



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

CLEMILSON ELPIDIO DA SILVA

**ESTUDO SOBRE CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,
COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE
DA FRUTA PÃO (*ARTOCARPUS ALTILIS*).**

São Cristóvão - SE

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

CLEMILSON ELPIDIO DA SILVA

**ESTUDO SOBRE CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,
COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE
DA FRUTA PÃO (*ARTOCARPUS ALTILIS*).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimento.

Orientador: Prof. Dr. Narendra Narain

São Cristóvão - SE

2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S586 e Silva, Clemilson Elpídio da.
Estudos sobre caracterização físico-química, compostos bioativos e atividade antioxidante da fruta pão (*Artocarpus altilis*) / Clemilson Elpídio da Silva; orientador Narendra Narain. – São Cristóvão, SE, 2021.
75 f.: il.

Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)
– Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Fruta-pão. 2. Flavonóides. 3. Compostos bioativos. I. Narain, Narendra, orient. II. Título.

CDU 634.392



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

CLEMILSON ELPIDIO DA SILVA

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRADO

ESTUDO SOBRE CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,
COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA
FRUTA PÃO (*ARTOCARPUS ALTILIS*).

Autor: Clemilson Elpidio da Silva

Banca Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
NARENDRA NARAIN
Data: 21/02/2022 09:48:31-0900
Verifique em <https://verificador.it.br>

Dr. Narendra Narain

Orientador/ ORIENTADORA LIES

 Documento assinado digitalmente
MARIA TEREZINHA SANTOS LEITE NETA
Data: 21/02/2022 16:40:59-0300
Verifique em <https://verificador.it.br>

Dra. Maria Terezinha Santos Leite Neta

Examinador Interno

 Documento assinado digitalmente
RAQUEL ANNE RIBEIRO DOS SANTOS
Data: 21/02/2022 09:39:12-0300
Verifique em <https://verificador.it.br>

Dra. Raquel Anne Ribeiro dos Santos

Examinador Externo

“Para nós os grandes homens não são aqueles que resolveram os problemas, mas aqueles que os descobriram”.

(Albert Schweitzer)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar saúde, sabedoria, força e a felicidade de sempre em desenvolver este trabalho.

A minha mãe Quitéria, ao meu pai Elpidio, que em vida me amaram, me ajudaram, e sempre me mostraram que educação é minha herança maior, e hoje não estão aqui, mas sinto que olham por mim e estão muito felizes onde quer que estejam.

A toda minha família, por sempre me acolher, me proteger e ajudar nas minhas escolhas e a vencer os meus obstáculos.

A Paulo Rogerio, que sempre me instrui a ver a vida de maneira diferente e sempre me apoiou nos momentos que mais precisei durante essa caminhada.

Ao meu orientador Dr. Narendra Narain, por sua orientação, pela oportunidade concedida e por toda confiança depositada em mim.

Ao PROCTA, por ter me recebido e acolhido, e a todos os docentes que transmitem conhecimento com muita dedicação.

A toda equipe do Laboratório de Análise de Flavor e do Laboratório de Tecnologia de Alimentos, pela ajuda e momentos de descontração.

Ao CNPq (Projeto do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Frutos Tropicais) pelo apoio financeiro durante a vigência do curso;

A todos que motivaram e cooperaram de forma direta ou indireta para a execução e finalização deste trabalho.

SILVA, C. E. Determinação dos compostos bioativos da fruta pão (*Artocarpus altilis*). [Dissertação]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2021.

RESUMO

Fruta-pão (*Artocarpus altilis*) é descrita como importante fonte alimentar na dieta de diversos países, sendo considerado um recurso alimentar valioso e com potencial para impactar positivamente a segurança alimentar no mundo. A fruta-pão é uma fruta de origem asiática com considerável importância econômica e alimentar para a região, devido às suas características nutricionais excepcionais que trazem benefícios à saúde de seus consumidores. No Brasil, no entanto, a fruta é pouco conhecida e, por isso, subutilizada. Poucos trabalhos científicos com ênfase as características tecnológicas do processamento da fruta pão têm sido reportados na literatura, o que motivou a realização da presente pesquisa que estudou suas características físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidativa na fruta pão *in natura* e em seus produtos desidratados. Os frutos utilizados foram obtidos em pomares domésticos nos estádios de maturação maduro e “verde”. As análises realizadas foram: pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, atividade de água, teor de cinzas, lipídeos, proteína umidade e cor (L^* , a^* , b^* , C^* e $^{\circ}\text{Hue}$). Compostos fenólicos e flavonoides como também a atividade antioxidante foi avaliada através dos ensaios de ABTS, DPPH e FRAP. Os dados descritivos foram analisados por Análise de Variância (ANOVA), teste de médias Tukey ($p=5\%$). Os resultados das análises físico-químicas indicaram que a secagem para obtenção da farinha da fruta pão é uma alternativa viável, que proporciona um incremento nutricional e uma coloração mais atrativa ao produto, minimiza as perdas pós-colheita, além de ser uma tecnologia com alto potencial para disponibilidade de novas alternativas alimentares. Comparando os dois extratos, a atividade antioxidante foi maior nos extratos etanoicos da farinha de fruta pão; esse resultado pode estar relacionado com o estágio de maturação e com a concentração de seus componentes. Para os compostos bioativos fenólicos e flavonoides, houve diferença significativa ($p<0,05$), T3 e T4 evidenciando o extrato aquoso.

Palavras chave: *Artocarpus altilis*, compostos bioativos, flavonoides, fruta pão.

SILVA, C. E. Estudo sobre Caracterização Físico-Química, Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante da Fruta Pão (*Artocarpus altilis*). [Dissertação]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2021.

ABSTRACT

Breadfruit (*Artocarpus altilis*) is described as an important food source in the diet of several countries, being considered a valuable food with the potential to positively impact food security in the world. Breadfruit is a fruit of Asian origin with considerable economic and food importance for the region, due to its exceptional nutritional characteristics that bring health benefits to its consumers. In Brazil, however, the fruit is little known and hence underused. Few scientific works emphasizing the technological characteristics of bread fruit processing have been reported in the literature, which motivated the realization of the present research that studied its physicochemical characteristics, bioactive compounds and their antioxidant activity in the fruit, fresh bread and its dehydrated products. The fruits used were obtained from domestic orchards at the green and ripe stages of ripeness. The analyses performed were: pH, total soluble solids, total titratable acidity, water activity, ash content, lipids, protein, moisture and color (L^* , a^* , b^* , C^* and $^{\circ}$ Hue). Phenolic compounds, flavonoids contents and antioxidant activity was measured by ABTS, DPPH and FRAP assays. Descriptive data were analyzed by Analysis of Variance (ANOVA), Tukey mean test ($p=5\%$). The results of the physicochemical analyses showed that drying to obtain bread fruit flour is a viable alternative, which provides a nutritional increase and a more attractive color to the product, minimizes post-harvest losses, in addition to being a technology with high potential for the availability of new food alternatives. Comparing the two extracts, the antioxidant activity was higher in the ethanolic extracts of breadfruit flour; this result may be related to the maturation stage and the concentration of its components. For the phenolic and flavonoid bioactive compounds, there was a significant difference ($p<0.05$) between the samples T3 e T4 evidencing the aqueous extract.

Keywords: *Artocarpus altilis*, bioactive compounds, flavonoids, breadfruit.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Árvore da fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) | 14 |
| Figura 2 | Fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) | 15 |
| Figura 3 | Fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) em estágio de amadurecimento pronto para consumo..... | 16 |
| Figura 4 | Folha da fruta pão (<i>Artocarpus altilis</i>) | 19 |
| Figura 5 | Estrutura de compostos fenólicos: Fenol (a) e Catecol (b)..... | 29 |
| Figura 6 | Estrutura química dos principais tipos de flavonoides..... | 30 |
| Figura 7 | Estrutura química DPPH e relação com um antioxidante..... | 32 |
| Figura 8 | Redução do ABTS por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio..... | 33 |
| Figura 9 | Relação química que descreve a produção de Fe (forma ferrosa) a partir da redução de Fe (forma férrica) presente no complexo TPTZ (2, 4, 6 – Tripiridil-s-Triazina) | 34 |
| Figura 10 | Processamento da polpa da fruta (<i>Artocarpus altilis</i>)..... | 36 |
| Figura 11 | Obtenção dos extratos | 40 |
| Figura 12 | Farinha da polpa da fruta pão madura..... | 49 |
| Figura 13 | Farinha da polpa da fruta pão verde..... | 50 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabela 01 | Composição química da fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>)..... | 17 |
| Tabela 02 | Utilização das partes da planta e do fruto da fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) | 18 |
| Tabela 03 | Análises físico-química e composição centesimal das folhas da árvore da fruta pão (<i>Artocarpus altilis</i>). | 43 |
| Tabela 04 | Teor de fenólicos totais e flavonoides totais das amostras da folha da árvore da fruta pão (<i>Artocarpus altilis</i>) dos 3 Tratamentos nas 2 extrações. | 44 |
| Tabela 05 | Valores (média ± desvio padrão) da atividade antioxidante da folha da fruta pão (<i>Artocarpus altilis</i>). | 45 |
| Tabela 06 | Caracterização físico-química da polpa <i>in natura</i> da fruta pão (<i>Artocarpus altilis</i>). | 47 |
| Tabela 07 | Caracterização físico-química da farinha da fruta pão (<i>Artocarpus altilis</i>). | 50 |
| Tabela 08 | Valores (média ± desvio padrão) dos parâmetros de cor para a polpa e farinha da fruta pão. | 52 |
| Tabela 09 | Teor de fenólicos totais e Flavonoides totais das amostras de fruta pão (<i>Artocarpus altilis</i>) dos 4 Tratamentos nas 2 extrações. | 54 |
| Tabela 10 | Atividade antioxidante da fruta pão (<i>Artocarpus altilis</i>). | 56 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 OBJETIVOS | 12 |
| 2.1 Geral | 12 |
| 2.2 Específicos..... | 12 |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 13 |
| 3.1 Fruta-pão | 13 |
| 3.2 Composição química da fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>)..... | 16 |
| 3.3 Origem e histórico no Brasil | 20 |
| 3.4 Secagem..... | 20 |
| 3.5 Secagem de frutas | 22 |
| 3.6 Secagem natural..... | 22 |
| 3.7 Desidratação em estufa com circulação e renovação de ar | 23 |
| 3.8 Compostos bioativos..... | 26 |
| 3.9 Compostos fenólicos..... | 28 |
| 3.10 Flavonoides..... | 29 |
| 3.11 Atividade antioxidante | 30 |
| 3.12 Atividade sequestrante do radical livre DPPH..... | 31 |
| 3.13 Atividade antioxidante pelo método do ABTS | 32 |
| 3.14 Potencial antioxidante redutor férrico (FRAP)..... | 33 |
| 4 MATERIAL E MÉTODO..... | 34 |
| 4.1 Aquisição da matéria-prima | 35 |
| 4.2 Análises físico-químicas | 37 |
| 4.2.1 Acidez titulável..... | 37 |
| 4.2.2 pH | 37 |
| 4.2.3 Sólidos solúveis | 37 |
| 4.2.4 Atividade de água | 38 |
| 4.3.1 Cinzas | 38 |
| 4.3.2 Lipídeos | 38 |
| 4.3.3 Proteínas | 38 |
| 4.3.4 Umidade | 39 |
| 4.4 Cor..... | 39 |

| | |
|---|-----------|
| 4.5 Obtenção dos produtos desidratados | 39 |
| 4.5.1 Procedimentos de extração..... | 39 |
| 4.6 Determinação dos compostos bioativos..... | 40 |
| 4.6.1 Teor de Flavonoides Totais (TFT) | 41 |
| 4.6.2 Conteúdo de fenólicos totais..... | 41 |
| 4.7 Ensaio da capacidade antioxidante..... | 41 |
| 4.7.1 Redução do radical ABTS:..... | 41 |
| 4.7.2 Ensaio DPPH:..... | 42 |
| 4.7.3 Ensaio FRAP: | 42 |
| 4.8 Análise estatística | 42 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 43 |
| 5.1 Folhas da fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) | 43 |
| 5.2 Polpa <i>in natura</i> da fruta pão (<i>Artocarpus altilis</i>) | 45 |
| 5.3 Farinha da polpa da fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>) | 48 |
| 5.4 Caracterização físico-química da fruta-pão desidratada..... | 49 |
| 5.5 Determinação da cor..... | 52 |
| 5.6 Compostos bioativos da fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>)...... | 53 |
| 5.7 Atividade antioxidante | 55 |
| 6 CONCLUSÃO | 58 |
| 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 59 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 60 |

1 INTRODUÇÃO

A fruta-pão (*Artocarpus altilis*) é uma planta originária das ilhas do sul do Pacífico, estando hoje espalhada por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Apresenta-se sob duas variedades: apyrena, sem sementes, conhecida como “fruta-pão de massa”, e seminífera, com sementes, a “fruta-pão de caroço” (CAVALCANTE, 1991; SOUZA *et al.* 2012).

Sua importância no Brasil, embora seja comum em toda região tropical úmida, aclimatando-se tão bem no Pará, que se tornou praticamente espontânea. Mesmo em número reduzido, também é encontrada nos pomares do litoral dos Estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, onde é bastante apreciada. Ela é encontrada de São Paulo ao extremo Norte do Brasil, desenvolvendo-se melhor nas regiões baixas e chuvosas (CALZAVARA, 1987).

Popularmente no Brasil é chamado de fruta-pão, conhecido por ser amiláceo, rico em cálcio, fósforo, minerais, vitaminas (B1, B2, C), aminoácidos essenciais, sacarose, flavonóides, fenóis, esteróides, fitoesteróis e glicosídeos, sua polpa é vista com interesse por ser rica em carboidratos, água, baixo teor de gorduras, podendo ser aproveitada como fruta seca, farinha panificável e fonte para extração de amido (RAVICHANDRAN *et al.* 2016).

Nwokocha *et al.* (2012) investigaram o uso de folhas de fruta-pão em a preparação de um remédio anti-hipertensivo [3]. Turi *et al.* (2015) Recentemente discutiu uma série de artigos científicos que evidenciaram o potencial de fruta-pão para prevenir a fome em regiões pobres e mitigar o diabetes. Jone *et al.* (2013) identificaram cultivares de fruta-pão selecionadas para carotenoides.

Nos últimos anos, o consumo de vegetais tem aumentado, tanto no mercado interno quanto no externo. Isso ocorre devido à preocupação com a saúde nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, pois seu consumo é associado à diminuição do risco de mortalidade e de desenvolvimento de doenças crônicas. Esse aumento no consumo é associado à procura por diversificação do sabor, ou seja, abre espaço para a comercialização de novos vegetais (MONTENEGRO *et al.* 2017).

As frutas são geralmente ricas em compostos bioativos, e esses podem ser preservados. Portanto, há uma necessidade de avaliação desta tecnologia a partir

de matérias-primas, passando pelo processamento até o armazenamento, para que a real qualidade nutricional possa ser mantida (SAROWER et al. 2015). Entretanto, estudos recentes têm demonstrado que na casca e sementes das frutas podem estar concentrados majoritariamente muitos nutrientes e compostos antioxidantes, e o consumo destes alimentos está relacionado a efeitos benéficos à saúde, tais como redução do risco de câncer, Alzheimer, catarata e Parkinson; estes efeitos são atribuídos às propriedades antioxidantes dos compostos bioativos (AYALA-ZAVALA et al. 2011).

