

Para a variável b^* , variação de azul a amarelo, todas as amostras diferiram estatisticamente entre si, com exceção da F5 e F20 (Tabela 2.3). Todos os valores de b^* foram positivos e ficaram próximos a 10, indicando uma tendência à cor amarelada. Resultado semelhante foi encontrado por Borges e colaboradores (2011) com farinhas mistas de trigo e linhaça e por Dias e Leonel (2006) com farinha de mandioca.

Segundo Ortolan et al. (2010), para uma farinha ser considerada branca ela deve possuir valor de L^* superior a 93, de a^* próximo a zero (inferior a 0,5 ou negativo) e de b^* inferior a oito. Resultados próximos a essa classificação foram encontrados no presente estudo.

Os valores de diferença global de cor (ΔE^*) indicam quanto à impressão global de cor de uma amostra difere da amostra padrão/controle, ou seja, o quanto a diferença é perceptível aos olhos humanos (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Quando foi analisada a diferença global de cor (Tabela 2.3), observou-se que as amostras não apresentaram diferença estatística significativa ($p > 0,05$), ou seja, a substituição da farinha de trigo pela farinha de fruta-pão não influenciou a cor da farinha.

Tabela 2.3 – Valores dos atributos de cor das amostras de farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas

Formulações	L^{ns}	a^*	b^*	ΔE^{ns}
F0	92,28	0,57 ^a	10,38 ^d	-
F5	92,87	0,54 ^{bd}	10,56 ^b	0,64
F10	92,37	0,56 ^{ac}	10,63 ^a	0,26
F15	92,35	0,55 ^{ab}	10,53 ^c	0,16
F20	92,19	0,53 ^d	10,57 ^b	0,20
F100	92,22	0,03 ^e	10,13 ^e	0,60

* Significativo ($p < 0,05$). ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras iguais em uma mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). L (luminosidade, que varia do preto ao branco), a^* (varia do verde ao vermelho), b^* (varia do amarelo ao azul), ΔE (diferença global de cor).

De acordo com a classificação de Konica Minolta (1998) *apud* Evangelista e colaboradores (2011, p. 955), a amostra F15, com ΔE de 0,16, apresentou diferença de cor imperceptível; para F10 e F20 a diferença de cor foi muito pequena e para os tratamentos F5 e F100 a diferença de cor foi pequena, todas imperceptíveis ao olho humano por apresentarem um valor de ΔE inferior a 3. Para Ramos e Gomide (2007), há controvérsias em relação aos valores perceptíveis de cor, e estes autores afirmam que valores de ΔE acima de 3,0 podem ser detectados.

A cor de um alimento é a primeira característica de qualidade avaliada pelos consumidores e é crítica para a aceitação do produto por ser o primeiro atributo que o mesmo utiliza como uma ferramenta para aceitar ou rejeitar os alimentos (LEÓN et al, 2006).

3.11 Granulometria

De acordo com a Instrução Normativa nº 8 (BRASIL, 2005), 95% da farinha de trigo deve passar pela peneira de 0,25 mm, o que não foi verificado no presente estudo (Tabela 2.4). Para as amostras F0, F5, F10, F15, F20 e F100 passaram pela peneira de 0,25 mm, respectivamente, 6,30%, 6,63%, 5,53%, 5,83%, 7,94% e 16,33% de farinha, valores das somas dos percentuais retidos nas peneiras de 0,212 mm, 0,18 mm, 0,15 mm e base. Schmiele e colaboradores (2012) realizaram a análise granulométrica da farinha de trigo e observaram que mais de 95% da amostra passava pela peneira de 0,25 mm, resultado diferente encontrado no experimento.

As amostras F0 e F10 apresentaram um maior percentual de retenção na peneira de 0,60 mm; F5 e F20 em 0,50 mm; F15 o maior percentual ficou retido na peneira de 0,30 mm; F100 o maior percentual de retenção foi observado na peneira de 0,25 mm, conforme mostrado na Tabela 2.4. Borges e colaboradores (2006) analisaram a granulometria de farinhas mistas de trigo e aveia e observaram que, com o aumento do percentual de substituição, maior era a retenção das amostras nas peneiras de menor abertura, o que não foi observado no presente estudo. Processos de moagem distintos podem ter resultado nesses valores.

A característica granulométrica da matéria-prima constitui aspecto relevante na panificação, permitindo ou não uma maior uniformidade do produto elaborado (BORGES et al., 2011). O tamanho de partícula influencia diretamente a capacidade de absorção de água, o tempo de mistura e as características sensoriais do produto como aparência, sabor e textura (BORGES et al., 2003).

A influência da granulometria de farinhas nas propriedades de produtos de panificação ainda não foi totalmente elucidada, no entanto, acredita-se que partículas finas e uniformes promovam maior dispersibilidade da farinha na massa (BORGES et al., 2011).

Tabela 2.4 – Percentual de amostra retida nas peneiras pela análise de granulometria para farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas

	20 mesh (0,85mm)	24 mesh (0,71mm)	28 mesh (0,60mm)	32 mesh (0,50mm)	35 mesh (0,425mm)	42 mesh (0,355mm)	48 mesh (0,30mm)	60 mesh (0,250mm)	65 mesh (0,212mm)	80 mesh (0,18mm)	100 mesh (0,15mm)	Base
F0	14,74	9,64	23,56	18,12	6,08	0,29	20,69	0,53	2,22	1,35	0,58	2,13
F5	2,17	19,31	11,33	24,68	6,81	0,45	22,36	6,23	2,81	0,53	0,32	2,96
F10	16,76	16,78	29,43	13,88	3,45	0,52	12,51	1,10	2,70	0,30	0,41	2,10
F15	5,37	6,43	19,58	23,06	2,62	0,76	30,81	5,51	3,23	0,50	0,49	1,60
F20	5,82	5,07	19,81	20,66	4,13	0,83	26,76	8,93	3,51	0,93	0,60	2,89
F100	0,99	1,45	1,19	9,92	13,72	5,64	20,19	30,53	13,14	1,07	0,61	1,50

4 CONCLUSÃO

A elaboração de uma mistura de farinha de trigo com substituição parcial pela farinha de fruta-pão não influenciou as variáveis luminosidade (L^*), diferença global de cor (ΔE) e teor de lipídeos. Foi observada uma redução da umidade e proteína das farinhas com o aumento da substituição, assim como menores valores para a^* e b^* . Um aumento nos valores encontrados para fibras, carboidratos, cinzas, valor energético e pH foi identificado com o aumento da substituição da farinha de trigo pela farinha de fruta-pão em relação ao controle.

A substituição da farinha de trigo pela farinha de fruta-pão influenciou na maioria das características avaliadas, sendo este um resultado esperado dada a diferença na composição química das matérias primas estudadas. No entanto, esses resultados foram positivos, pois se verificou que a farinha de fruta-pão é um alimento nutritivo, de fácil produção, uma alternativa de aproveitamento desse fruto e, que juntamente com a farinha de trigo, pode resultar em uma farinha de menor custo e com potencial panificável.

5 REFERÊNCIAS

AACC. **American Association of Cereal Chemists**. Minnessotta, 2000.