A secagem é uma excelente prática para manter o produto com características adequadas para o consumo por longos períodos, sendo capaz de produzir um produto de alta qualidade a baixo custo, preservando compostos bioativos (COSTA et al. 2015).

Define-se secagem como uma operação unitária de retirada de água de um produto por evaporação ou sublimação, mediante aplicação de calor sob condições controladas, no sentido de aprimorar novos sistemas na área de preservação de alimentos, identificando a secagem como um método eficaz de conservação industrial para prolongar a vida útil, amplamente aplicada na fabricação de alimentos processados (XU et al. 2017).

Souza *et al.* (2016) em seu trabalho de determinação e avaliação da composição mineral da fruta-pão pela técnica de análise multivariada, evidenciou que os altos teores de fósforo, cálcio e magnésio na fruta-pão sugerem a fruta como uma boa alternativa para a suplementação nutricional; portanto as concentrações de elementos nas amostras cozidas em altas temperaturas causa uma diminuição desses minerais, se fazendo necessário estudos mais intensos sobre métodos de desidratação para fruta-pão para que seja mantida a qualidade da fruta.

Diante disto se faz necessários estudos mais aprofundados sobre a caracterização físico-química, compostos bioativos e a atividade antioxidativa quanto a fruta *in natura* como nos produtos desidratados, para relacionar a qualidade mantendo os valores nutricionais no produto.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Determinar as características físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) e seus produtos desidratados.

2.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a composição físico-química da fruta-pão;
- Realizar extração dos compostos *in natura* e extração dos produtos desidratados da fruta-pão;
- Determinar o conteúdo total dos fenólicos e flavonoides por métodos espectrofotométricos, na fruta-pão e seus produtos desidratados;
- Determinar a atividade antioxidante da fruta-pão e seus produtos desidratados pelos métodos DPPH, ABTS e FRAP;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 FRUTA-PÃO

A fruta-pão (*Artocarpus altilis*) é um recurso alimentar em muitos países tropicais em desenvolvimento do mundo, os frutos são produzidos principalmente entre os meses de maio e agosto (GRAHAM *et al.* 1981; TIJANI *et al.* 2017). A Nigéria é considerada um país referência na produção da fruta-pão, com cerca de 10 milhões de toneladas ao ano, com utilização de melhorias em práticas agrícolas (BAKARE *et al.* 2012).

A árvore-do-pão ou fruta-pão (*Artocarpus altilis*) é uma árvore frutífera (Figura 1), aparentada como a jaca (*Artocarpus heterophyllus*). É uma Planta originária da Indo-Malásia (das ilhas de Java ou Sumatra) ou da Malásia. É base alimentar para povos ilhéus da Polinésia (Oceano Pacífico). É uma árvore ornamental, de grande porte, e crescimento rápido, podendo alcançar 20 metros de altura. Vive cerca de 80 anos. Suas folhas são muito bonitas, grandes, perenes e profundamente lobadas. Se for machucada, exsuda um látex leitoso que tem aplicações artesanais, para calafetação e como cola. A fruta-pão é uma planta monoica; isto é, com os dois sexos na mesma planta e flores separadas, masculinas e femininas. A polinização é cruzada, mas a frutificação não depende da polinização (SEAGRI, 2012).

Identificação segundo a EMBRAPA-online (2021).

- Reino: Plantae;
- Nome científico: *Artocarpus altilis*;
- Nomes populares: Fruta-pão, fruta-de-pão, árvore-do-pão, pão-de-massa;
- Família: Moraceae;
- Categoria: Arvores, arvores frutíferas, medicinal.

Em virtude dessa diferenciação e sua grande dispersão nos trópicos segundo Calzavara (1952), é assim conhecido popularmente:

- Fruta-pão de massa (Brasil);
- Arbre à pain igname (França);
- Buen pan, Pan de Fruta (República Dominicana);
- Fruta de pan (Panamá);
- Mazapan (Honduras);
- Arbol de pan, Fruta de pan, Pan de pobre, Pan de todo ano (Venezuela);
- Rimas (Filipinas e várias ilhas dos mares do sul);
- Pana, Panapen, Arbel del pan (Espanha);
- Breadfruit (EUA).

Figura 1: Árvore da fruta-pão (*Artocarpus altilis*)



Fonte: Própria (2021).

O fruto como mostra na Figura 2 é climatérico com conservação limitada por ter uma rápida taxa de respiração na pós-colheita. Popularmente no Brasil é chamado de fruta-pão. É conhecido por ser amiláceo, rico em cálcio, fósforo, minerais, vitaminas, aminoácidos essenciais, sacarose, flavonóides, fenóis, esteróides, fitoesteróis e glicosídeos (RAVICHANDRAN *et al.* 2016).

Figura 2: Fruta-pão (*Artocarpus altilis*).



Fonte: Própria (2021).

Segundo Appiah *et al.* (2011) a fruta-pão é um valioso alimento devido ao seu alto conteúdo calórico com índice glicêmico moderado e quantidade significativa de vitaminas e minerais. O alto teor de carboidratos da fruta torna um grande potencial que poderia ser usado para combater a fome e fornecer segurança alimentar.

O *Breadfruit* do Institute-National Tropical Botanical Garden (NTBG), localizado no Havaí – EUA, mantém a maior coleção do mundo, sistematicamente avaliada, com dados disponibilizados na Web sobre esta fruta. Sob a perspectiva nutricional, a fruta-pão é rica em carboidrato e pobre em gordura, sendo um recurso alimentar valioso devido ao seu elevado teor calórico. É uma boa fonte de fibra, cálcio, cobre, ferro, magnésio, potássio, tiamina e niacina. Algumas variedades são boas fontes de antioxidantes e carotenoides. A maturação dos frutos e o estágio de desenvolvimento são fatores importantes para a composição nutricional. Estudos sugerem a evidência que o teor de carotenoides da fruta pão é dependente do seu estágio de maturação e modo de preparo (JONES *et al.* 2011; KOH e LONG, 2012; ELEVITCH, RAGONE e COLE, 2014; ENGLBERGER *et al.* 2014; NTBG, 2015; TURI *et al.* 2015)

As diferentes partes da fruta-pão são usadas como alimento (podendo ser consumido cozido em todas as fases da maturidade (Figura 3), frito ou torrado e

tendo como processos tecnológicos (biscoitos, pães e farinhas), na medicina, em tratamento de diarreia, pressão alta, asma e doenças relacionadas ao baço (SOUZA *et al.* 2016).

Figura 3: Fruta-pão (*Artocarpus altilis*) em estado de amadurecimento pronto para consumo.



Fonte: Própria (2021).

Uma maneira de minimizar as perdas pós-colheita e aumentar a utilização da fruta-pão é através de processamento utilizando métodos de secagem, o que proporcionaria uma forma de armazenamento mais estável, bem como melhorar versatilidade da fruta alcançando maior importância, particularmente na aplicação de alimentos, como produtos de padaria e produtos relacionados (BAKARE *et al.* 2012).

3.2 Composição química da fruta-pão (*Artocarpus altilis*)

A polpa da fruta-pão é uma massa rica em calorias, carboidratos, água, vitaminas B1, B2 e C, cálcio, fósforo, ferro e tem baixo teor de gorduras (Tabela 1). Industrialmente a polpa pode ser aproveitada como fruta seca e farinha para panificação, além de fonte para extração do amido e de farinha granulada semelhante ao sagu. Em uso caseiro, a polpa - quase madura - pode ser cozida,

assada, transformada em purê ou cortada em fatias consumidas fritas com manteiga, mel ou melaço; cortada em fatias (de 50–10 mm de espessura) secas ao sol ou em fornos.

Tabela 1. Composição química da fruta-pão (*Artocarpus altilis*)

| Componentes | Quantidades (g.100-1) |
|---------------------------|------------------------------|
| Umidade (%) | 80,9 |
| Energia (kcal) | 67 |
| Proteína (g/100 g) | 1,1 |
| Lipídeos(g/100 g) | 0,2 |
| Carboidratos (g/100 g) | 17,2 |
| Fibra alimentar (g/100 g) | 5,5 |
| Cinzas (g/100 g) | 0,7 |
| Cálcio (mg/100 g) | 34 |
| Magnésio (mg/100 g) | 24 |
| Manganês (mg/100 g) | 0,04 |
| Fósforo (mg/100 g) | 27 |
| Ferro (mg/100 g) | 0,2 |
| Sódio (mg/100 g) | 1 |
| Potássio (mg/100 g) | 188 |
| Cobre (mg/100 g) | 0,07 |
| Zinco (mg/100 g) | 0,1 |
| Tiamina (mg/100 g) | 0,03 |
| Vitamina C (mg/100 g) | 9,9 |

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (2011)

Estudo de Arantes *et al.* (2011) avaliou o perfil químico através de técnicas cromatográficas. Os resultados preliminares mostram um aumento expressivo da atividade antioxidante na concentração de 1000 mg/mL do sobrenadante (74,4%) em relação ao extrato aquoso (43%). Quanto ao perfil químico, observaram-se nos cromatogramas picos com tempo de retenção de 2 a 10 minutos (254 e 350nm), o que indica a possível presença de ácidos orgânicos. Observa-se que o processo de purificação é eficiente, pois ocorre a concentração de um pico majoritário em torno de 3 minutos no sobrenadante quando comparado ao extrato aquoso. É possível

verificar a existência de outros picos minoritários. Contudo, a concentração elevada do pico majoritário impede a melhor visualização dos picos menos concentrados.

A literatura também destaca a importância das partes da árvore da fruta-pão na área da medicina como mostra a Tabela 2, mas ainda há poucos estudos científicos sobre essa fruta, que comprovem seus benefícios para a saúde.

Tabela 2: Utilização das partes da planta e do fruto da fruta-pão (*Artocarpus altilis*)

| Partes da planta | Finalidade |
|-------------------------|--|
| Raiz | Cozimento é útil contra o reumatismo, beribéri e entorpecimento das pernas. |
| Flores | São consideradas emolientes e formam a base de uma conserva acidulada e comestível. |
| Folha | Utilizado na produção de xaropes, usado como anti-inflamatória, (Figura 4). |
| Fruto | Obtém-se um tipo de farinha, se assemelha ao trigo. Sua polpa ser cozida, assada, em forma de purê ou em fatias, fritas como a batata. Reduzidos a pasta e bem quente, constituem-se num bom supurativo, principalmente para tratamento de tumores e furúnculos. |
| Látex | É usado como cicatrizante de feridas e considerado eficaz contra hérnias das crianças. |
| Casca | A maceração dos ramos novos ou do caule de plantas jovens possibilita a extração de fibras que são utilizadas para confecção de cordas, esteiras etc. |
| Madeira | Principalmente para forro, portas, marcenaria, certos instrumentos musicais et. |

Fonte: EMBRAPA-online (2021).

Figura 4: Folha da fruta-pão (*Artocarpus altilis*).



Fonte: Própria (2021).

A árvore da fruta-pão apresenta folhas simples, pecioladas, espiraladas, coriácea, com limbo elíptico. São relativamente grandes, com 34 - 75 cm de comprimento e de 26 - 46 cm de largura. Algumas folhas são menores e estão localizadas na parte apical do ramo. A margem é serrada e lombada, estando o limbo dividido, de 9 a 11 lobos. Ápice acuminado, com base cuneada, pilosa em ambas as faces, com pecíolo de 4,5 cm a 8,5 cm e a nervura central bem robusta. Antes de abrir, a folha é protegida por uma estípula decídua, 6 coriácea, disposta no ápice dos ramos, com 13 a 30 cm de comprimento (SACRAMENTO *et al.* 2009).

Ao avaliar a fruta-pão, Marie-Magdeleine *et al.* (2010), verificaram que as folhas dessa espécie possuem compostos fenólicos ativos que podem ser utilizados como antiparasitas contra o nematodo gastrointestinal, *Haemonchus contortus* em pequenos ruminantes do Caribe e para humanos, usos medicinais caseira no tratamento de reumatismo em forma de banho. Riasari *et al.* (2017) verificaram que as folhas verdes de fruteira-pão (*Artocarpus altilis*) apresentaram atividades antibacteriana contra o crescimento de *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli*,

Propionibacterium acnes e antifúngicas contra o crescimento de fungos *Candida albicans*.

3.3 Origem e histórico no Brasil

Segundo Calzavara (1987), no Brasil a fruta-pão foi introduzida no século XIX no Pará, em 1801 quando remeteu sementes e mudas ao estado do Maranhão, originando assim, sua dispersão. Sua importância no Brasil não é muito grande, embora seja comum em toda região tropical úmida. No Sul do Estado do Espírito Santo é comum encontrá-la na área rural, entretanto é subutilizada e a comunidade regional pouco conhece sobre seu uso alimentar.

Foi incorporada durante a colonização, sendo seu plantio quase totalmente dizimado no período do império português; atualmente pode ser encontrado em muitos pomares de quintais do litoral dos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Os frutos conservam-se bem sob o clima ambiente e podem ser transportados a longas distâncias. Pode-se encontrá-la no Sul do Espírito Santo em vários sítios, fazendas e quintais urbanos, geralmente com uma ou duas plantas/propriedade (EPSTEIN, 2000).

3.4 Secagem

A secagem consiste na retirada de água do alimento; esta técnica vem sendo constantemente estudada e aperfeiçoada para obtenção de produtos com maior qualidade e menor tempo de processamento, diminuindo o índice de atividade de água contida no produto, assim reações indesejáveis como as provocadas por microrganismos sejam reduzidas ou não aconteçam (SILVA, 2010). É uma metodologia que concomitantemente trata-se da transferência de calor e massa, podendo compreender, além disso, aspectos quanto à transferência de quantidade de movimento (FERREIRA; PENA, 2010).

Muitos alimentos passam pelo processo de secagem por necessidade de conservação; por outro lado existem ainda os alimentos que passam pelo processo

para adquirirem sabores refinados, vendido por altos preços no mercado. O peso e volume dos alimentos também são alterados, podendo facilitar o processo de embalagem, transporte e armazenamento destes produtos (ROMERO, 1997).

A secagem é considerada um método de conservação eficaz pela indústria, bastante utilizado para estender o prazo de validade, e é amplamente utilizado na fabricação de alimentos (XU *et al.* 2017). Muitos estudos provaram que o processo de secagem pode inibir o crescimento de microrganismos e reduzir significativamente a reação de degradação mediada por umidade (JIN *et al.* 2014).

A secagem permite não somente a remoção de água, minimizando o crescimento microbiano e deterioração por meio de reações químicas, mas também a redução de peso e do volume, tornando assim o recipiente de acondicionamento mais barato e conveniente para o transporte e armazenamento (OLIVEIRA, 2010).

A secagem é um dos mais antigos métodos de preservação de alimentos, sendo ainda uma técnica amplamente utilizada, pois, consiste em um processo complexo que envolve a transferência de calor e massa entre o ar de secagem e o produto a ser desidratado (GONELI *et al.* 2014).

A redução da umidade ocorrida na secagem previne grande parte das reações bioquímicas, assegurando a estabilidade microbiana, o que garante maior vida de prateleira dos produtos submetidos a esse processo (CANIZARES; MAURO, 2015).

Diversas são as vantagens atribuídas à secagem:

a) Diminuição das perdas pós-colheita dos produtos agrícolas (WIDYASTUTI; SRIANTA, 2011);

b) Melhora a estabilidade dos alimentos, reduzindo a atividade microbiológica e minimizando as alterações físicas e químicas durante o armazenamento, com consequente aumento da vida de prateleira (MICHAILIDIS; KROKIDA, 2015);

c) Redução do volume e tamanho dos alimentos, facilitando manuseio, transporte e distribuição (FALADE; OKOCHA, 2012; SAGAR; KUMAR, 2010);

Vários métodos podem ser usados para desidratar os alimentos. A escolha depende da análise de fatores como matéria-prima, disponibilidade de tipos adequados de secadores, custos de secagem, consumo de energia e qualidade do produto exigida. (SAGAR; KUMAR, 2010).

3.5 Secagem de frutas

Nos últimos anos, muita atenção tem sido dada à qualidade de alimentos durante a secagem. A necessidade de alimentos secos foi aumentada em todo o mundo. O principal objetivo da secagem é aumentar a vida útil dos produtos, minimizar requisitos de embalagem, reduzindo o peso a granel, ressaltando-se que o processo de secagem aumenta a vida útil por diminuir ou evitar o crescimento de microrganismos e prevenção de reações de certos compostos bioquímicos, que podem alterar as características organolépticas do produto (RAHIMMALEK e GOLI, 2013).

A secagem de frutas e vegetais é um processo comum e bem estabelecido na indústria alimentícia. Com a remoção da água, há uma interrupção do crescimento de microrganismos e uma diminuição da deterioração do produto, bem como diminuição de enzimas e reações não enzimáticas no material. Os produtos resultantes possuem excelente qualidade; isto é, baixa umidade, baixa higroscopicidade e tamanho de partícula pequeno (KARAM *et al.* 2016)

Recentemente, Stangarlin *et al.* (2011); Pereira & Cardoso, (2012) observaram que o padrão alimentar da população vem se modificando. Os autores afirmam que os vegetais são fontes de compostos bioativos que são metabólitos secundários produzidos sob condições de estresse do vegetal como vias de defesa, seja para inibir a proliferação de patógenos, ou promovendo adaptações fisiológicas para sobrevivência em condições climáticas adversas.

Além disso, as pessoas estão cada vez mais interessadas na ciência e tecnologia de alimentos e esperam encontrar antioxidantes naturais para serem usados em alimentos ou materiais medicinais para substituir os antioxidantes sintéticos, que estão sendo restringidos devido à sua carcinogenicidade (STANKOVIC ET AL. 2012; KATALINIC *et al.* 2012).

3.6 Secagem natural

Secagem natural (secagem à sombra ou ao sol) e secagem ao ar quente, ainda, são os métodos mais amplamente utilizados por causa de seu menor custo. A

secagem natural tem muitas desvantagens devido à incapacidade de controlar grandes quantidades e de alcançar padrões de qualidade. A secagem de ar convencional é uma das operações mais frequentemente usadas para desidratação de alimentos, mas ainda se encontra dificuldade nas mudanças significativas de cor que ocorrem durante a secagem (HAMROUNI-SALLAMI *et al.* 2013).

A secagem natural também é feita em secadores que possuem uma estrutura que permitem uma maior proteção ao alimento do que simplesmente as bandejas sobre o solo. Os secadores possuem tampos de vidros que absorvem o calor do sol e transmite ao alimento, onde acontece o processo de desidratação, mas é um método que requer tempo e muitas vezes o resultado é satisfatório, pois a secagem se dar por peso final do alimento (CELESTINO, 2010).

Coelho *et al.* (2019) concluíram que o uso da energia solar para a secagem da manga 'espada' é uma opção viável para a produção de 'manga-passa', que pode fornecer nutrientes, minimizar as perdas pós-colheita e proporcionar coloração mais atrativa ao produto final.

Machado *et al.* (2011), analisaram um secador solar para a secagem do pedúnculo de caju, que demonstrou obter produtos de ótima qualidade, mostrando-se como uma alternativa viável para atender aos pequenos, médios e grandes produtores, que com a utilização desta tecnologia poderão agregar valor aos seus produtos e minimizar suas perdas pós-colheita.

Segundo Oliveira *et al.* (2011) a temperatura de secagem foi a variável mais significativa no processo de seu trabalho onde analisou a qualidade de jaca desidratada sob diferentes condições de processo; o mesmo conclui que os resultados químicos e sensoriais recomendam a utilização da temperatura de 50 °C promovendo uma concentração dos nutrientes.

3.7 Desidratação em estufa com circulação e renovação de ar

Geralmente, este tipo de secador com circulação de ar avalia-se a perda de peso de cada amostra nos intervalos em minutos até obter o peso constante. As amostras são retiradas da câmara de secagem, pesadas em balança analítica e recolocadas rapidamente no secador. No final da secagem, os resíduos secos são moídos e as amostras tem um peso final para comparação. O tempo de secagem

necessário para se atingir o equilíbrio de peso em relação ao teor de água, algumas vezes ultrapassam 6 horas em temperatura de 65°C; com isso pode haver influência da temperatura nos teores dos compostos bioativos presentes nos alimentos, havendo perda destes compostos. É um método acessível e muito usado por algumas indústrias da área de alimentos (SILVA *et al.* 2016).

A secagem tradicional, também conhecida como secagem por ar quente ou por convecção, é a tecnologia mais econômica e amplamente utilizada na indústria de alimentos, embora requeira um tempo de secagem mais longo e uma temperatura de ar mais elevada. Na secagem ao ar, o ar aquecido (com baixa umidade relativa) encontra a superfície de um material úmido, que transfere o calor para os sólidos principalmente por condução. Em seguida, o líquido migra para a superfície do material e é transportado por convecção de ar. O transporte de água em alimentos sólidos ocorre através de difusão de líquido ou vapor, difusão de superfície, diferença de pressão hidrostática e uma combinação desses fatores (AHMED, 2011).

A secagem convencional geralmente é dividida em duas etapas, e cada etapa é caracterizada por uma taxa de secagem diferente. No estágio inicial, a água livre se moverá para a superfície e será facilmente removida por pulverização. Então, conforme a secagem progride, a secagem torna-se difícil (a fase líquida contida no material sólido torna-se mais viscosa) e a taxa de secagem diminui (leva mais tempo para a umidade interna se mover para a superfície). Pode levar dois terços do tempo de secagem para remover o último terço da umidade, o que é principalmente devido à má ligação das moléculas de água (HORSZWALD *et al.* 2013)

No entanto, é importante observar que para certos vegetais de folhas verdes, como folhas de coentro, folhas de hortelã e espinafre, a água evapora muito rapidamente e pode evaporar completamente em uma ou duas horas. Vale ressaltar que no processo de secagem, o mecanismo de difusão e transporte envolvido desempenha um papel importante, principalmente durante a queda da taxa, que é controlada pelo mecanismo de difusão de líquido e vapor (AHMED, 2011).

O colapso severo de material vegetal seco ao ar é proporcional à perda de água no processo. Além disso, a perda de água pode causar tensão na estrutura celular, conforme observado ao secar as nozes, o que pode levar a um aumento no tamanho da célula, arredondamento, compactação e alongamento (MOREIRA *et al.* 2010). Além disso, a deterioração da cor (que pode ser causada pela reação de

Maillard) durante o processo de secagem é mais proeminente em materiais secos ao ar quente; a luminosidade é significativamente reduzida e o valor de amarelecimento aumenta. (CHEN E MARTYNENKO, 2013).

Argyropoulos *et al.* (2011) descreveram as mudanças estruturais irreversíveis que ocorrem durante secagem a ar quente do inglês HAD (Hot Air Drying) e a histerese de diferentes frutas e vegetais secos após a reidratação: ervilhas, cenouras, bananas, milho, maçãs, batatas, pimentões, cebolas, cogumelos, alho-poró, tomates e abóbora. Quanto ao conteúdo de fitoquímicos, descobriram que os compostos carotenóides, mais particularmente o licopeno, eram estáveis ao calor, mesmo após tratamentos térmicos severos; demonstraram que a retenção de licopeno é reduzida em tomates secos ao ar convencionais.

Além disso, alguns autores relataram que o HAD reduziu a concentração total de carotenoides (cerca de 19% para o β -caroteno), diminuição no conteúdo fenólico e na concentração de antocianina (de 20% para 80%) durante o HAD, como visto em fatias de batata doce (YANG *et al.* 2010).

Por outro lado, muitos autores observaram um aumento da concentração fenólica em vários até 40% em framboesas vermelhas e 54% em milho doce, (SABLANI *et al.* 2011). De fato, embora altas temperaturas de secagem (de 60 a 80 °C) resultem em um aumento exponencial nas taxas de secagem, induz degradações indesejáveis da qualidade como rachaduras, endurecimento, quebra total da estrutura, deterioração acentuada da cor, importante depleção fitoquímica, redução significativa da atividade antioxidante, bem como taxas consideráveis de encolhimento, são os principais danos que ocorrem durante o HAD em altas temperaturas (RUSSO *et al.* 2013).

Vale ressaltar que o fenômeno do encolhimento está intimamente relacionado aos atributos negativos de qualidade do material seco, uma vez que são caracterizados por aumento da dureza e reações bioquímicas, densidade aparente reduzida, aparência ruim, além de uma capacidade reduzida de retenção de água durante a reidratação (OIKONOMOPOULOU e KROKIDA, 2013).

Considerando um resultado significativo depois de ter passado pelo um processo de secagem, foram relatados em seu estudo com secagem das uvas para diferentes tempos e diferentes condições de temperatura (ADILETTA *et al.* 2015).

Segundo Haas (2015) após a secagem dos resíduos de uva em estufa de circulação de ar, reportou o valor (36,14mg/100g) para o teor dos compostos

fenólicos por Haas, considerando um resultado significativo depois de ter passado pelo um processo de secagem. Resultados significativos também foram relatados por Adiletta *et al.* (2016), em seu estudo com secagem das uvas para diferentes tempos e diferentes condições de temperatura.

3.8 Compostos bioativos

As substâncias bioativas ou metabólitos secundários de origem vegetal, também são conhecidos como fitoquímicos ou fitonutrientes, devido as suas importantes propriedades, funções biológicas e seus atributos sensoriais, facilmente encontrados em frutas e hortaliças, dando uma maior visão para os compostos fenólicos que possuem uma classe de antioxidantes naturais, largamente distribuídos em frutos, legumes, grãos, sementes, folhas raízes e cascas (MELO *et al.* 2008).

As frutas são consideradas as principais fontes de vitaminas e compostos bioativos, entre eles compostos fenólicos e carotenoides, os quais estão associados à redução do risco de doenças cardiovasculares e neurodegenerativas (ABOUL-ENEIN *et al.* 2013).

Os carotenoides e os compostos fenólicos têm sido associados com a capacidade antioxidante (Vidigal *et al.* 2011; Haminiuk *et al.* 2011), entre esses, destacam-se os compostos fenólicos (polifenóis e flavonoides) que possuem maior atividade antioxidante das frutas, os quais apresentam um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilo como grupos funcionais (TIVERON, 2010).

O maior consumo de frutas está relacionado à redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis. Isso se deve em grande parte aos compostos antioxidantes contidos nessas frutas, incluindo carotenoides, ácido ascórbico e compostos fenólicos, que podem ser classificados como compostos biologicamente ativos. (FREIRE *et al.* 2013).

Os compostos bioativos são obtidos a partir de fontes naturais e classificados em diferentes categorias em base a sua estrutura e funções químicas: carotenoides, compostos fenólicos, alcaloides, compostos contendo nitrogênio e compostos organossulfurados (JEONG *et al.* 2015). Dentre estes compostos bioativos, os polifenóis ganham atenção por demonstrarem diversos efeitos benéficos na saúde

humana, tais como atividades antioxidante, anti-inflamatória e imunomoduladoras (Wahyuningsih *et al.* 2017).

Alguns desses compostos fenólicos, como as antocianinas, são considerados potenciais corantes naturais, em substituição aos corantes sintéticos, podendo ser utilizados na indústria (FANG e BHANDARI, 2010). Os compostos bioativos são amplamente utilizados na preparação de suplementos alimentares, ingredientes alimentares funcionais, corantes, aditivos alimentares, produtos farmacêuticos e cosméticos (KALLA *et al.* 2015).

A atividade antioxidante desses compostos é muito importante no corpo humano. Por combaterem os radicais livres, as moléculas quimicamente instáveis são formadas pelo desequilíbrio entre a produção de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) e as atividades de enzimas antioxidantes, que são o oposto dos efeitos dessas EROs (AHMAD *et al.* 2016). Além das EROs, os antioxidantes também podem controlar ou prevenir a formação de nitrogênio reativo, moléculas formadas durante o metabolismo celular, moléculas muito ativas que podem causar danos às células. (SINGH; KUMARI, 2015).

Portanto, na avaliação do valor nutricional de vegetais, os compostos biologicamente ativos devem ser considerados, pois afetam a qualidade final, e os alimentos ricos em compostos biologicamente ativos requerem cuidadosa seleção de métodos de conservação. Vale destacar que a tecnologia de processamento selecionada irá destruir seu valor nutricional, ou causar a perda de propriedades sensoriais (como a cor), e a cor pode ser afetada pela deterioração do pigmento (NORA *et al.* 2014).

O tempo de armazenamento também afeta a degradação dos compostos biologicamente ativos presentes nos alimentos desidratados, resultando em uma diminuição gradual do teor de carotenoides, ácido ascórbico e compostos fenólicos ao longo do tempo. Além disso, o método de avaliação da atividade antioxidante de uma determinada fruta deve ser cuidadosamente selecionado, pois o método depende da extração máxima desses compostos antioxidantes. Portanto, fatores como o tipo de solvente utilizado, tempo de extração, temperatura, pH, tamanho de partícula e principalmente a polaridade do solvente afetarão diretamente o rendimento (FREIRE *et al.* 2013).

3.9 Compostos fenólicos

A relação entre componentes funcionais dos alimentos, saúde e bem-estar já está bem fundamentada por diversas pesquisas científicas (ABUJAH, OGBONNA e OSUJI, 2015). Mais da metade das mortes em todo o mundo ocorridas em 2010 foram relacionadas às doenças crônicas não transmissíveis como obesidade, câncer, diabetes e doenças cardiovasculares. O alarmante aumento na incidência de doenças cardiovasculares é considerado como o resultado epidemiológico de uma transição nutricional caracterizada por padrões dietéticos com alto consumo de gorduras totais, colesterol, açúcares e outros carboidratos refinados, concomitante ao baixo consumo de ácidos graxos poli-insaturados e fibras (RÍOS-HOYO *et al.* 2014).