ADEBOWALE, K. O.; OLU-OWOLABI, B. I.; OLAWUMI, E. K.; OLAYIDE LAWAL, O. S. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch. **Industrial Crops and Products**, n. 21, p. 343–351, 2005.

ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenóides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 830-839, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria n.27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**, de 16 de janeiro de 1998.

AKANBI, T.O.; NAZAMID, S.; ADEBOWALE, A. A. Functional and pasting properties of a tropical breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Ile-Ife, Osun State, Nigeria. **International Food Research Journal**, v. 16, p. 151-157, 2009.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC Internacional**. v.2, 17 ed. Gaithersburg: AOAC, 1998.

BENASSI, V. T.; WATANABE, E. Fundamentos da tecnologia da panificação. **EMBRAPA – CTAA**, 60p., Rio de Janeiro, 1997.

BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Wild) e de farinha de arroz (*Oryza sativa* L) polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.21, n.2, p. 303-322, 2003.

BORGES, J. T. S. **Avaliação tecnológica da farinha mista de trigo e linhaça integral e sua utilização na elaboração de pão de sal**. 144p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; CHAVES, J. B. P.; GERMANI, R.; PAULA, C. D. Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas de trigo e linhaça. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 159-172, 2011.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; DELLA LUCIA, S. M.; PEREIRA, P. C.; MORAES, A. R. F.; CASTRO, V. C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 145-162, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº8 de 02 de junho de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2005b.

BRASIL, Resolução de Direção Colegiada (RDC) nº 263, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] União, de 29 de agosto de 2005**. Brasília, 2005a.

BRILLOUET, J. M.; TRECHE, S.; SEALY, L. Alterations in cell wall constituents of yams *Dioscorea dumetorum* and *D. rotundifolia* with maturation and storage conditions, relation with post harvest hardening of *D. dumetorum* yam tubers. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 6, p. 1964-1967, 1981.

BURI, R. C.; VON REDING, W.; GAVIN, M. H. Description and characterization of wheat aleurone. **Cereal Foods World**, v. 49, p. 274–281, 2004.

CALZAVARA, B. B. G. **Fruticultura tropical: a fruta-pão [*Artocarpus altilis* (PARK.) Fosberg]**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (EMBRAPA CPATU), Belém – PA, p. 1 – 24, 1987.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

CONTADO, E. W. N. F.; PATTO, L. S.; ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D. Estudo dos métodos de extração de carotenóides em cenoura por fluido supercrítico (efs) e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p. 1617-1623, 2010.

COUTO, E. M. **Utilização da farinha de casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na elaboração de pão de forma**. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2007.

CRUZ, J. B.; COSTA, R. C.; FIGUEIREDO, E. L. Elaboração e caracterização de farinha mista de banana com tapioca utilizada para preparação de mingau na merenda escolar. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 07, n. 01, p. 993-1003, 2013.

DIAS, L. T.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. **Ciências Agrotécnicas**, v. 30, n. 4, p. 692-700, 2006.

EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I.; FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Qualidade nutricional e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 953-960, 2011.

FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; MARTINAZZO, A. P.; COELHO, E. M. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2002.

GONNET, J. Colour effects of co-pigmentation of anthocyanins revisited- 1. A calorimetric definition using the CIELAB scale. **Food Chemistry**, v. 63, n. 3, p. 409-415, 1998.

HUNTERLAB. **Hunter Associates Laboratory**. Color Measurement of Cereal and Cereal Products. Disponível em: <<http://www.hunterlab.com/node/653>>. Acesso em: 23 de julho de 2013.

IAL. **Instituto Adolfo Lutz**. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, 4 ed. São Paulo, 2005.

LEÓN, K.; MERY, D.; PEDRESCHI, F.; LEÓN, J. Color measurement in $L^*a^*b^*$ units from RGB digital images. **Food Research International**, v. 39, p. 1084 – 1091, 2006.

LV, J.; YU, L.; LU, Y.; NIU, Y.; LIU, L.; COSTA, J.; YU, L. L. Phytochemical compositions, and antioxidant properties, and antiproliferative activities of wheat flour. **Food Chemistry**, n. 135, p. 325–331, 2012.

MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**. v. 34, n.1, p. 50-55, 2000.

MEDEIROS, G. R.; KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características de qualidade de farinhas mistas de trigo e polpa de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 655-660, 2012.

MELCHIADES, F.G.; BOSCHI A.O. **Cores e tonalidades em revestimentos cerâmicos**. Cerâmica Industrial. V.4, p. 11-18, 1999.

MOREIRA, D. K. T.; CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M. Aproveitamento tecnológico da farinha de fruta-pão. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, Belém, Pará, 2006.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n.1, p. 55-59, 2010.

PEREIRA, S. C. L.; MONTEIRO, M. R. P.; HENRIQUES, G. S.; PAVESI, M. M.; AMORIM, F. N. Análise do efeito prebiótico da farinha de fruta-pão (*Artocarpus Incisa*) sobre a microbiota intestinal de ratos Wistar. **Revista do Médico Residente**, v. 12, n. 1, p. 22-30, 2010.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 15-24, 2004.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 599 p.

RINCÓN, A. M.; PADILLA, F. C. Physicochemical properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Margarita island, Venezuela. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.54, n.4, 2004.

RODRIGUES, F. C.; CASTRO, A. S. B.; MARTINO, H. S. D.; FERREIRA, C. L. L. F. Farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): produção e caracterização química. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 290-295, 2011.

SACRAMENTO, C. K.; LEITE, J. B. V.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O. Fruta-pão. In: SANTOS-SEREJO, J. A.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V., COELHO, Y. S. (Org.) **Fruticultura Tropical - Espécies Nativas e Exóticas**. 1. ed. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA CNPMF, 2009, p. 185 - 200.

SANTANA, H. V. **Propagação de fruta-pão a partir de estacas de raiz**. 47p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-Bahia. 2010.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; PATRICIO, S. M. C.; STEEL, C. J.; CHANG, Y. K. Rheological properties of wheat flour and quality characteristics of pan bread as modified by partial additions of wheat bran or wholegrain wheat flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 2141–2150, 2012.

SOUCI, S. W., FACHMAN, W., KRAUT, H. **Food composition and nutrition tables**, 6ª ed., Stuttgart: Medpharm, 2000.

SOUZA, D. S.; SOUZA, J. D. R. P.; COUTINHO, J. P.; FERRÃO, S. P. B; SOUZA, T. S.; SILVA, A. A. L. Elaboração de farinha instantânea a partir da polpa de fruta-pão (*Artocarpus altilis*). **Ciência Rural**, 2012.

VIEIRA, A. P.; BARDIALE-FURLONG, E.; OLIVEIRA, M. L. M. Ocorrência de micotoxinas e características físico-químicas em farinhas comerciais. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 221-225, 1999.

WANG, J.; ROSELL, C. M.; BARBER, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, v. 79, p. 221–226, 2002.

WANG, X.; CHEN, L.; LI, X.; XIE, F.; LIU, H.; YU, L. Thermal and rheological properties of breadfruit starch. **Journal of Food Science**. v. 76, n. 1, p. 55-61, 2011.

CAPÍTULO III

APLICAÇÃO DA FARINHA DE FRUTA-PÃO (*Artocarpus altilis*) NA ELABORAÇÃO DE PÃO DE FORMA

Aplicação da farinha de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) na elaboração de pão de forma

RESUMO

O pão é um alimento consumido por grande parte da população, produzido com farinha de trigo, água, sal e fermento, seus ingredientes fundamentais. A farinha extraída da fruta-pão tem potencial panificável e pode ser utilizada na elaboração de pães. O objetivo deste estudo foi verificar a viabilidade da utilização de farinha mista de trigo e fruta-pão na elaboração de pão de forma, com base em análises tecnológicas, perfil de textura e análise sensorial. Os pães foram elaborados com 0% (controle), 5%, 10%, 15%, 20% e 100% de farinha de fruta-pão. Foram realizadas análises de umidade, peso, volume, volume específico, altura, perfil de textura, aceitação sensorial e intenção de compra. O aumento do percentual de farinha de fruta-pão às formulações não influenciou significativamente a umidade, com valores variando de 33,96% a 41,28%, e o peso dos pães, exceto para a amostra com 100% de farinha de fruta-pão. Para os parâmetros volume, volume específico e altura, os maiores percentuais de substituição influenciaram negativamente as características do produto, com valores variando de 97,44 cm³, 2,03 cm³/g e 6,68 cm para 27,11 cm³, 0,34 cm³/g e 5,46 cm, respectivamente para as amostras controle e F100. As formulações com melhor intenção de compra e mais aceitas pela análise sensorial com notas hedônicas superiores a 7 para todos os atributos analisados foram as com substituição de 5% e 10%. A formulação com 100% não foi submetida à análise sensorial. A substituição de farinha de fruta-pão ao pão de forma nas proporções de 5% e 10% resultou em pães com boas características tecnológicas, devendo ser estimulada para ampliar as formas de utilização desse fruto.

Palavras-chave: farinhas mistas, características tecnológicas, análise sensorial, intenção de compra

Application of breadfruit flour (*Artocarpus altilis*) in the preparation of bakery

ABSTRACT

Bread is a food consumed by much of the population, made with wheat flour, water, salt and yeast, its basic ingredients. The extracted flour breadfruit has breadmaking potential and can be used in the preparation of bread. The aim of this study was to assess the availability of using mixed wheat flour and breadfruit in developing bakery based on technological analysis, texture profile and sensory analysis. The breads were prepared with 0% (control), 5%, 10%, 15%, 20% and 100% of breadfruit flour. Moisture analyzes were performed, weight, bulk, specific bulk, height, texture profile, sensory acceptance and purchase intent. The increase in the percentage of breadfruit to the formulations did not significantly influence the moisture flour, with values ranging from 33.96% to 41.28%, and the weight of bread, except for the sample with 100% of breadfruit flour. For bulk parameters, specific bulk and height, the highest percentages of replacement negatively influenced the product characteristics, with values ranging from 97.44 cm³, 2.03 cm³/g and 6.68 cm to 27.11 cm³, 0.34 cm³/g and 5.46 cm, respectively for the control samples and F100. The formulations with better purchase intent and more accepted by sensory analysis with hedonic notes above 7 for all attributes analyzed were with replacement of 5% and 10%. The composition of 100% was not subject to sensory analysis. The replacement of breadfruit flour to loaf in the proportions of 5% and 10% resulted in bread with good technological characteristics and should be encouraged to expand the ways of using this fruit.

Keywords: mixed flours, technological characteristics, sensory analysis, purchase intent

1 INTRODUÇÃO

O pão é um alimento fundamental da dieta, consumido mundialmente (ULZIJARGAL et al., 2013) e produzido de forma geral, por farinha de trigo, água, sal e fermento biológico (ANVISA, 2014). A farinha de trigo é o ingrediente básico na formulação, com a função de fornecer as proteínas formadoras do glúten. A água é importante para a formação da massa e para o controle da sua temperatura. O fermento biológico está relacionado com o crescimento da massa, devido à formação de gás. O sal é responsável pela melhoria do desenvolvimento da massa, fortalecimento da rede de glúten, sabor e conservação do produto (ANVISA, 2014).

As farinhas alternativas, como as farinhas mistas, têm sido usadas nos produtos de panificação com o objetivo de enriquecê-los nutricionalmente e manter suas qualidades tecnológicas e sensoriais, de acordo com a preferência do consumidor (COUTO, 2007; RIBOTTA et al. 2010).

A substituição parcial da farinha de trigo por outras farinhas que não contêm glúten deve ser cautelosamente avaliada, pois pode reduzir o potencial panificável da mistura, resultando em dificuldades no manuseio da massa, menor volume, aumento da firmeza, escurecimento do miolo e, em alguns casos, alteração do sabor; esta, porém, pode ser benéfica ou não (BENASSI; WATANABE, 1997; WANG et al., 2002).

A fruta-pão da variedade *apyrena* (*Artocarpus altilis*), conhecida como fruta-pão de massa, possui uma polpa rica em vitaminas B₁, B₂, C, cálcio, fósforo e ferro e pode ser processada à forma de farinha para consumo humano, representando uma alternativa de aproveitamento e conservação das características nutritivas do fruto, além de poder ser aplicada na elaboração de panificados (CALZAVARA, 1987; MOREIRA et al., 2006).

Diante do exposto, este trabalho objetivou verificar a viabilidade da utilização de farinha mista de trigo e fruta-pão na elaboração de pão de forma, com base em análises tecnológicas, perfil de textura e análise sensorial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

A fruta-pão da variedade apyrena foi colhida na cidade de Iconha – ES ao atingir o seu pleno desenvolvimento e foi armazenada em *freezer* a -18 °C até utilização. A farinha de fruta-pão foi obtida pela secagem do fruto em secador com circulação de ar a 60 °C por cerca de quatro horas ou até atingir peso constante (MOREIRA et al., 2006) e trituração em liquidificador (Philips Walita, 600W, modelo RI2044) até a obtenção de uma farinha fina. Os demais ingredientes utilizados na elaboração dos pães foram adquiridos no comércio local da cidade de Alegre – ES.

2.2 Formulação dos pães

Para a elaboração dos pães de forma, foi utilizada uma formulação adaptada de Simplicio (2013) com farinha de trigo, sal, açúcar, melhorador, margarina, fermento biológico seco, leite em pó integral e água, conforme apresentado na Tabela 3.1. Os ingredientes secos foram homogeneizados por dois minutos em batedeira (Arno Planetária, 280W, modelo BPAI). Os demais ingredientes e 80% da água foram adicionados e misturados. Os 20% de água restantes foram utilizados a fim de ajustar a textura da massa para que não ficasse dura ou mole demais. A massa homogeneizada foi sovada manualmente por dez minutos, modelada e colocada em forma de 30 cm para fermentação. A fermentação ocorreu por um período de 60 minutos em estufa a 30 °C. A massa foi assada em forno convencional a 180 °C por 25 minutos.

A farinha de trigo foi substituída pela farinha de fruta-pão em diferentes percentuais, levando-se em consideração a substituição por base de farinha (Tabela 3.1). Os percentuais de substituição foram determinados por testes preliminares e as farinhas utilizadas apresentaram granulometria de 0,355 mm.