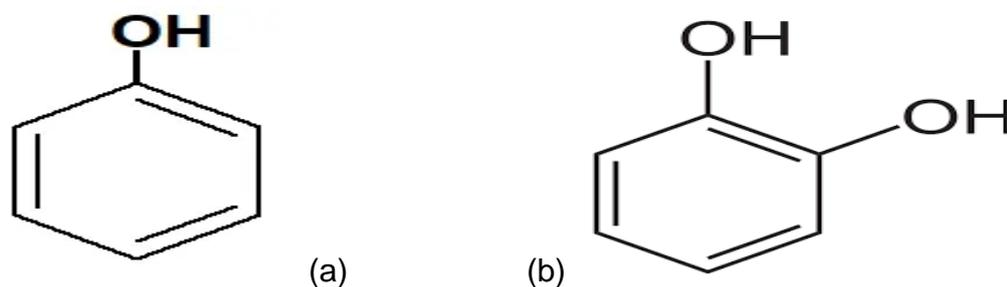
Os compostos fenólicos compõem um grande grupo de fitoquímicos, existentes ubiquamente em plantas como metabólitos secundários. A maioria destes pertencem aos ácidos fenólicos, flavonoides e taninos. Além da contribuição para as propriedades sensoriais dos alimentos, compostos fenólicos também exibem uma ampla gama de funções biológicas e fisiológicas, tais como atividades antialérgicas, anti-inflamatórias, antimicrobianas e antioxidantes, que são benéficas à saúde humana (MIDDLETON *et al.* 2000; SHAHIDI e NACZK, 2004; BALASUNDRAM, SUNDRAM e SAMMAN, 2006; CLAUDINE, MAZUR e SCALBERT, 2008).

Estes compostos possuem um anel aromático, tendo um ou mais grupos hidroxila e as suas estruturas podem variar desde uma molécula fenólica simples até um polímero complexo de peso molecular elevado. A atividade antioxidante dos compostos fenólicos depende da estrutura, do número, das posições dos grupos hidroxila e da natureza de substituições nos anéis aromáticos. Fruta, legumes e seus derivados são importantes fontes de compostos fenólicos para a dieta humana (BALASUNDRAM, SUNDRAM e SAMMAN, 2006).

Os compostos fenólicos (Figura 5) são uma grande classe de metabólitos secundários de plantas, mostrando uma diversidade de estruturas, a partir de estruturas bastante simples, por exemplo, ácidos fenólicos e por meio de polifenóis tais como os flavonoides, que compreendem vários grupos. Os compostos fenólicos são importantes para a qualidade de alimentos à base de plantas, são responsáveis pela cor das frutas e substratos para escurecimento enzimático e também estão

envolvidos em propriedades de sabor. Durante o processamento e armazenamento de alimentos, estes compostos são convertidos a uma variedade de compostos derivados. Embora os métodos para analisar compostos fenólicos de baixo peso molecular estejam bem desenvolvidos, a análise de compostos poliméricos continua a ser um desafio, pois, fortes interações de compostos fenólicos poliméricos com material da parede celular vegetal limitam a sua extração (CHEYNIER, 2012).

Figura 5: Estrutura de compostos fenólicos: Fenol (a) e Catecol (b).



Fonte: Extraído de Campbell-Platt (2015)

3.10 Flavonoides

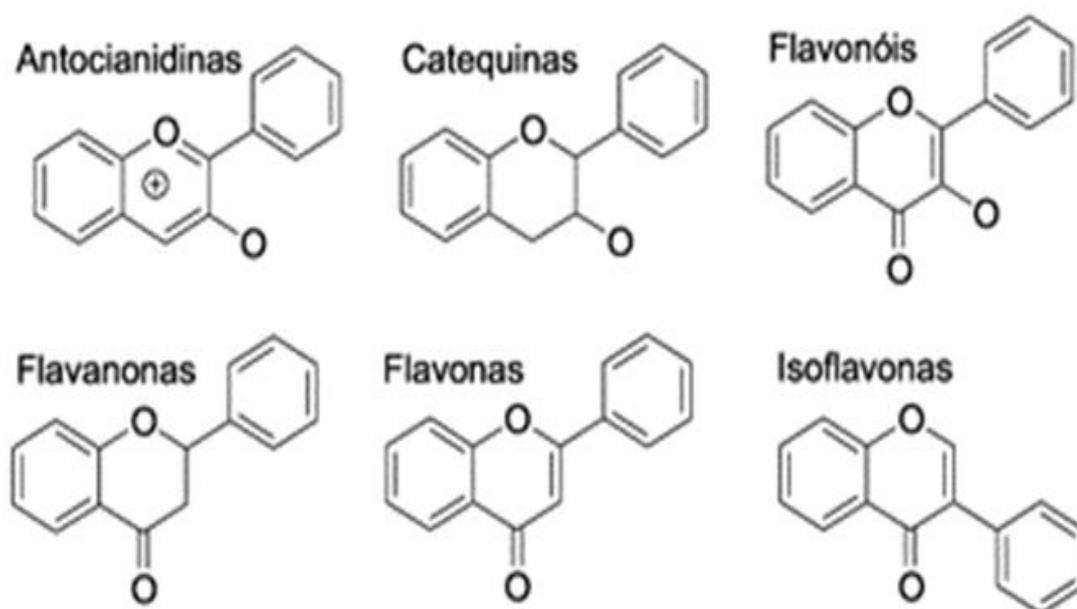
Os flavonoides (Figura 6) estão amplamente presentes nas plantas; quase todos os tecidos das plantas são capazes de sintetizá-los. Além disso, existe uma variedade enorme de tipos de flavonoides, aproximadamente 2.000 tipos de ocorrência natural. Os flavonoides estão presentes em frutas comestíveis, vegetais folhosos, raízes, tubérculos, bulbos, ervas, temperos entre outros. Eles podem ser classificados em sete grupos: flavonas, flavononas, flavonoloís, isoflavonas, flavanóis (catequinas) e antocianinas (FENNEMA, 2010).

Segundo Casarin *et al.* (2016), que analisaram flavonoides em secagem usando diferentes temperaturas na produção de farinha da amora preta, a maior valor foi obtida em secagem a 90 °C que apresentou maior valor de flavonoides quando comparada às farinhas obtidas sob as temperaturas de 70 °C e 80 °C.

Vuong *et al.* (2011) relatam valiosos resultados para o chá verde. Depois do processo de secagem, o mesmo apresentou, quantidades significativas de

compostos valiosos, como fenólicos, flavonóides (catequinas), aminoácidos, minerais, vitaminas (B, C, E), bases xânticas (cafeína, teofilina), pigmentos (clorofila, carotenóides) e compostos voláteis (aldeídos, álcoois, ésteres, lactonas, hidrocarbonetos). Vale-se ressaltar que os flavonóides do chá também foram encontrados para prevenir a peroxidação lipídica, um grande problema na indústria de alimentos, que pode causar ranço desfavorável e potencialmente reação tóxica em produtos.

Figura 6. Estrutura química dos principais tipos de flavonoides



Fonte: Molnár-Perl; Füzfai, (2005).

3.11 Atividade antioxidante

Nos últimos anos houve aumento no interesse por alimentos com atividades biológicas, principalmente com propriedades antioxidantes (NEWMAN; CRAGG, 2012).

Alimentos com atividades antioxidantes se tornam importantes por controlar a presença exacerbada de radicais livres. Esses radicais livres são caracterizados por

serem átomos, moléculas ou íons que possuem elétrons não pareados em sua órbita mais externa, e a necessidade de doar ou retirar elétrons de outra molécula faz com que estes radicais livres sejam substâncias instáveis e altamente reativas entretanto, a designação radical livre, não pode ser utilizada para todos os agentes reativos, pois apesar de participarem de processos de oxirredução, nem todos possuem elétrons desemparelhados em sua última camada (VASCONCELOS, 2015).

Radicais livres estão relacionados a diversas patologias como câncer, diabetes, doenças cardiovasculares, incluindo doenças degenerativas como aterosclerose e Alzheimer (WINTERBOURN, 2008; MARTINS, 2015).

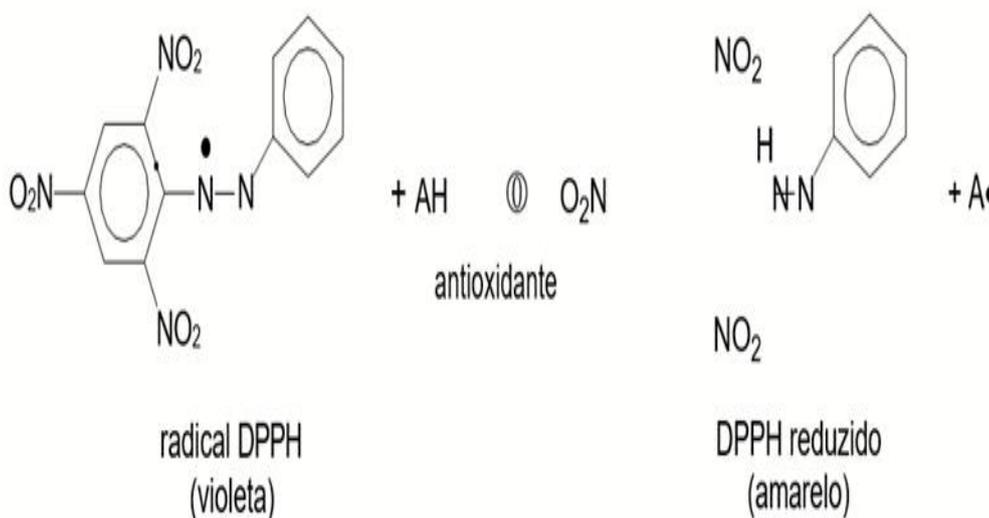
Muitos estudos são voltados para a avaliação de produtos naturais com atividades antioxidantes, uma vez que estes estão relacionados à prevenção de inúmeras doenças. Na literatura, é possível determinar a atividade antioxidante por inúmeros métodos, avaliando sua capacidade de doação de elétron a radicais livres para sua estabilização (DPPH•, ABTS, FRAP e ORAC) e a atividade quelante do Fe, não permitindo que estes sejam capazes de agir como reagentes ou catalizadores em reações que levam a formação de espécies reativas de oxigênio.

3.12 Atividade sequestrante do radical livre DPPH

Um dos testes mais conhecidos para avaliar atividade antioxidante é o DPPH (Figura 7), muito utilizado em ensaios colorimétricos para avaliação de atividade antioxidante. Neste teste, têm-se uma reação de oxirredução, onde ocorre a captura de um elétron, de modo a tornar este radical livre uma substância estável (RUFINO *et al.* 2010).

Durante este processo o DPPH, que possui coloração púrpura, é reduzido a difenil-picril-hidrazina, e passa a apresentar uma tonalidade amarelada (Figura 6), esta mudança está ligada a um decréscimo na absorbância e caracteriza uma resposta positiva à atividade antioxidante da amostra (BORGES *et al.* 2011).

Figura 7: Estrutura química do DPPH e reação com um antioxidante



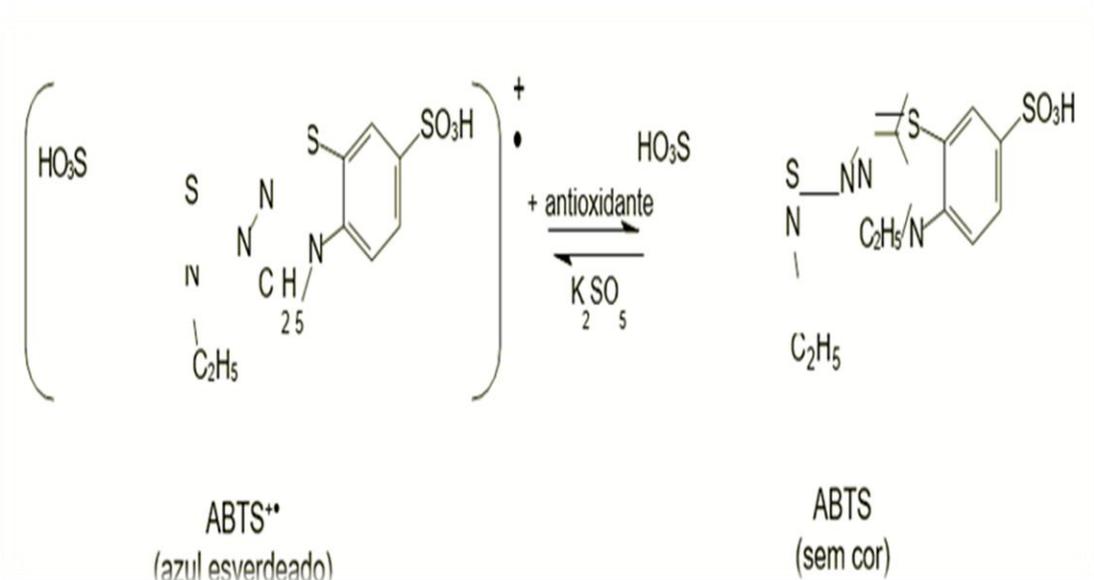
Fonte: Molyneux (2004).

3.13 Atividade antioxidante pelo método do ABTS

Um segundo teste também muito utilizado para avaliação de atividade antioxidante é do ABTS. O 2,2-azinobis-(3-etil-benzotiazolin-6-ácido sulfônico) (ABTS) é um radical livre que pode ser obtido a partir de uma reação química, eletroquímica ou enzimática (KUSKOSKI *et al.* 2005). Este teste é baseado na geração do ABTS, de cor verde-escura, através da reação do ABTS com persulfato de potássio (Figura 8). Na presença de um antioxidante, o ABTS é reduzido a ABTS, substância estável de coloração verde-clara, que caracteriza a ocorrência de atividade antioxidante por decréscimo de absorbância a 734 nm.

O método ABTS é um dos testes de atividade antioxidante mais rápidos e que oferece resultados reprodutíveis, além de outras vantagens como: oferecer vários máximos de absorção e uma boa solubilidade, permitindo análises de compostos tanto de natureza lipofílica como hidrofílica (KUSKOSKI *et al.* 2005).

Figura 8: Redução do ABTS por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio



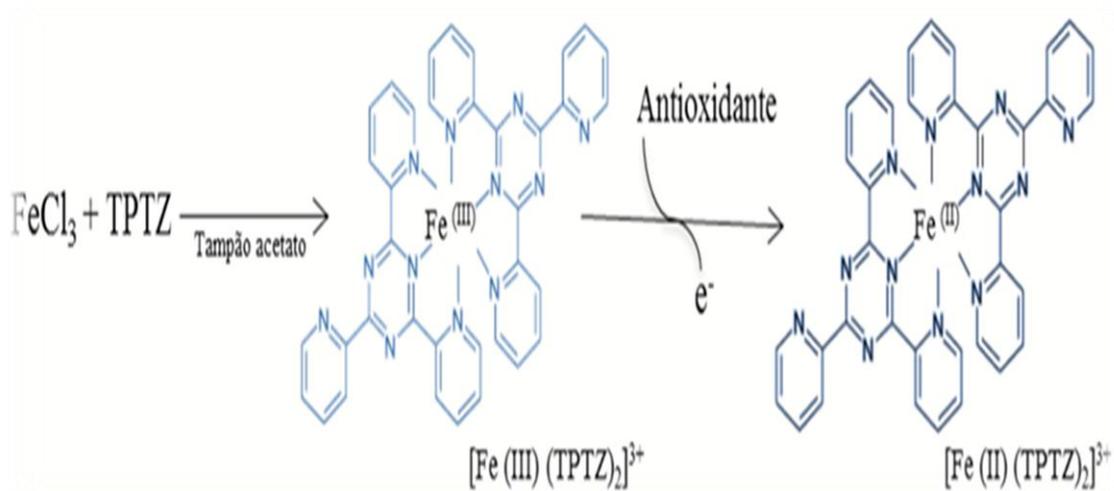
Fonte: Moon; Shibamoto (2009).