Tabela 3.1 - Ingredientes utilizados para elaboração dos pães de forma

Ingredientes	F0 (controle)	F5	F10	F15	F20	F100
Farinha de trigo (%)	100	95	90	85	80	0
Farinha de fruta-pão (%)	0	5	10	15	20	100
Sal (%)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Açúcar cristal (%)	6	6	6	6	6	6
Melhorador (%)	1	1	1	1	1	1
Margarina (%)	4	4	4	4	4	4
Fermento biológico seco (%)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Leite em pó (%)	3	3	3	3	3	3
Água (%)	55	55	55	57	59	95

*Percentuais em base de farinha

2.3 Umidade dos pães

A umidade foi determinada pela secagem em estufa a 130 °C, utilizando-se 2 g de amostra (AOAC, 1998 - nº 925.10).

2.4 Características físicas dos pães

2.4.1 Massa

A massa dos pães, em grama, foi mensurada em balança analítica imediatamente após atingirem a temperatura ambiente (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

2.4.2 Massa das fatias

Imediatamente após atingirem a temperatura ambiente, os pães foram cortados em fatias e a sua massa, em grama, mensurada em balança analítica (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

2.4.3 Volume

O volume foi determinado pelo deslocamento de sementes de painço uma hora após a retirada do pão do forno (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982). Um béquer de 400 mL foi preenchido com o painço e nivelado com uma régua. As sementes foram vertidas em uma proveta, onde o volume foi medido. Uma fatia do pão (Tabela 3.2) foi colocada em um béquer, adicionou-se novamente o painço, nivelou-se com a régua, recolheu-se o excesso e voltou-se com o painço para a proveta para medir o volume deslocado (cm^3).

2.4.4 Volume específico

O volume específico foi calculado dividindo-se o volume encontrado para a fatia do pão (cm^3) pela sua massa (g) (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

2.4.5 Altura

A altura (cm) das fatias dos pães foi determinada medindo-se com paquímetro a altura no seu ponto mais elevado (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

2.4.6 Análise do perfil de textura

As propriedades de textura dos pães foram avaliadas utilizando-se o Analisador de Textura Brookfield® (Modelo CT3), segundo metodologia proposta pelo *American Institute of Baking* (2014) com modificações. As amostras foram comprimidas duas vezes para 40 % da sua altura original a uma velocidade de 1,7 mm/s durante o teste. A velocidade utilizada no pré-teste foi de 2 mm/s e a velocidade pós-teste de 10 mm/s. O sensor utilizado no teste foi uma sonda cilíndrica de 25 mm de diâmetro (TA11/1000).

As amostras foram cortadas em fatias de 6 cm, dispostas com a crosta na direção do sensor, analisadas à temperatura ambiente (30 °C) e os atributos de textura determinados foram: firmeza (força máxima na compressão durante a primeira mordida), coesividade (energia mecânica necessária para destruir a

estrutura interna da amostra), gomosidade (energia requerida para desintegrar uma amostra semissólida a um estado adequado para deglutição), elasticidade (capacidade da amostra de recuperar a sua forma original depois que a força de deformação é removida), mastigabilidade (trabalho necessário para mastigar a amostra para engolir) e fraturabilidade (força pela qual a amostra fratura ou quebra) por serem aqueles que melhor representam a textura de panificados (SZCZESNIAK, 2002; CLERICI; EL-DASH, 2006). Para a determinação foi utilizado o software Texture Pro CT V 1.4 Build 17.

2.5 Teste de aceitação sensorial e intenção de compra

Foi realizado um teste de aceitação sensorial com 80 julgadores não treinados, com idade entre 18 e 59 anos para avaliar os atributos aroma, sabor, aparência, textura e impressão global das cinco formulações de pão de forma. Foi utilizada escala hedônica de nove pontos, com extremos variando de “9 - gostei extremamente” a “1 - desgostei extremamente” (Apêndice A). As fatias dos pães foram cortadas ao meio, com aproximadamente 25 g cada, codificadas com números aleatórios de três dígitos e apresentadas de forma monádica e aleatória em uma mesma sessão em cabines individuais, sob luz branca (IAL, 2005 – nº 165/IV).

Na mesma ficha utilizada para o teste de aceitação sensorial foi aplicado o teste de intenção de compra (IAL, 2005 – nº 167/IV), no qual, os julgadores avaliaram se certamente comprariam o produto (5), possivelmente comprariam (4) o produto, talvez comprariam ou talvez não comprariam (3), possivelmente não comprariam o produto (2) e certamente não comprariam o produto (1) (Apêndice A).

2.6 Aspectos éticos

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa pela Plataforma Brasil e aguarda aprovação.

2.7 Análise dos dados

Os dados das análises tecnológicas e de umidade seguiram um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições em triplicata e foram analisados por ANOVA e teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância, com auxílio do programa Statistica versão 10.0. As notas hedônicas de aceitação sensorial e de intenção de compra foram submetidas à análise de variância com fontes de variação: amostra e o julgador; foi aplicado teste de Tukey a 5% de significância para comparação das médias com auxílio do programa Statistica versão 10.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Umidade

Durante a elaboração dos pães foi necessário aumentar a quantidade de água adicionada às formulações F15, F20 e F100 (Tabela 3.1) para permitir uma massa mais hidratada e menos compacta. A água deve ser adicionada em quantidade suficiente para hidratar a farinha e fazer com que a massa atinja uma consistência adequada para ser manipulada (BENASSI; WATANABE, 1997). A quantidade de água depende dos ingredientes da formulação e do processo de panificação utilizados, constituindo o meio dispersante para os ingredientes, além de favorecer o crescimento do pão durante o assamento (BORGES, 2009).

A farinha de fruta-pão é um produto com conteúdo significativo de fibras (21,17%), e massas ricas em fibras têm grande capacidade de absorção de água (LAURIKAINEN et al., 1998). Schmiele et al. (2012) também verificaram a necessidade de adicionar mais água às massas produzidas com farelo de trigo ao se elevar o percentual de substituição. Para Borges (2009), a adição de quantidades crescentes de água à massa favorece a maciez e pegajosidade, enquanto que sua escassez torna a massa dura e sem aderência.

Foi verificado que a farinha de fruta-pão não interferiu na umidade dos pães, com valor próximo a 34% para as amostras F0, F5, F10, F15 e F20, que não apresentaram diferença estatística significativa entre si (Tabela 3.2). No entanto, o

pão elaborado apenas com farinha de fruta-pão diferiu estatisticamente dos demais por conter um valor de umidade superior (41,28%). A umidade das amostras F0, F5, F10, F15 e F20 estava de acordo com o determinado pela RDC nº 90 (ANVISA, 2000), que estabelece o teor máximo de água de 38% para pães feitos com farinha de trigo. Borges (2009) relatou maior teor de água em amostras com maior percentual de farinha de linhaça, valores próximos aos encontrados no presente estudo.

3.2 Características físicas dos pães

Os pães elaborados com farinha mista de trigo e fruta-pão estão ilustrados na Figura 3.1. Os pães F5, F10, F15 e F20 apresentaram, visualmente, cor e uniformidade da crosta semelhantes ao controle (F0). No entanto, o mesmo não foi observado para o F100, que continha rachaduras na crosta, coloração branca e menor volume, características decorrentes da ausência de farinha de trigo e glúten na formulação.