3.14 Potencial antioxidante redutor férrico (FRAP)

O método do FRAP foi originalmente desenvolvido como uma alternativa para determinar a redução do ferro em fluidos biológicos e soluções aquosas de compostos isolados (BENZIE; STRAIN, 1996).

O método FRAP, por sua vez, avalia a capacidade antioxidante da amostra através da redução do complexo Fe a Fe, por meio de doação de elétron (HUANG; OU; PRIOR, 2005). Esta reação ocorre na presença de TPTZ (2,4,6-Tri(2-piridil)1,3,5-triazina) em meio ácido (pH = 3,6). Assim o complexo Fe III-TPTZ, de coloração azul clara, é reduzido a Fe II-TPTZ, de coloração azul escura, na presença de um antioxidante, de modo que sua resposta está ligada ao aumento da absorvância à 595 nm (Figura 9) (SUCUPIRA, 2012).

Figura 9: Reação química que descreve a produção de Fe (forma ferrosa) a partir da redução de Fe (forma férrica) presente no complexo com TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina).



Fonte: Benzie & Strain (1996).

4 MATERIAL E MÉTODO

Todos os experimentos foram realizados no LAF (Laboratório de Flavor e Análises Cromatográficas) da Universidade Federal de Sergipe. Neste estudo foram determinadas as características físico-químicas, o perfil de compostos bioativos, atividade antioxidante, e a influência de diferentes métodos de secagem na fruta-pão.

4.1 Aquisição da matéria-prima

Os frutos da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) foram colhidos, no mês de agosto de 2020, em um pomar doméstico, na Cidade de São Cristóvão, SE. Os frutos foram transportados em caixas plásticas não térmicas e armazenados e refrigerados durante um período de 24 horas, até serem processados minimamente e seguirem para armazenamento e congelados. O desenvolvimento do produto seguiu o fluxograma descrito na Figura 10.

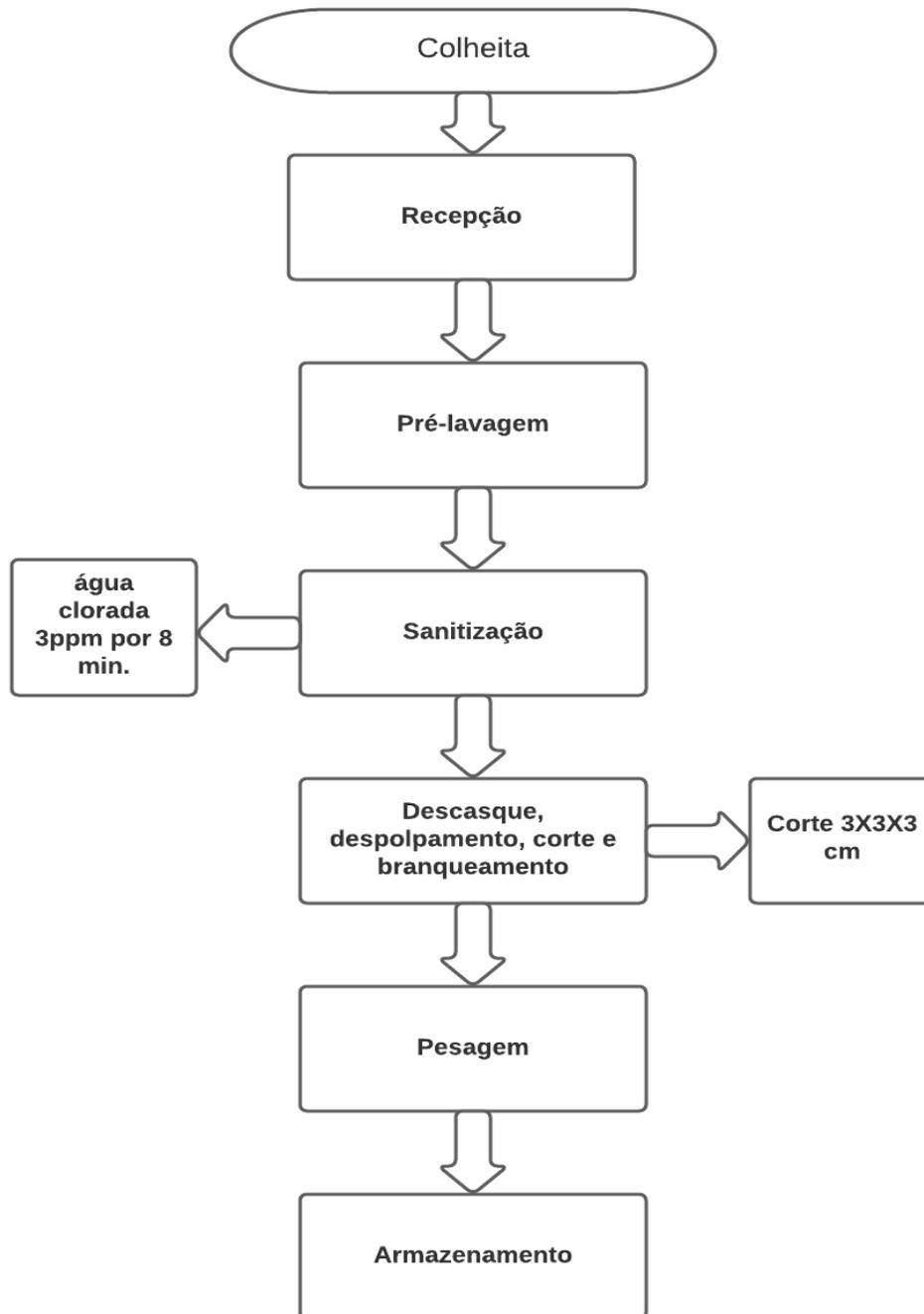
As frutas-pão colhidas foram lavadas com água limpa, a fim de remover a sujeira, em seguida, foram submersas em solução de água clorada a 3 ppm, por 8 min., a fruta foi descascada com faca de cozinha inoxidável a fim de controlar escurecimento (Figura 10). A polpa (T1, T2 e T3) foi branqueada no processo de submergir em água fervente por 3 min e após foi submergida em água gelada por um minuto para impedir o escurecimento. A polpa foi removida, cortada em pedacinhos (3 cm x 3 cm x 3 cm), a fim de facilitar a secagem, pesou-se armazenou em sacos plásticos selados a vacuo, e acondicionou sob refrigeração, em seguida desidratados em estufa por circulação e renovação de ar (40°C por 24 h) até atingir o teor de umidade de 12%. As frutas desidratadas foram trituradas, em seguida, embalado em alta densidade polietileno com rotulagem adequada.

Vinte quilos de fruta-pão foram selecionados de acordo com o estágio de maturação “de vez (10 kg)” e “madura (10 kg)”, cor da casca verde escuro e tamanho médio de 1.615g.

As folhas da fruta-pão (F1, F2 e F3) foram higienizadas, sanitizadas, e submetidas as análises.

As análises físico-químicas, conteúdo de fenólicos totais, teor de flavonoides, atividade antioxidante e compostos fenólicos em HPLC foram realizadas no Laboratório de Aromas e Flavor (LAF), da Universidade Federal Sergipe (UFS).

Figura 10: Processamento da polpa da fruta-pão (*Artocarpus altilis*)



Fonte: Própria (2021).

Após todo o processamento, as amostras foram analisadas quanto:

4.2 Análises físico-químicas

4.2.1 Acidez titulável

A análise de acidez foi realizada pelo método de determinação de acidez potenciométrica, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz (IAL), utilizando a metodologia 016/IV Frutas e produtos de frutas – Determinação da acidez titulável. Onde, foi pesada de 1 a 5g da amostra, e titulada com solução de hidróxido de sódio (0,1M) (IAL, 2008).

4.2.2 pH

Análise realizada pelo método de determinação direta, através de medição pelo potenciômetro diretamente na amostra, de acordo com as normas analíticas do IAL, utilizando a metodologia 017/IV Determinação do pH. Foram pesadas 10g da amostra, diluídas com auxílio de 100 mL de água, homogeneizadas e o pH foi determinado utilizando pHmetro (Marca: Hanna), previamente calibrado com soluções tampão 4,7 e 10 (IAL, 2008).

4.2.3 Sólidos solúveis

Análise realizada pela medição de seu índice de refração por comparação com tabelas de referência, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolf Lutz (2008), utilizando a metodologia 315/IV Frutas e produtos de frutas – Determinação de sólidos solúveis por refratômetro. Da amostra homogeneizada, 3 a 4 gotas foi transferida para o prisma do refratômetro portátil (MODTR-30ATC), observando a temperatura da amostra para, se necessário, corrigir pelo fator de correção. Os SST foram expressos em °Brix.

4.2.4 Atividade de água

A a_w foi determinada por leitura direta em equipamento da Aqualab (Dew Point – *Water Activity Meter*) após a estabilização das amostras a 25 °C por 15 min.

4.3 Composição centesimal

4.3.1 Cinzas

A análise de cinzas foi realizada pelo método de determinação de cinzas, de acordo com as normas analíticas do IAL, utilizando a metodologia 018/IV Resíduo por incineração - Cinzas. Foram utilizados cadinhos de porcelana previamente tarados a 500°C em mufla, nos quais pesou-se 5g da amostra. As amostras foram evaporadas em placa aquecedora, incineradas em mufla, resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesadas. A pesagem foi realizada até a obtenção do peso constante (IAL, 2008).

4.3.2 Lipídeos

Para a determinação de lipídios, pesou-se 2g da amostra em cartuchos para Soxhlet que foi deixado em refluxo por um período de 6 horas em balões de fundo chato previamente tarados em estufa a 105°C. O solvente que foi utilizado é o éter etílico. O balão com o extrato foi transferido para estufa a 105° C até peso constante (IAL, 2008).

4.3.3 Proteínas

A determinação de conteúdo de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldahl onde pesou-se 2g da amostra, na qual a matéria orgânica foi decomposta pelo ácido sulfúrico e mistura catalítica. A amostra foi digerida em tubos digestor e a titulação foi feita com ácido clorídrico (0,1M). O fator de correção utilizado para transformação do nitrogênio em protídeos foi de 6,25 (IAL, 2008).

4.3.4 Umidade

A análise de umidade foi realizada por gravimetria, de acordo com as normas analíticas do IAL, utilizando a metodologia 012/IV Perda por dessecação (umidade), Secagem direta em estufa a 105°C. Foi utilizada balança analítica com precisão de 0,0001g, cadinho de porcelana e estufa de circulação de ar (Marconi MA035/2) a uma temperatura de 105°C (IAL, 2008).

4.4 Cor

A cor foi medida em termos dos valores de CIE de L*, a*, b* e h usando um Calorímetro da marca Konica Minolta modelo Spectrophotometer CM-700d. L* representa a luminosidade, a* representa o eixo vermelho (+) a verde (-) e b* representa o eixo amarelo (+) para azul (-), C* representa a saturação, e h é o ângulo de tonalidade.

4.5 Obtenção dos produtos desidratados

Foram realizados diferentes métodos de secagem, temperatura ambiente (apenas para folhas) seguindo metodologia proposta por Hamrouni-Sallami *et al.* (2013) e estufa de circulação de ar (40 °C) de acordo com Silva *et al.* (2016).

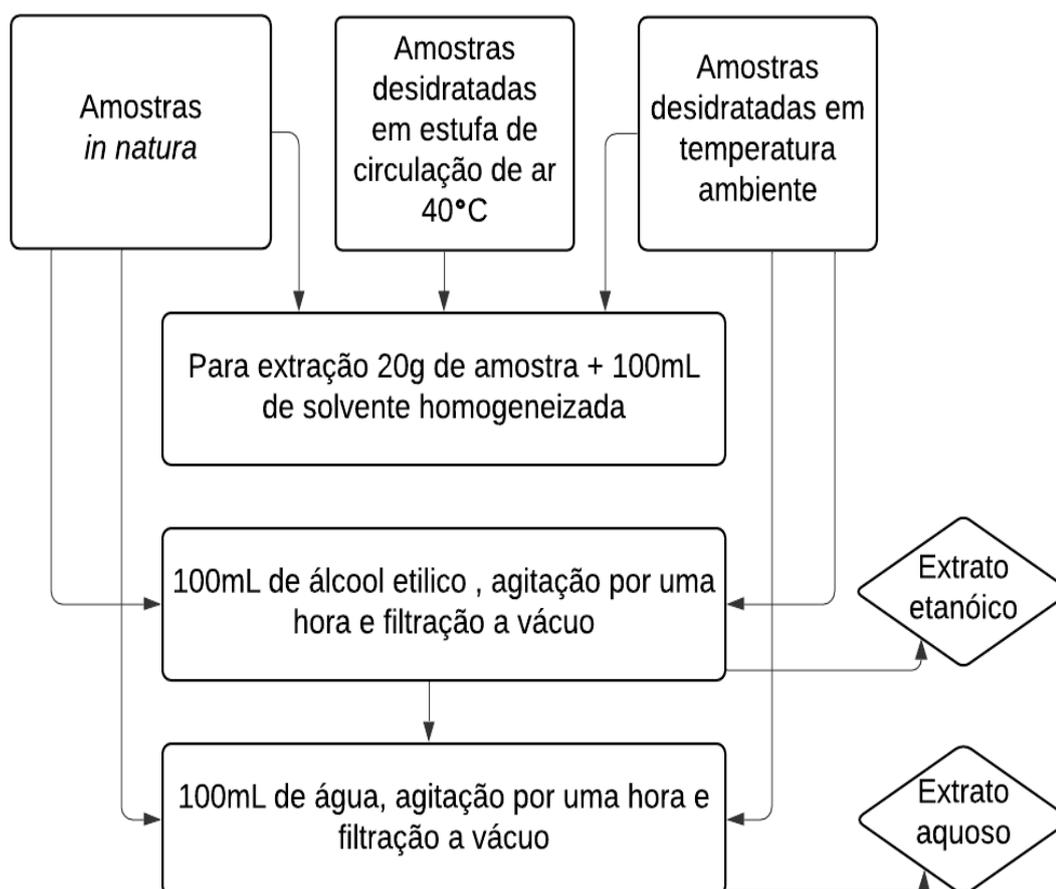
4.5.1 Procedimentos de extração

Para a extração do material vegetal (fruto e folha), seguiu-se a metodologia proposta por Green (2004), adaptado por Jalal *et al.* (2015), utilizando-se como

solventes água 100% (Ext. 1) e etanol 100% (Extr. 2), utilizando 20 gramas da amostra para 100 mililitros de solventes.

Pesou-se 20 gramas da amostra para 100mL de solvente em backer de 250mL; em seguida levou ao shaker, mantida em 200rpm a 25°C por 1h. Separou-se o sobrenadante e levou-o a centrifuga com força g de 12000 a 9661 rpm, 4° C por 10 min. Filtrou-se o sobrenadante e foi colocado em frascos âmbar, mantido refrigerado.

Figura 11: Obtenção dos extratos



Fonte: própria, (2021).

4.6 Determinação dos compostos bioativos

4.6.1 Teor de Flavonoides Totais (TFT)

O teor de TF foi determinado de acordo com o método descrito por Moo-Huchin *et al.* (2015). A absorvância foi medida em 415 nm, usando um espectrofotômetro (Jenway 6705 UV / Vis). O conteúdo TF foi calculada utilizando uma curva padrão preparada de quercetina (0,05-0,5 mg/mL) e resultado foi expresso em mg de quercetina equivalente (QE) / 100 g da amostra.

4.6.2 Conteúdo de fenólicos totais

Para a determinação do teor de compostos fenólicos totais pelo método espectrofotométrico foi utilizado o reagente fenólico do Folin-Ciocalteu, segundo a metodologia proposta por Singleton *et al.* (1965) adaptado por Rezende *et al.* (2018). O conteúdo foi calculado usando uma curva padrão preparada as soluções aquosas de ácido gálico (0.1–1 mg/mL) e o resultado foi expresso em mg de ácido gálico/100g da amostra.

4.7 Ensaios da capacidade antioxidante

4.7.1 Redução do radical ABTS:

Este ensaio foi realizado com base no método descrito por Re *et al.* (1999). A absorvância foi medida a 734 nm, usando um espectrofotômetro (Jenway 6705 UV/Vis). A atividade antioxidante foi calculada usando uma curva padrão preparada de Trolox (0,05–0,35 mg/mL) e resultado foi expresso em μM Trolox equivalente (TE)/g da amostra.

4.7.2 Ensaio DPPH:

A atividade de eliminação do radical DPPH foi determinada de acordo a metodologia descrita por Brand-Williams, *et al.* (1995). A diminuição da absorbância a 515 nm foi medida a partir de $t = 0$ min a $t = 30$ min de reação, utilizando um espectrofotômetro (Jenway 6705 UV/Vis). A atividade antioxidante foi calculada usando um padrão curva preparada de Trolox (0–0.3 mg/mL) e o resultado foi expresso em $\mu\text{M TE/g}$ da amostra.

4.7.3 Ensaio FRAP:

O ensaio do poder antioxidante redutor férrico (FRAP) foi conduzido de acordo com o método relatado por Thaipong, *et al.* (2006). A absorbância foi medida em 593 nm, utilizando um espectrofotômetro (Jenway 6705 UV/Vis). A atividade antioxidante foi calculada a partir de uma curva padrão, preparada de Trolox (0–0,15 mg/mL) e o resultado foi expresso em $\mu\text{M TE/g}$ da amostra.

4.8 Análise estatística

Os resultados obtidos foram analisados e expressos utilizando o software Statistica 12.0 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA). Análise de variância (ANOVA) usada para determinar diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as amostras. Diferenças entre médias foram detectadas pelo teste de Tukey.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Folhas da fruta-pão (*Artocarpus altilis*)

Os resultados das características físico-química das folhas da fruta-pão estão apresentados na Tabela 03. Ressalta-se que em busca em base de dados, não foram encontrados trabalhos para a folha da fruta-pão, despertando o interesse, pois na medicina popular se faz uso da folha para elaboração de xarope.

Tabela 03: Análises físico-química e composição centesimal das folhas da árvore da fruta-pão (*Artocarpus altilis*).

| Características | Folhas | | |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | F1 | F2 | F3 |
| Umidade (%) | 82,00 ^a ± 0,01 | 14,00 ^b ± 0,01 | 11,00 ^c ± 0,01 |
| Cinzas (%) | 8,94 ^a ± 0,05 | 9,47 ^a ± 0,81 | 10,76 ^b ± 0,38 |
| Acidez | 2,23 ^a ± 0,22 | 2,06 ^a ± 0,05 | 1,14 ^b ± 0,03 |
| pH | 5,41 ^c ± 0,06 | 6,22 ^a ± 0,01 | 5,92 ^b ± 0,01 |
| Proteína (%) | 13,21 ^a ± 0,09 | 12,64 ^b ± 0,29 | 12,53 ^b ± 0,12 |
| Lipídeos (%) | 2,98 ^a ± 0,00 | 1,26 ^{ac} ± 0,01 | 1,18 ^{ab} ± 0,01 |
| A _w | 0,99 ^a ± 0,01 | 0,71 ^b ± 0,00 | 0,52 ^c ± 0,01 |

*Letras iguais nas medias da mesma linha não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *F1= folha da fruta pão *in natura*, F2= folha da fruta pão desidratada em temperatura ambiente, F3= folha da fruta pão desidratada em estufa (40^o C).

É importante destacar que o teor de umidade está diretamente relacionado com a conservação do produto durante o armazenamento (VIANA *et al.* 2015). Os valores apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) ao comparar com a amostra após secagem.

O conteúdo de cinzas dos tratamentos foram 8,94% (F1); 9,47% (F2); 10,76% (F3); observou-se que, o teor de cinzas aumentou devido o tipo do método de secagem utilizado. Entretanto, apresentou diferentes valores, sendo as diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre-se.

Os diferentes tratamentos apresentaram alterações significativas no pH e na acidez titulável das folhas da árvore da fruta-pão (Tabela 3), com valores de pH 5,51 para F1, 6,22 para F2 e 5,92 para F3 e acidez titulável 2,23 para F1, 2,06 para F2 e 1,14 para F3. A acidez é conhecida por quantificar a presença de ácidos orgânicos em vegetais, e a acidez é geralmente baixa em vegetais.

O percentual médio de proteína nas folhas de fruta-pão obteve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para o tratamento F1 (13,21) quando comparado com as amostras submetidas ao processo de secagem F2 (12,64) e F3 (12,53).

O teor de lipídeos em geral é baixo quando se refere a vegetais. Nos tratamentos analisados, todas as matérias primas utilizadas possuem valor baixo de lipídeos o que já se esperava nos resultados. Os valores variaram entre 2,98g/100g a 1,18/100g, apresentando diferença significativa ($p \leq 0,05$) para o tratamento F1 2,98, F2 1,26 e F3 1,18.

Compostos bioativos na folha da árvore da fruta-pão (*Artocarpus altilis*).

A análise dos compostos bioativos mostrou influência significativa para os tratamentos da extração 2, onde usou-se o etanol como solvente (Tabela 4).

Tabela 4: Teor de fenólicos totais e flavonoides totais das amostras da folha da árvore da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) dos 3 Tratamentos nas 2 extrações.

| Características | Tratamentos | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | F1 (Ext. 1) | F2 (Ext. 1) | F3 (Ext. 1) | F1 (Ext. 2) | F2 (Ext. 2) | F3 (Ext. 2) |
| Fenólicos totais ($\mu\text{mol TE/g BS}$) | 27,08 ^a \pm 0,01 | 27,10 ^a \pm 0,00 | 29,20 ^a \pm 0,00 | 41,13 ^b \pm 0,00 | 40,00 ^b \pm 0,01 | 43,02 ^c \pm 0,02 |
| Flavonoides Totais ($\mu\text{mol TE/g BS}$) | 18,45 ^a \pm 0,01 | 18,31 ^a \pm 0,01 | 18,50 ^a \pm 0,01 | 22,50 ^b \pm 0,02 | 23,10 ^{ab} \pm 0,03 | 25,10 ^c \pm 0,02 |

*BS: Base Seca. *ext.1= extração aquosa, ext. 2= extração etanoica. *F1= folha da fruta pão *in natura*, F2= folha da fruta pão desidratada em temperatura ambiente, F3= folha da fruta pão desidratada em estufa (40^o C).

*Letras iguais nas medias da mesma linha não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores teores (43,02 $\mu\text{mol TE/g BS}$) de compostos fenólicos foram encontrados para o tratamento F3 da extração 2. A maior parte da atividade antioxidante total está associada aos compostos fenólicos, principalmente flavonóides, que conferem proteção contra os radicais livres. Armesto *et al.* (2019) revisaram a literatura disponível sobre métodos de avaliação de compostos fenólicos e carotenoides e concluíram que a ingestão continuada de alimentos ricos nesses compostos está associada à prevenção de diversas doenças degenerativas.

O teor de flavonoides das folhas apresentou maior resultado para extração 2 com maior valor para o tratamento F3. Não houve diferença significativa para os tratamentos da extração 1.

Tabela 05: Valores (média \pm desvio padrão) da atividade antioxidante da folha da fruta-pão (*Artocarpus altilis*).

| Parâmetros | Tratamentos | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | F1 (Ext. 1) | F2 (Ext. 1) | F3 (Ext. 1) | F1 (Ext. 2) | F2 (Ext. 2) | F3(Ext. 2) |
| DPPH ($\mu\text{mol TE/g BS}$) | 57,01 ^b \pm 0,04 | 64,00 ^a \pm 0,04 | 51,00 ^a \pm 0,06 | 81,20 ^a \pm 0,01 | 78,01 ^b \pm 0,02 | 77,00 ^b \pm 0,05 |
| ABTS ($\mu\text{mol TE/g BS}$) | 59,00 ^a \pm 0,02 | 63,02 ^b \pm 0,00 | 52,25 ^a \pm 0,00 | 39,05 ^a \pm 0,00 | 36,10 ^b \pm 0,00 | 39,12 ^a \pm 0,01 |
| FRAP ($\mu\text{mol TE/g BS}$) | 38,28 ^c \pm 0,00 | 46,20 ^b \pm 0,00 | 49,22 ^a \pm 0,01 | 71,00 ^a \pm 0,03 | 69,09 ^a \pm 0,03 | 68,10 ^a \pm 0,02 |

*TE: Equivalente de Trolox; BS: Base Seca. *ext.1= extração aquosa, ext. 2= extração etanoica. *F1= folha da fruta pão *in natura*, F2= folha da fruta pão desidratada em temperatura ambiente, F3= folha da fruta pão desidratada em estufa (40^o C). *Letras iguais nas medias da mesma linha não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A atividade antioxidante da folha da fruta-pão (Tabela 5), determinada pelos ensaios DPPH, ABTS e FRAP, variou de 51,00 a 64,00 $\mu\text{M TE/g}$; 52,25 a 63,02 $\mu\text{M TE/g}$; 38,28 a 49,22 $\mu\text{M TE/g}$ (extração 1) e 77,00 a 81,20 $\mu\text{M TE/g}$; 36,10 a 39,12 $\mu\text{M TE/g}$; 68,10 a 71,00 $\mu\text{M TE/g}$ (extração 2), respectivamente.

Para o ensaio DPPH, o F2 (Ext. 1) e o F1 da (Ext. 2) apresentaram maior atividade antioxidante; estes tenham sido significativamente diferentes ($p > 0,05$). Em relação à atividade antioxidante ao ensaio ABTS, os maiores valores foram obtidos nas amostras F1 e F2 da Ext. 1.

Para o ensaio FRAP, os tratamentos F3 (Ext. 1) e F1 Ext. 2 diferiram ($p \leq 0,05$) aos demais resultados, sendo os tratamentos com maior atividade antioxidante. É importante o uso de diferentes testes para a determinação segura e conclusiva da atividade antioxidante, uma vez que cada método tem sua própria especificidade e atua em um determinado local de ação.

Diante do exposto, os resultados mostraram que o Ext. 2, onde utilizou-se o solvente etanol 100%, foi a melhor para os ensaios das atividades antioxidantes DPPH e FRAP enquanto para ABTS, as maiores médias foram para os tratamentos da Ext. 1 onde utilizou água como solvente.

5.2 Polpa *in natura* da fruta pão (*Artocarpus altilis*)

A Tabela 06 apresenta os resultados obtidos da caracterização físico-química e composição centesimal da polpa *in natura*, e foram comparadas entre dois estágios de maturação verde e maduro.

Tabela 06: Caracterização físico-química da polpa *in natura* da fruta-pão (*Artocarpus altilis*)

| Características | Polpa <i>in natura</i> | |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|
| | T1 | T2 |
| Umidade (%) | 84,00 ^b ± 0,01 | 83,00 ^a ± 0,00 |
| Cinzas (%) | 0,73 ^a ± 0,01 | 0,71 ^a ± 0,02 |
| Acidez | 1,05 ^b ± 0,11 | 1,11 ^a ± 0,01 |
| pH | 6,46 ^a ± 0,02 | 6,35 ^b ± 0,01 |
| °Brix | 2,41 ^a ± 0,01 | 2,21 ^b ± 0,10 |
| Proteína (%) | 1,09 ^a ± 0,01 | 1,21 ^a ± 0,02 |
| Lipídeos (%) | 0,23 ^a ± 0,00 | 0,18 ^b ± 0,01 |
| a _w | 0,99 ^a ± 0,00 | 0,97 ^b ± 0,00 |

*Médias com letras iguais na mesma linha não diferem entre si. T1= Polpa *in natura* madura T2= Polpa *in natura* verde

Em relação ao teor de umidade, a fruta-pão apresentou 84,00% para T1 e 83,00% para T2, valores superiores ao encontrado por Moreira *et al.* (2007), para polpa da fruta-pão de massa, com valor de 66,94% de teor de água, e também superior ao descrito na Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2011) para fruta-pão, cujo valor é de 80,9%. Teores de umidade elevados favorecem o desenvolvimento de microrganismos e deterioração causadas por reações bioquímicas, demonstrando que a aplicação do processo prévio de secagem para aproveitamento desse resíduo, pode promover a obtenção de um produto com maior estabilidade físico-química e microbiológica (ORDÓÑEZ *et al.* 2005).

O percentual de cinzas ou resíduo mineral na polpa da fruta-pão foi de 0,73%, para T1 e 0,71% para T2, superior ao mencionado por Ribeiro (2015) que foi de 0,23% e Bodstein *et al.* (2015) observaram 0,72% de cinzas, na caracterização da polpa de fruta-pão. Teores altos de cinzas podem retardar o crescimento microbiano. A análise do teor de cinzas nos disponibiliza informações prévias sobre o valor nutricional e depende da natureza do alimento e do método de determinação utilizado. Sabe-se que esta variação pode acontecer e deve-se levar em consideração o clima, período do ano e o tipo de solo do cultivar.

A acidez pode indicar um importante fator de qualidade na apreciação e conservação dos frutos. Souza *et al.* (2012) encontraram valores médios de 1,64% para a acidez total titulável, valores semelhantes ao encontrado neste trabalho.

Segundo Santos et al. (2018) e Aroucha et al. (2010), a acidez é importante, não somente para determinar a relação de doçura de um produto, mais também pela sua grande utilidade na indústria de alimentos, como conservante podendo prolongar a vida de prateleira, índice para avaliação de qualidade e maturidade, indicador sensorial entre outras funções.