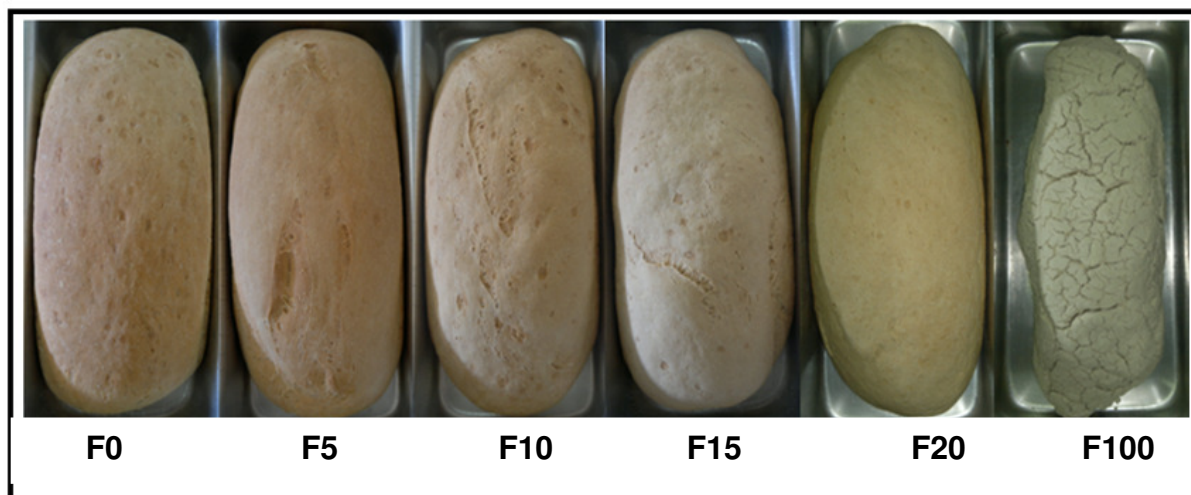


Figura 3.1—Imagens dos pães de forma elaborados com farinhas mistas de trigo e fruta-pão com diferentes percentuais de substituição.

A massa (em gramas) dos pães não foi influenciada pela farinha de fruta-pão (Tabela 3.2). As amostras controle (F0), F5, F10, F15 e F20 não diferiram estatisticamente entre si. A formulação F100 foi a única que apresentou diferença estatística das demais amostras por ser a de maior massa (588,65 g).

Em relação a massa da fatia (Tabela 3.2), a amostra F100 diferiu estatisticamente das demais ($p < 0,05$) por ser maior peso (77,47g). Para as amostras F15, F20 e F100 a adição de farinha de fruta-pão interferiu na massa das fatias, já que foi identificado um aumento significativo dessas amostras quando comparado com a F0, F5 e F10, que não diferiram entre si.

Verificou-se que o aumento do percentual de farinha de fruta-pão influenciou negativamente o volume dos pães (Tabela 3.2), possivelmente devido ao enfraquecimento da rede de glúten, menor retenção de gases e, conseqüentemente, menor crescimento (OLIVEIRA; PIROZI; BORGES, 2007). As amostras F0, F5 e F10 não diferiram estatisticamente entre si, apresentando um volume aproximado de 97 cm³. Para as formulações F15 e F20 foi observado um volume estatisticamente inferior às três primeiras, mas não diferiram entre si, com volume próximo a 47 cm³. A amostra F100, com menor volume (27,11 cm³), diferiu das demais significativamente ($p < 0,05$). Oliveira, Pirozi e Borges (2007) também verificaram uma interferência negativa no volume dos pães com a adição de um maior percentual de farinha de linhaça às formulações. A farinha de fruta-pão, assim como a farinha de linhaça citada, não possui as proteínas gliadinas e gluteninas, propriedade que comprova que a substituição da farinha de trigo por farinhas que não contêm gliadinas e gluteninas prejudica a formação da rede de glúten.

Pela análise do volume específico (Tabela 3.2), que relaciona o volume com a massa das fatias, observou-se diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as amostras, sendo que a F15, F20 e F100 diferiram entre si e das demais formulações. Montenegro (2011) também observou que adição de farinha de tritcale à massa reduziu o volume específico dos pães de forma significativa, assim como Oliveira, Pirozi e Borges (2007). Para Esteller (2007) analisar o volume específico dos pães é importante, pois está relacionado com a qualidade do produto, visto que consumidores associam o volume do pão a possíveis problemas ocorridos durante seu processamento.

Tabela 3.2 – Valores médios obtidos nas análises das amostras de pão com farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas

Formulações	Umidade (%)	Peso do pão (g)	Peso da fatia (g)	Volume (cm ³)	Volume específico (cm ³ /g)	Altura (cm)
F0	33,96 ^b	468,60 ^b	47,96 ^d	97,44 ^a	2,03 ^b	6,68 ^{ab}
F5	34,08 ^b	453,64 ^b	46,86 ^d	96,77 ^a	2,06 ^{ab}	6,80 ^a
F10	35,68 ^b	438,15 ^b	45,83 ^d	96,33 ^a	2,10 ^a	6,63 ^b
F15	34,80 ^b	457,42 ^b	51,91 ^c	46,77 ^b	0,90 ^c	5,93 ^{cd}
F20	35,49 ^b	453,89 ^b	56,49 ^b	47,22 ^b	0,83 ^d	5,85 ^d
F100	41,28 ^a	588,65 ^a	77,47 ^a	27,11 ^c	0,34 ^e	5,46 ^e

* Significativo ($p < 0,05$). ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras iguais em uma mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A altura dos pães diferiu estatisticamente entre as amostras ($p < 0,05$). O pão F5 apresentou maior altura, 6,8 cm e o F100, menor, 5,46 cm, diferindo dos demais (Tabela 3.2). A altura, assim como o volume, pode ser uma característica do pão avaliada pelo consumidor para determinar a sua qualidade.

A amostra F100 diferiu estatisticamente das demais para todos os atributos avaliados, indicando que essa formulação não apresentava características próximas das outras conforme ilustrado na Figura 3.2, podendo ser rejeitada pelo consumidor. Verificou-se que as fatias das amostras F0 e F5 estavam muito semelhantes em relação à simetria, volume, distribuição dos alvéolos e coloração, não sendo percebida interferência da farinha de fruta-pão para essas características (Figura 3.2). No entanto, a partir da amostra F10 foi identificada uma perda de simetria, redução de alvéolos e volume, possivelmente decorrente da redução da quantidade das proteínas formadoras do glúten e um espaço entre a crosta e o miolo. Na amostra F100, elaborada com 100% de farinha de fruta-pão, identificou-se ausência de alvéolos, resultando em uma massa compacta, de volume reduzido, visualmente mais úmida e com aspecto de crua, todas características decorrentes da ausência de glúten.

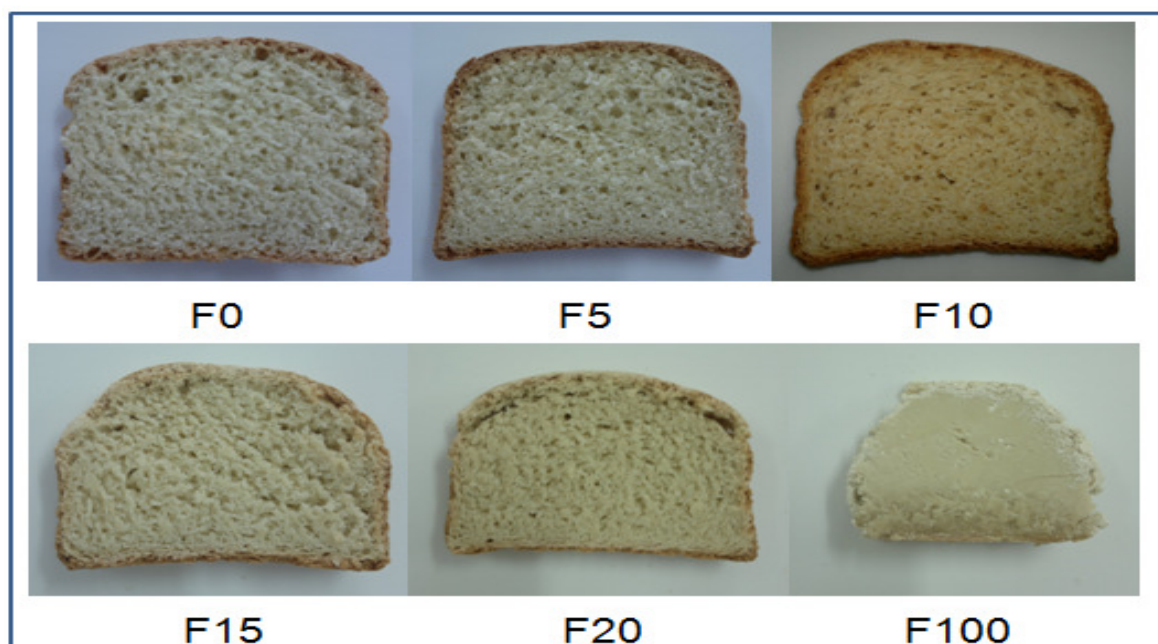


Figura 3.2 – Imagens das fatias dos pães de forma elaborados com farinhas mistas de trigo e fruta-pão com diferentes percentuais de substituição.

Os pães com maior percentual de farinha de fruta-pão apresentaram coloração mais escura e sabor característico desse fruto, quando comparados ao pão controle (Figura 3.2), além de apresentarem maior quebra e pouca maciez.

Os fatores observados mostram que a maior adição de farinha de fruta-pão à farinha de trigo resultou em prejuízo para umidade, peso, volume e altura do pão, mas em pequenas concentrações, como 5% e 10% de substituição, essa influência foi menor. Esse fato pode estar relacionado com a composição da farinha de fruta-pão, principalmente em decorrência da ausência de glúten dessa farinha. Além disso, a presença do elevado teor de fibras da farinha de fruta-pão pode ter prejudicado a absorção de água pelas proteínas, afetando a formação da rede de glúten. Para Lai, Hoskeney e Davis (1989) o efeito mais evidente da adição de fibras no pão é a redução do seu volume, o aumento da firmeza e escurecimento do miolo e, em alguns casos, um sabor não característico de pão.

3.2.1 Análise do perfil de textura

A textura é um atributo de qualidade analisado pelo consumidor, que está relacionado com a vida de prateleira do produto, sua forma de preparo e os ingredientes utilizados (SZCZESNIAK, 2002) e depende diretamente da umidade e

maciez do miolo do pão (EVANGELHO et al., 2012). Com base nos resultados obtidos pela análise de textura (Tabela 3.3) verificou-se que a farinha de fruta-pão interferiu nos atributos avaliados.

Segundo Botelho (2012) normalmente se associa o termo dureza a materiais predominantemente sólidos, como os frutos, e o termo firmeza a alimentos menos firmes, como o pão, mas ambas características apresentam o mesmo significado físico. Diante disso, utilizou-se o termo firmeza no presente estudo.

Para firmeza e fraturabilidade, as amostras F15, F20 e F100 apresentaram maior valor, diferindo estatisticamente das demais, que não apresentaram diferença estatística significativa entre si, ou seja, os pães produzidos com 15%, 20% e 100% de farinha de fruta-pão eram mais firmes e necessitaram de uma força maior para serem quebradas. Para a firmeza, resultado semelhante ao presente estudo foi encontrado por Couto (2007) com pães de forma adicionados de farinha de casca de pequi. Segundo o autor, substituições de até 10% de farinha de pequi não influenciaram na textura dos pães, que ficou semelhante ao controle. Uma firmeza elevada influencia negativamente na aceitação do consumidor (PAZ, 2013).

Os maiores valores de firmeza para as amostras F15, F20 e F100 relacionam-se inversamente aos valores de volume e volume específico (Tabela 3.2) encontrados para as mesmas, ou seja, quanto menor o volume do pão, maior a sua firmeza. Essa relação inversa também foi identificada por Schmiele e colaboradores (2012) para pães com substituição de 20%, 30% e 40% de farinha de trigo por farelo de trigo. Pães de forma com maior teor de fibra apresentam umidade mais alta e menores volumes específicos, o que reflete em uma maior firmeza devido à sua natureza mais compacta (SCHMIELE et al., 2012).

Em relação a elasticidade (taxa à qual um material deformado volta à sua condição não deformada após a força de deformação ser removida) e coesividade (energia mecânica necessária para destruir a estrutura interna da amostra) (SZCZESNIAK, 2002), apenas a amostra F100 diferiu estatisticamente das demais ($p < 0,05$), apresentando-se com menor capacidade de recuperar a sua forma original após deformação e com estrutura interna mais facilmente destruída. Pães de forma elaborados com 5%, 10% e 15% de farelo de arroz no estudo de PAZ (2013) apresentaram características semelhantes ao presente estudo, ou seja, a adição de

farelo de arroz não influenciou na característica de elasticidade do pão, assim como a coesividade do produto.

A gomosidade é energia requerida para desintegrar uma amostra semissólida a um estado adequado para deglutição (SZCZESNIAK, 2002). As amostras F0, F5 e F100 não diferiram estatisticamente entre si ($p>0,05$) e apresentaram o menor valor para este atributo. A gomosidade foi maior nas amostras F15 e F20, que não diferiram entre si. De acordo com Ulziiargal e colaboradores (2013), a inserção de outros componentes na panificação, como as farinhas mistas, tende a alterar características de textura, dentre elas a gomosidade.