Observa-se que o valor encontrado para o pH da polpa da fruta-pão foi igual a 6,46 para T1 e 6,35 para T2, classificando-a como uma fruta menos ácida, fato este comprovado pelo valor obtido para a acidez total titulável que foi de 1,05% para T1 e 1,11% para T2. Bodstein *et al.* (2015) na caracterização físico química de fruta-pão mencionaram o valor de 7,12 para o potencial hidrogeniônico e Souza *et al.* (2012) ao caracterizarem a fruta-pão *in natura* encontraram valores médios de 6,01 podendo ocorrer a deterioração, crescimento de microrganismos, atividade das enzimas, retenção sabor/odor nos frutos (ORDÓÑEZ *et al.* 2005).

O teor de sólidos solúveis (°Brix) em fruto é um indicador quantitativo de açúcares presentes no mesmo, e é considerado um parâmetro que influencia diretamente no gosto doce, sendo um fator determinante de compra do consumidor. Esse teor de sólidos solúveis também depende de fatores extrínsecos do ambiente em que são cultivados, como também do estágio de maturação e o tipo de cultivar.

O valor médio encontrado para proteínas foi de 1,09 para T1 e 1,21 para T2, estando semelhantes ao encontrado por Turi *et al.* (2016).

Os teores de lipídeos apresentaram um valor médio de 0,23 para T1; valor semelhante ao reportado por Taco (2011) e o valor de 0,18 para T2, ficando abaixo apresentado pelo mesmo autor.

A atividade de água para a fruta-pão foi de 0,99 para T1 e 0,97 para T2, valores considerados para a maioria dos alimentos entre frutas e hortaliças. Segundo Ordóñez *et al.* (2005) a atividade de água em alimentos determina a água que se encontra disponível para o crescimento microbiano e o avanço de diferentes reações químicas e bioquímicas.

5.3 Farinha da polpa da fruta-pão (*Artocarpus altilis*)

5.4 Caracterização físico-química da fruta-pão desidratada

Objetivando a secagem da polpa da fruta-pão para fins industriais, realizou-se a desidratação em estufa de circulação e renovação de ar, por ser um processo mais usado e de menor custo. Após a secagem, tendo em vista que a fruta-pão em pó desidratada apresentou aparência semelhante a outras farinhas já existentes (figura 12), resolveu-se caracterizá-los físico-quimicamente (Tabela 07).

Figura 12: farinha da fruta-pão madura



Fonte: Própria (2021)

Figura 13: Farinha da fruta-pão verde



Fonte: Própria (2021)

Tabela 07: Caracterização físico-química da farinha da fruta-pão (*Artocarpus altilis*)

| Características | Secagem de polpa na estufa a 40 °C | |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| | T3 | T4 |
| Umidade (%) | 12,00 ^a ± 0,05 | 11,00 ^a ± 0,01 |
| Cinzas (%) | 2,41 ^a ± 0,03 | 2,59 ^a ± 0,34 |
| Acidez Total Titulável | 1,31 ^b ± 0,01 | 1,51 ^a ± 0,00 |
| pH | 6,33 ^a ± 0,01 | 5,50 ^b ± 0,10 |
| Sólidos Solúveis Totais (°Brix) | 2,33 ^a ± 0,06 | 2,11 ^b ± 0,11 |
| Proteína (%) | 3,68 ^a ± 0,14 | 3,69 ^a ± 0,14 |
| Lipídeos (%) | 1,29 ^a ± 0,02 | 1,17 ^b ± 0,05 |
| Aw | 0,42 ^a ± 0,00 | 0,42 ^a ± 0,00 |

*Letras iguais nas medias da mesma linha não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T3= farinha da polpa da fruta pão madura, T4= farinha da polpa da fruta pão verde.

A umidade dos conteúdos das três amostras está abaixo do nível de segurança recomendado (12% - 13%) para armazenamento (FAO, 1992). Não houve diferença significativa entre a farinha T3 (12%) e farinha T4 (11%); isso sugere que as amostras teriam uma boa estabilidade de prateleira e não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os dois tratamentos. Por outro lado, Souza et al. (2012) na determinação da composição da farinha de fruta-pão, observaram 9,41% de umidade; Cavalinni (2015) na caracterização da composição da farinha de fruta-pão, obteve valor médio, equivalente a 6,91% de umidade; Beterro (2014) ao comparar os valores médios da composição nutricional entre farinha de fruta-pão e a farinha de milho, mencionou valores médios de umidade de 11,78 e 11,80 % respectivamente.

No percentual de sólidos totais observa-se que, os valores médios dos sólidos totais diferiram entre si. A fruta-pão em pó T3 apresentou maior teor de sólidos totais (2,33%) em relação ao pó obtido T4, cujos valores médios foram 2,11%; ressalta-se que esses valores de SST já era esperado por se tratar de uma fruta com pouca doçura.

Em relação ao teor de cinzas da farinha de fruta-pão, que é indicativo da quantidade de elemento mineral na farinha, o valor foi 2,41% para T3 e 2,59% para T4, comparado entre-se. Cavallini (2015) na caracterização físico-química de farinha de fruta pão encontrou 2,19% para o percentual de cinzas. Malamo *et al.* (2011) na avaliação da composição centesimal para farinha de fruta-pão mencionaram 2,69% para o teor de cinzas.

Para proteína não apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, onde os valores variaram entre 3,68 e 3,69; esses resultados mostram que mesmo empregando o processo de secagem, há uma concentração do teor de proteína comparado com a fruta *in natura*.

O conteúdo de lipídeos da farinha de fruta-pão as amostras foram relativamente baixas 1,29% para T3 e 1,17% para T4; esses resultados se tornam vantagens, pois o teor de gordura relativamente alto pode ser indesejável porque pode levar ao desenvolvimento de compostos odoríferos desagradáveis durante o armazenamento.

No pH das duas amostras de farinha, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) estatisticamente, obviamente por causa do tratamento em diferentes estágios de maturação. Esses resultados não estabeleceram efeito negativo significativo

($p \leq 0,05$) sobre o perfil da farinha de fruta-pão e, portanto, pode ser adotado como pré-tratamentos para estabilizar a qualidade da farinha de fruta-pão durante o armazenamento.

Segundo Gomes e Oliveira (2012), valores de a_w de 0,2 a 0,3 são ótimos para alimentos desidratados, proporcionando vida útil máxima, pois acima desse valor reações químicas começam a ocorrer. Para nosso estudo, os valores para atividade não obtiveram diferença significativa ($p \leq 0,05$).

5.5 Determinação da cor

A definição de cor baseada nos valores representadas através das coordenadas X, Y, Z são convertidas pelo usualmente sistema CIELAB, que é um sistema que resulta na medição de 5 parâmetros (L^* , a^* , b^* , C^* e $^{\circ}\text{Hue}$) e estão expressos na Tabela 08. O L^* é o eixo central da luminosidade, que vai de uma escala de 0 a 100, representando o percurso do espaço de cor desde o preto ao branco; o a^* é o eixo que representa a variação entre o verde (quando valores negativos) e vermelho (quando valores positivos), eixo b^* que representa a variação de azul (quando valores negativos) e amarelo (quando valores positivos). Valores de C^* indicam a saturação, pureza ou intensidade da cor, e o ângulo h ($^{\circ}\text{hue}$), indica a tonalidade da amostra e varia de 0° e 360° para o tom vermelho; e 90° o amarelo, 180° o verde e 270° o azul (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Tabela 08: Valores (média \pm desvio padrão) dos parâmetros de cor para a polpa e farinha da fruta pão.

| Parâmetros | Tratamentos | | | |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 |
| L^* | 61,16 ^a \pm 0,26 | 59,23 ^a \pm 0,20 | 53,21 ^b \pm 0,12 | 48,00 ^c \pm 0,11 |
| + a^* | 3,7 ^a \pm 0,12 | 3,6 ^a \pm 0,11 | 3,2 ^b \pm 0,02 | 3,4 ^b \pm 0,09 |
| + b^* | 45,81 ^b \pm 0,11 | 38,81 ^c \pm 0,01 | 43,34 ^a \pm 0,11 | 42,10 ^a \pm 0,10 |
| c^* | 24,63 ^a \pm 0,03 | 23,00 ^a \pm 0,17 | 23,17 ^a \pm 0,10 | 21,27 ^b \pm 0,12 |
| h^* | 85,44 ^b \pm 0,21 | 83,17 ^a \pm 0,11 | 83,69 ^a \pm 0,08 | 81,44 ^a \pm 0,01 |

*Medias seguida da mesma letra na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *T1=polpa madura *in natura*, T2= polpa verde *in natura*, T3= farinha da polpa madura, T4=farinha da polpa verde.

Os valores expostos na tabela 08 reportam valores de 48,00 a 61,16 para luminosidade, valor próximos ao negativo para coordenada a^* , ou seja, tom mais perto do verde, e com valor positivo para coordenada b^* , apresentando tom amarelado, uma cor com intensidade ou saturação (C^*), sendo a tonalidade $^{\circ}$ Hue bastante próxima ao amarelo. A cromaticidade indica a saturação ou intensidade da cor, mostrando frutos com intensidade de cor amarelada. Para o ângulo Hue (H), os tratamentos apresentaram valores entre 81,00 a 85,13, mostrando tonalidade amarelada.

Segundo Silva *et al.* (2012), a qualidade e o procedimento tecnológico da farinha são um fator de grande importância para as indústrias de matérias-primas e para os consumidores desse produto. A coloração da farinha constitui um parâmetro muito importante para sua qualidade, comercialização e utilização como ingrediente em diversas formulações de produtos. É de interesse que o produto apresente intensidade e uniformidade de coloração, a qual pode ser avaliada na casca e na polpa de frutas e hortaliças (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

5.6 Compostos bioativos da fruta-pão (*Artocarpus altilis*).

Os dados sobre as concentrações iniciais de compostos bioativos e a nos extratos da polpa (T1 e T2) e da farinha (T3 e T4) da fruta-pão são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Teor de fenólicos totais e Flavonoides totais das amostras de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) dos 4 Tratamentos nas 2 extrações.

| Características | Tratamentos | | | | | | | |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| | (Ext.1) | (Ext.1) | (Ext.1) | (Ext. 1) | (Ext. 2) | (Ext. 2) | (Ext. 2) | (Ext.2) |
| Fenólicos totais ($\mu\text{mol TE/g BS}$) | 17,12 ^a \pm 0,01 | 19,11 ^a \pm 0,00 | 28,11 ^c \pm 0,01 | 32,15 ^d \pm 0,01 | 21,16 ^b \pm 0,00 | 22,18 ^b \pm 0,00 | 23,27 ^{ab} \pm 0,02 | 20,36 ^a \pm 0,00 |
| Flavonoides totais ($\mu\text{mol TE/g BS}$) | 17,98 ^a \pm 0,01 | 18,01 ^a \pm 0,00 | 20,20 ^b \pm 0,00 | 20,21 ^b \pm 0,00 | 18,03 ^a \pm 0,01 | 18,78 ^a \pm 0,00 | 17,72 ^a \pm 0,03 | 18,78 ^a \pm 0,01 |

* BS: Base Seca. *ext.1= extração aquosa, ext. 2= extração etanoica. *T1=polpa madura in natura, T2= polpa verde in natura, T3= farinha da polpa madura, T4=farinha da polpa verde*Medias seguida da mesma letra na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de fenólicos totais foi determinado pelo uso de reagente fenólico de Folin Ciocalteau, onde alguns componentes como ácido cítrico e açúcares têm efeito interferente nesta análise. Os compostos fenólicos fazem parte do metabolismo secundário dos vegetais, participando de maneira importante na defesa da planta (SHINWARI and RAO, 2018). De acordo com os dados (Tabela 9), o T4 (32,15 $\mu\text{mol TE/g BS}$) da extração 1, obteve resultados maiores que os demais tratamentos para fenólicos totais, diferenciando-se significativamente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos.

Quanto ao teor de flavonoides, observa-se diferença significativas ($p < 0,05$) entre as médias que variaram de 20,20 e 20,21 $\mu\text{mol TE/g BS}$ em ambas extrações.

Verifica-se um pequeno aumento dos valores desse parâmetro para os tratamentos 3 e 4 da extração 1. Os flavonoides têm apresentado grande interesse científico por causa de seus efeitos benéficos sobre a saúde humana. Os flavonoides têm sido associados à atividade antiviral, antialérgica, antiplaquetária, anti-inflamatória, imunomoduladora, antitumoral e antioxidante (GONZÁLEZ-GALLEGO *et al.* 2014).

5.7 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante pode depender de vários fatores, como as condições e etapas de oxidação, a formação e estabilidade dos radicais, assim como possível localização dos antioxidantes e estabilidade em distintas fases do processamento nos alimentos (PÉREZ-JIMINEZ *et al.* 2008).

Tabela 10: atividade antioxidante da fruta-pão (*Artocarpus altilis*).

| Parâmetros | Tratamentos | | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | T1 (Ext. 1) | T2 (Ext. 1) | T3 (Ext. 1) | T4 (Ext. 1) | T1 (Ext. 2) | T2 (Ext. 2) | T3 (Ext. 2) | T4 (Ext. 2) |
| DPPH ($\mu\text{mol TE/g BS}$) | 57,00 ^b ±0,04 | 64,00 ^a ±0,04 | 51,20 ^a ±0,06 | 59,00 ^a ±0,10 | 71,00 ^a ±0,01 | 69,00 ^b ±0,02 | 65,00 ^b ±0,05 | 78,03 ^a ±0,07 |
| ABTS ($\mu\text{mol TE/g BS}$) | 59,00 ^a ±0,02 | 52,00 ^b ±0,00 | 69,01 ^a ±0,00 | 63,00 ^b ±0,01 | 36,10 ^a ±0,00 | 39,00 ^b ±0,00 | 49,00 ^b ±0,01 | 41,00 ^a ±0,00 |
| FRAP ($\mu\text{mol TE/g BS}$) | 43,00 ^a ±0,00 | 46,00 ^a ±0,03 | 39,22 ^b ±0,004 | 44,00 ^a ±0,011 | 71,00 ^a ±0,03 | 69,00 ^a ±0,03 | 78,00 ^a ±0,02 | 88,34 ^b ±0,01 |

*TE: Equivalente de Trolox; BS: Base Seca. *ext.1= extração aquosa, ext. 2= extração etanoica. *T1=polpa madura in natura, T2= polpa verde in natura, T3= farinha da polpa madura, T4=farinha da polpa verde

*Medias seguida da mesma letra na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A atividade antioxidante dos pós-determinados pelos ensaios ABTS, DPPH, FRAP variou de 69,01 a 36,10 $\mu\text{M TE/g}$; 78,03 a 51,20 $\mu\text{M TE/g}$; 88,11 a 39,00 $\mu\text{M TE/g}$, respectivamente.

Para o ensaio ABTS, a extração 1, farinha da polpa (Tratamentos T3 e T4) apresentaram maior atividade antioxidante, e obtiveram diferença significativa ($p > 0,05$) entre-se; mas em relação ao ensaio DPPH, a atividade antioxidante, destacando os tratamentos 1 e 4, obtiveram os maiores resultados para a extração 2. Segundo, Alam *et al.* (2013), o método ABTS é um método de descoloração e é aplicável aos antioxidantes hidrofílicos, no caso de compostos fenólicos presentes no objetivo de estudo desse trabalho.