Tabela 3.3 – Valores médios obtidos pela análise de perfil de textura das amostras de pão de forma com farinha de trigo, fruta-pão e suas misturas

Formulações	Firmeza (N)*	Elasticidade (g/mm)*	Coesividade*	Gomosidade (N)*	Fraturabilidade (N)*	Mastigabilidade (g/mm)*
F0	19,84 ^b	29,73 ^a	0,28 ^a	5,67 ^c	19,84 ^b	17207,0 ^c
F5	18,68 ^b	33,25 ^a	0,30 ^a	5,65 ^c	11,45 ^b	19300,0 ^c
F10	28,15 ^b	33,49 ^a	0,35 ^a	9,88 ^b	15,90 ^b	33636,0 ^b
F15	56,27 ^a	33,02 ^a	0,31 ^a	17,18 ^a	56,27 ^a	57727,0 ^a
F20	53,15 ^a	33,32 ^a	0,29 ^a	15,41 ^a	53,15 ^a	52299,0 ^a
F100	62,14 ^a	11,33 ^b	0,04 ^b	2,85 ^c	57,27 ^a	3279,3 ^d

* Significativo ($p < 0,05$). ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras iguais em uma mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

A amostra F100 apresentou o menor valor de mastigabilidade (3279,3 g/mm), diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) das demais, ou seja, o trabalho necessário para mastigar o pão elaborado com 100% de farinha de fruta-pão e engolir foi menor do que o trabalho aplicado para as demais. Para os pães com 15% e 20% de substituição foram verificados os maiores valores de mastigabilidade. Segundo Paz (2013), valores elevados de mastigabilidade denotam uma força maior no processo de deglutição, o que pode acarretar em um produto com uma baixa aceitação. Para Ribotta e colaboradores (2010), maiores valores de firmeza e mastigabilidade estão diretamente associados a um menor volume dos pães e, consequentemente, com uma qualidade inferior.

Wang, Rosell e Barber (2002) avaliaram os atributos dureza, elasticidade, mastigabilidade e coesividade de pães de forma com e sem adição de fibras (inulina). Os autores observaram um aumento da firmeza e mastigabilidade com a adição de fibras, mas que não houve interferência na elasticidade e na coesividade.

3.3 Teste de aceitação sensorial e intenção de compra

De acordo com Reis e Minim (2010), a análise sensorial caracteriza-se por identificar as propriedades de interesse na qualidade sensorial do alimento. Os testes de aceitação são utilizados quando o objetivo é avaliar se os consumidores gostam ou desgostam do produto. Para avaliar a aceitação de um produto utiliza-se a escala hedônica, que é facilmente compreendida pelos consumidores, que podem expressar sua aceitação pelo produto seguindo uma escala previamente estabelecida, que varia gradativamente, com base nos atributos “gosta” e “desgosta”.

As análises de aceitação sensorial e intenção de compra foram realizadas com as formulações F0 (controle), F5, F10, F15 e F20 (Tabela 3.4). A amostra F100 não foi avaliada pelos julgadores por ter apresentado características de umidade, volume e perfil de textura muito distintas das demais.

Em relação ao teste de aceitação foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as amostras para todos os atributos avaliados (Tabela 3.4). A amostra controle (F0) recebeu as maiores notas de aceitação para os atributos aparência, aroma, textura e impressão global, com médias variando entre

gostei moderadamente a gostei muito. Para o atributo sabor, as amostras F0, F5, F10 e F15 não diferiram estatisticamente entre si.

A amostra F20 recebeu notas próximas a 6 e 7 (gostei ligeiramente/gostei moderadamente) para aos atributos avaliados e diferiu estatisticamente das demais formulações para aparência e impressão global.

Para os julgadores que participaram do estudo, as notas de aceitação para a F0 e F5 variaram de gostei moderadamente a gostei muito; para F10 e F15 gostei ligeiramente a gostei moderadamente; F20 indiferente a gostei ligeiramente. De acordo com esses resultados observou-se que as amostras apresentaram notas superiores ao valor médio 5 (indiferente) e, portanto, boa aceitação.

Tabela 3.4 – Médias das notas de aceitação sensorial e intenção de compra para as amostras de pão com farinha de trigo (controle), fruta-pão e suas misturas

Formulações	Aparência*	Aroma*	Textura*	Sabor*	Impressão global*	Intenção de compra*
F0	8,3 ^a	7,8 ^a	8,0 ^a	7,8 ^{ab}	8,0 ^a	4,4 ^a
F5	8,0 ^{ab}	7,4 ^{ab}	7,4 ^{ab}	8,4 ^a	7,5 ^b	4,0 ^{ab}
F10	7,6 ^{bc}	7,3 ^{abc}	7,2 ^{bc}	7,2 ^{ab}	7,3 ^{bc}	3,8 ^{bc}
F15	7,1 ^c	7,0 ^{bc}	6,7 ^{cd}	6,8 ^{ab}	6,9 ^c	3,5 ^c
F20	6,5 ^d	6,8 ^c	6,1 ^d	6,1 ^b	6,2 ^d	3,0 ^d

* Significativo ($p < 0,05$). ^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$). Médias seguidas de letras iguais em uma mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Escala hedônica de nove pontos. Intenção de compra: Escala de cinco pontos.

Os resultados obtidos na aceitação sensorial se relacionam com os resultados do perfil de textura. As amostras F15 e F20 apresentaram uma maior firmeza, fraturabilidade e gomosidade de acordo com o perfil de textura (Tabela 3.3) e menores notas de aceitação sensorial para o atributo textura e impressão global.

A intenção de compra é uma análise que determina se o consumidor está disposto ou não a adquirir o produto e relaciona-se com a aceitação sensorial do mesmo. Com base nos resultados de intenção de compra dos pães (Tabela 3.4), foi verificada diferença estatística significativa entre as amostras ($p < 0,05$). A amostra F20 diferiu estatisticamente das demais com menor intenção de compra, próximo a

talvez compraria/ talvez não compraria. As amostras controle (F0) e a F5 não diferiram entre si e apresentaram intenção de compra entre possivelmente compraria a certamente compraria. Nessa avaliação também foi identificada uma tendência à redução da intenção de compra com o aumento do percentual de substituição, no entanto, nenhum dos julgadores afirmou que certamente não compraria o produto, resultado muito importante que está relacionado com a possível comercialização do produto.

4 CONCLUSÃO

A substituição da farinha de trigo pela farinha de fruta-pão no pão de forma nas proporções de 5% e 10% propiciou a elaboração de pães com bons resultados para altura, volume, umidade e textura. Apesar da formulação com 15% de substituição não ter favorecido as características tecnológicas analisadas, sensorialmente foi bem aceita, assim como as de 5% e 10% de substituição. O aumento da incorporação de farinha de fruta-pão (F15, F20) reduziu o volume dos pães e, conseqüentemente, elevou a sua firmeza, demonstrando uma relação diretamente proporcional entre essas duas variáveis. Em relação à intenção de compra do produto, os pães receberam notas que variaram de “talvez compraria” para “certamente compraria”, o que foi um ótimo resultado. Contudo, a farinha de fruta-pão pode substituir a farinha de trigo na elaboração de pão de forma, ampliando as formas de utilização desse fruto, reduzindo o seu desperdício e os custos de aquisição da matéria prima.

5 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Guia de Boas Práticas Nutricionais – Pão Francês**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/9806518049af6bb196eab66dcdbd9c63c/Guia+de+Boas+Pr%C3%A1ticas+Nutricionais+para+p%C3%A3o+franc%C3%AAs.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 26 de novembro de 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução – RDC n° 90, de 18 de outubro de 2000. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2000.

AIB. **American Institute of Baking**. Sliced white bread. Disponível em: <http://www.aibonline.org/>. Acesso em 27 de setembro de 2014.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC Internacional**. v.2, 17 ed. Gaithersburg: AOAC, 1998.

BORGES, J. T. S. **Avaliação tecnológica da farinha mista de trigo e linhaça integral e sua utilização na elaboração de pão de sal**. 144p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

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.

BOTELHO, F. S. **Efeito das gomas xantana e/ou guar na textura de pães isentos de glúten elaborados com farinhas de arroz e de milho**. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciências Gastronômicas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

BENASSI, V. T.; WATANABE, E. Fundamentos da tecnologia da panificação. **EMBRAPA – CTAA**, 60p., Rio de Janeiro, 1997.

CALZAVARA, B. B. G. **Fruticultura tropical: a fruta-pão [*Artocarpus altilis* (PARK.) Fosberg]**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (EMBRAPA CPATU), Belém – PA, p. 1 – 24, 1987.

CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. Farinha extrusada de arroz como substituto de glúten na produção de pão de arroz. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.56 n.3, 2006.

COUTO, E. M. **Utilização da farinha de casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na elaboração de pão de forma**. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2007.

ESTELLER, M.S. **Modificações estruturais de produtos panificados por processos de tratamentos térmico e bioquímico**. São Paulo, 2007. 154p. Tese (Doutor em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

EVANGELHO, J A.; PINTO, V. Z.; ZAVAREZE, E. R.; VANIER, N. L.; DIAS, A. R. G.; BARBOSA, L. M. P. Propriedades tecnológicas e nutricionais de pães preparados com diferentes proporções de farinha de arroz e farinha de arroz extrusada. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.18, n.4, p.264-282, 2012.

IAL. **Instituto Adolfo Lutz**. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, 4 ed. São Paulo, 2005.

LAI, C. S.; HOSENEY, R. C.; DAVIS, A. B. Effects of wheat bran in breadmaking. **Cereal Chemistry**, v. 66, p. 217–219, 1989.

LAURIKAINEN, T.; HARKONEN, H.; AUTIO, K.; POUTANEN, K. Effects of enzymes in fibre-enriched baking. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 76, p. 239–249, 1998.

MOREIRA, D. K. T.; CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M. Aproveitamento tecnológico da farinha de fruta-pão. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, Belém, Pará, 2006.

MONTENEGRO, F. M.; QUEIROZ, F. P. C. **Avaliação do desempenho tecnológico de misturas de farinhas de tritcale e trigo em produtos de panificação**. 111p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. S. Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. **Alimentos e Nutrição**, v.18, n.2, p. 141-150, 2007.

PAZ, M. T. **Características tecnológicas de pão tipo forma elaborado com farinha mista de trigo e farelo de arroz desengordurado com transglutaminase**. 83p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Testes de aceitação. In: _____. **Análise sensorial estudos com consumidores**. 2ª Ed. Viçosa: UFV, 2010. cap. 3, p. 66–82.

RIBOTTA P. D.; PÉREZ, G. T.; AÑÓN, M. C.; LEÓN, A. E. Optimization of additive combination for improved soywheatbread quality. **Food Bioprocess Technol.** n. 3, p. 395-405, 2010.

SCHMIELE, M.; JAEKEL, L. Z.; PATRICIO, S. M. C.; STEEL, C. J.; CHANG, Y. K. Rheological properties of wheat flour and quality characteristics of pan bread as modified by partial additions of wheat bran or wholegrain wheat flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 2141–2150, 2012.

SIMPLICIO, A. P. M. **Desenvolvimento de pão integral enriquecido com farinha de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. 61p. Tese (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, 2009.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, n. 4, p. 215-225, 2002.

ULZIJARGAL, E.; YANG, J.; LIN, L.; CHEN, C.; MAU, J. Quality of bread supplemented with mushroom mycelia. **Food Chemistry**, n. 138, p. 70-76, 2013.

WANG, J.; ROSELL, C. M.; BARBER, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, v. 79, p. 221–226, 2002.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fruta-pão é um fruto do qual se comprovou ser possível a extração de amido e farinha, sendo esta utilizada na elaboração de pão de forma.

O amido da fruta-pão ao ser comparado com o amido de milho apresentou características distintas como maior poder de inchamento, solubilidade, sinerese e umidade. Essas características fazem do amido de fruta-pão uma alternativa para a indústria alimentícia, contudo, outros estudos devem ser desenvolvidos para analisar a sua empregabilidade na produção de alimentos, biofilmes ou outros ramos industriais.

A farinha de fruta-pão apresentou processo de fabricação simples e revelou características físicas e químicas como atributos de luminosidade (L^*), diferença global de cor (ΔE) e o teor de lipídeos que não diferiram da farinha de trigo. Foi observado que o aumento dos percentuais de substituição da farinha de trigo pela farinha de fruta-pão reduziu a umidade e o teor de proteína das farinhas. O menor percentual de proteínas da farinha de fruta-pão pode ser um fator prejudicial para a panificação, principalmente em relação às proteínas formadoras do glúten. Para as demais variáveis analisadas, como carboidratos, cinzas e fibras, identificou-se uma tendência ao aumento dos valores dos mesmos com o aumento da substituição. O elevado percentual de fibras encontrado para farinha de fruta-pão permitiu classificá-la como alimento de alto teor de fibras, característica de destaque dada a procura dos consumidores e da indústria alimentícia por alimentos que possam elevar a quantidade de fibras da dieta.

A utilização das farinhas mistas com 5% e 10% de farinha de fruta-pão na elaboração de pão de forma mostrou-se satisfatória, sem prejuízo às características sensoriais, perfil de textura e volume dos pães, além de boa intenção de compra por parte dos julgadores. As formulações com mais de 10% de substituição apresentaram uma menor aceitação sensorial, menor volume e textura significativamente distinta da textura do controle.

Apesar de substituições com grandes percentuais de farinha de trigo por farinha de fruta-pão influenciar negativamente a panificação devido à redução das proteínas formadoras do glúten, a utilização da farinha de fruta-pão na elaboração de pães deve ser estimulada uma vez que, contribui com a funcionalidade desse

alimento por elevar o seu percentual de fibras e o seu valor nutricional, reduz o desperdício do fruto e, além disso, pode contribuir com a redução dos custos com a aquisição de farinha de trigo.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Ficha de aceitação sensorial e intenção de compra

Nome: _____ Data: _____
Sexo: M () F () Idade: _____ anos

Por favor, avalie a amostra servida quanto aos atributos aparência, **aroma**, **textura**, **sabor e impressão global** e indique o quanto você gostou ou desgostou do produto.

Código da amostra: _____

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 9- Gostei extremamente | () Aparência |
| 8- Gostei muito | () Aroma |
| 7- Gostei moderadamente | () Textura |
| 6- Gostei ligeiramente | () Sabor |
| 5- Indiferente | () Impressão global |
| 4- Desgostei ligeiramente | |
| 3- Desgostei moderadamente | |
| 2- Desgostei muito | |
| 1- Desgostei extremamente | |

Assinale abaixo sua intenção de compra em relação ao produto:

- 5- () Certamente compraria o produto
- 4- () Possivelmente compraria o produto
- 3- () Talvez compraria / talvez não compraria
- 2- () Possivelmente não compraria o produto
- 1- () Certamente não compraria o produto

Comentários: _____