O DPPH mostrou maior atividade antioxidante para extração 2, ressaltando-se o maior resultado 78,03 $\mu\text{mol TE/g}$ para o tratamento 4. O menor teor de atividade antioxidante para esse método foi 51, 20 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ para o T3 da extração 1.

O método FRAP (Poder Antioxidante do Ferro) mede a capacidade dos antioxidantes presentes na amostra de reduzir o íon férrico (Fe^{3+}) para íon ferroso (Fe^{2+}), e esta redução é monitorada a partir da medição da absorbância a 593 nm, utilizando espectrofotômetro com matriz de diodos. Os resultados obtidos com o método FRAP, variaram numa faixa de 39,22 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ a 88,34 $\mu\text{mol}/100\text{g}$.

O menor teor de atividade antioxidante de 39,22 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ foi observado no T3, da Ext.1, no qual o solvente utilizado foi a água, e a maior atividade antioxidante foi de 88, 34 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ no T4, da Ext. 2 onde utilizou-se a etanol como solvente.

Comparando os dois extratos, a atividade antioxidante foi maior nos extratos etanoicos da farinha de fruta-pão, com destaque para o tratamento 4; esse resultado pode estar relacionado com o estágio de maturação e com a concentração de seus componentes

6 CONCLUSÃO

A farinha instantânea obtida da fruta-pão apresenta características semelhantes a outros tipos de farinhas descritas na literatura, além de se manter dentro dos padrões de acidez, atividade de água e umidade, exigidos pela legislação brasileira.

A fruta-pão em pó obtido pela secagem em estufa de circulação e renovação de ar, apresenta-se com boas características para ser utilizado em outros produtos, especialmente na panificação, sendo uma alternativa para a indústria alimentícia, podendo obter qualidade tecnológica dos produtos.

A inclusão da secagem da fruta-pão, pelo método da estufa por ar quente, se mostrou uma verdadeira ferramenta na proteção das características físico-químicas e químicas do fruto *in natura*. Os resultados mostram que houve uma retenção de compostos bioativos, principalmente nas amostras da extração aquosa, evidenciando que o produto desidratado da fruta-pão, é uma fonte viável desses compostos. Para os compostos fenólicos observou-se um aumento de valores para os tratamentos da extração aquosa, a atividade antioxidante foi maior nos extratos etanoicos da farinha de fruta-pão, com destaque para o tratamento da farinha da polpa verde.

Quanto aos teores de água, cinzas, pH, acidez, lipídios, proteínas, foi observado uniformidade entre as amostras analisadas tanto para os produtos *in natura*, quanto após o processo de secagem, com poucas exceções.

Na análise de cor da polpa e farinha da fruta pão, todas as médias de coloração localizaram-se no primeiro quadrante, nas tonalidades de verde e amarelo.

Diante do exposto, o aproveitamento da fruta-pão desidratada, mostrou-se viável, apresentando características favoráveis para o consumo, representando uma opção para o aproveitamento e comercialização da fruta, de impacto significativo para fruticultura brasileira.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo a fruta-pão mais abundante nos locais menos favorecidos do ponto de vista econômico e seu consumo ainda desconhecido e pouco difundido, justifica-se utilizar a técnica de desidratação que poderia trazer maior renda para pequenos produtores locais e maior aproveitamento desta fruta ainda pouco consumida, levando a uma diminuição do desperdício e contribuindo do ponto de vista nutricional. Assim sendo, faz-se necessário um estudo muito mais amplo quanto à aos compostos bioativos, para garantir uma maior qualidade ao produto.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUL-ENEIN, H.Y.; BERCZYNSKI, D. X.; KRUK, I. Phenolic compounds: The role of redox regulation in neurodegenerative disease and cancer. **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 13, n. 3, p. 385 - 398, 2013.

ADEBOWALEA, K. O.; OLU-OWOLABIA, B. I.; OLAWUMIA, E. K.; LAWALB, O. S. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus artilis*) starch. **Elsevier B.V.** 2005. doi:10.1016/j.indcrop.2004.05.002

ADILETTA, G.; RUSSOB, P.; SENADEERAC, M, W.; MATTEOA, DI. Características de secagem e qualidade de uva sob o pré-tratamento físico. **Jornal de Engenharia de Alimentos**, v.172, p.9-18. 2016.

AHMED, J. Drying of vegetables: principles and dryer design. Em Handbook of Vegetables and Vegetable Processing. Sinha, **N. K. Ed. Blackwell Publishing Ltd**, 279-298, 2011.

ABUAJAH, C. I.; OGBONNA, A. C.; OSUJI. C. M. Functional components and medicinal properties of food: a review. **Journal Food Science Technology** (May 2015) 52(5):2522–2529 DOI 10.1007/s13197-014-1396-5

APPIAH, F.; ODURO, I.; ELLIS, W. O. 2011. Proximate and mineral composition of *Artocarpus altilis* pulp flour as affected by fermentation. **Pakistan Journal of Nutrition** 10(7): 653–657.

ARANTES, M. B. S.; NUNES, C. R.; BETTERO, C. C. O.; GLÓRIA, L. L.; OLIVEIRA, D. B. Perfil químico e atividade antioxidante da polpa da fruta-pão (*Artocarpus altilis*). 2011: III CONFICT - Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnológica.

ARGYROPOULOS, D.; MULLER, J. Efeito da secagem convectiva na qualidade do erva-cidreira (*Melissa Officinalis L.*). Dezembro 2011. **Procedia Food Science** 1: 1932-1939 DOI: 10.1016 / j.profoo.2011.09.284

ARMESTO, J.; GÓMEZ-LIMIA. L.; CARBALLO, J.; MARTÍNEZ, S. Effects of different cooking methods on the antioxidant capacity and flavonoid, organic acid and mineral contents of Galega Kale (*Brassica oleraceavar. acephalacv. Galega*). **International Journal of Food Sciences and Nutriti**, 2019;70(2):136-149, doi: 10.1080/09637486.2018.1482530.

AROUCHA, E.M.M e SOARES, K.M.P. Características e propriedades inerentes ao mel. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 9, Ed. 114, Art. 772, 2010.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Journal Food Research International**, v. 44, p. 1866-1874, 2011.

BAKARE, H. A., OSUNDAHUNSI, O. F., ADEGUNWA, M. O. Composition and pasting properties of breadfruit (*Artocarpus communis Forst*) from south-west states of Nigeria. **Nigerian Food Journal**, 30, 11-17. 2012.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Journal Food Chemistry**, 2006;99(1):191-203.

BENZIE, I. STRAIN, J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry** 239:70-76. 1996

BETERRO, C. C.de O. Fruta-pão (*Artocarpus altilis*) uma fonte alternativa para concentrado alimentar em ovinos. 2014. 73 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro.

BODSTEIN, M. A. X. P.; SOUSA, P. A. V. de.; TORRES, I. B.; GUIMARÃES, M. H. P.; SILVA, L. G. da.; COSTA, L. E. de O. Qualidade microbiológica e caracterização Físicoquímica de fermento natural produzido a partir de fruta-pão (*Artocarpus altilis*). In: SIMPOSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR: alimentação e saúde, 5., 2015, Bento

Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de alimentos, 2015.

BORGES, L. L.; Uma abordagem sobre métodos analíticos para determinação da atividade antioxidante em produtos naturais. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer–Goiânia-GO, v. 7, n. 12, 2011.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, 28(1), 25–3. 1995

CALZAVARA, B. B. G. Fruticultura tropical: a fruta-pão (*Artocarpus altilis*) Fôsborg. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1987. 24p. il. (EMBRAPA CPATU. Documentos, 41).

CAMPBELL-PLATT, G. **Food Science and Technology**. Reading: Blackweel Publishing Ltd, 2015. 536 p.

CANIZARES, D.; MAURO, M. A. Enhancement of quality and stability of dried papaya by pectin-based coatings as air-drying pretreatment. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 6, p. 1187-1197, 2015.

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

CAVALINNI, O.F. Caracterização físico-química do amido e da farinha da fruta pão (*Artocarpus altilis*) e aplicação em pão de forma. 2015. 95 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação de Ciência e Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.

CASARIN, F.; MENDES, C. E.; LOPES, T. J.; MOURA, N. F. Planejamento experimental do processo de secagem da amorapreta (*Rubus* sp.) para a produção de farinha enriquecida com compostos bioativos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 1-9, 2016.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. – Planaltina-DF: EMBRAPA Cerrado, 2010. P. 51. 1515-5111

CHEYNIER, V. Compostos fenólicos: das plantas aos alimentos. **Phytochemistry Reviews** 11, 153-177 (2012). <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9242-8>

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA-FAEPE, 2005. 785p

COSTA, R. G.; ANDREOLA, K.; MATTIETTO, R. A.; FARIA, L. G.; TARANTO, O. P. Effect of operating conditions on the yield and quality of açai (*Euterpe*) powder produced in spouted bed. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 64, n. 2, p. 1196-1203, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.027>.

EPSTEIN, L. H. H. Fruta-pão. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Reforma Agrária, Pesca e Aquicultura, Bahia, Brasil. **Revista Bahia Agrícola**, 2000, v.4, n.1, ISSN 1414-2368

FALADE, K. O.; ONYEOZIRI, N. F. Effects of cultivar and drying method on color, pasting and sensory attributes of instant yam (*Dioscorea rotundata*) flours. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 3, p. 879-887, 2012.

FAO – **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/009/a0691e/A0691E05.htm>, acesso em 25 de maio de 2021.

FENEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fenema**. 4.ed. p.588-589. 2010

FREIRE, J.M.; ABREU, C. M. P.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. M. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Tecnologia de Alimentos • Ciência Rural** 43 (12) • Dez 2013 <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000132>

GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. C.; VILHASANTI, H. C. B.; GONÇALVES, A. A. Mathematical modeling and effective diffusion of *Schinus terebinthifolius* leaves during drying. **Engenharia de Biosistemas** • Pesqui. Agropecu. Trop. 44 (1) Mar 2014 • <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100005>

GONZALEZ D, ET AL. (2014). A supressão do mediador é regulada pelo turnover de Grr1 dependente de Cdk8 do coativador Med3. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA** 111 (7): 2500-5

GRAHAM, H. D., DE-BRAVO, E. N. (1981): Composition of the breadfruit. **Journal Food Science**. 46 (20), 535539 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04904>

GREEN, R. J. Antioxidant activity of peanut plant tissues. **MSc thesis**, North Carolina State University, USA. (2004).

HAAS, I. C. S. Resíduo obtido do processamento do suco de uva: caracterização e cinética de secagem. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2015, p. 125

HAMINIUK C.W.I.; PLATA-OVIEDO M. S.V.; GUEDES A.R.; STAFUSSA A.P.; BONA E.; CARPES S.T. Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. **Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 1529-1537, 2011.

HAMROUNI-SALLAMI, I.; RAHALI, FZ.; REBEY, IB.; BOURGOU, S.; LOMAM, F.; MARZOUK, B. Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) plants as affected by different drying method. **Food Bioprocess Technol** 6:806–817, 2013.

HORSZWALD, A.; JULIEN, H.; ANDLAUER, W. Caracterização de pós de Aronia obtidos por diferentes processos de secagem. (2013). DOI: 10.1016 / **Journal Food Chemistry**. 2013.05.103

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005

IAL (2008). Métodos químico-físicos para análises de alimentos. São Paulo. 4^o. ed. **Instituto Adolfo Lutz**, p. 1020, 2008.

JALAL, T. K.; AHMED, I. A.; MIKAIL, M.; MOMAND, L.; DRAMAN, S.; LOKMAN, M.; ISA, M. D.; RASAD, M. S. B. A.; OMAR, M. N.; IBRAHIM, M.; WAHAB, R. A. Evaluation of antioxidant, total phenol and flavonoid content and antimicrobial activities of *Artocarpus altilis* (breadfruit) of underutilized tropical fruit extracts. **Applied Biochemistry and Biotechnology** (2015) 175:3231–3243. DOI 10.1007/s12010-015-1499-0

JERÔNIMO, C. E. M. Modelagem da cinética de desidratação de caroços de jaca. C. E. M. Jerônimo, **Scientia Plena** 8, 066501. 2012

JONES, A. M. P. et al. Beyond the bounty: Breadfruit (*Artocarpus altilis*) for food security and novel foods in the 21st century. **Ethnobotany Research and Applications**, [s.l.], v. 9, n. 2011, p. 129–149, 2011a.

JONES, A. M. P.; BAKER, R.; RAGONE, D.; MURCH, S. J. (2013). Identificação de cultivares de fruta-pão ricas em pró-vitamina a carotenóides (*Artocarpus*, *Moraceae*) **Journal Food Compos. Anal.**, 31, págs. 51 - 61 Anal. 31 51–61.

KAJIYAMA, T.; PARK, K.J. Influência da umidade inicial da alimentação no tempo de secagem em secador atomizador. Ver. **Brasil Produção Agroindustrial**, Campina Grande, v.10, n.1, p.1-8. 2008.

KALLA, M. L. M.; JONG, E. N.; KAYEM, J. G.; M.M. SREEKUMAR. M. M.; NISHA, P. Efeito dos parâmetros de reextração e da temperatura de secagem sobre as propriedades antioxidantes e fibra alimentar de resíduos de cálices da azeda vermelha (*Hibiscus sabdariffa* L.). **Culturas e Produtos Industriais** Volume 74, 15 de novembro de 2015, páginas 680-688. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.028>

KARAM, M. C.; PETIT, J.; ZIMMER, D.; DJANTOU, E. B.; SCHERA, J. Efeitos da secagem e moagem na produção de frutas e vegetais em pó: uma revisão. **Journal**

of **Food Engineering** Volume 188, Novembro de 2016, páginas 32-49
doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001

KATALINIC, V.; MOZIN, S.; GENEALIC, L.; SKROZA, D.; LJUBENKOV I.; KLANCNIK, A. Phenolic Profile, antioxidant capacity, and antimicrobial activity of leaf extracts from six vitisviniferaL. Varieties. **International Journal of Food Properties** 16:45–60, 2012.

KUSKOSKI, E. M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Food Science and Technology** (Campinas), v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.

LEE, E. H., YEOM, H. J., HA, M. S., BAE, D. H. Development of banana peel jelly and its antioxidant and textural properties. **Food Science and Biotechnology** 2010; 19(2): 449-55.

LIMA, A. Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*caryocar brasiliense, camb.*). Tese. [Doutorado em Bromatologia] - Universidade de São Paulo; 2008.

MACHADO, A. V.; OLIVEIRA, E. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, J. A.; FREITAS, L. M. Avaliação de um secador solar sob convecção forçada para a secagem do pedúnculo de caju. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.1, p. 01 - 07 janeiro/março de 2011.

MARIE-MAGDELEINE, C.; MAHIEU, M.; LASTEL, M. L.; ARCHIMEDE, H. In vitro evaluation of the nematocidal value of *Artocarpus attilis* (Parkinson) var. seminífera and non seminifera and *Terminalia cattapa* L. against *Haemonchus contortus*. **Advances in Animal Biosciences**, n. 2, v.1, p.440-441, 2010.

MALOMO, S. A., ELEYINMI, A. F. AND FASHAKIN, J. B. Chemical composition, rheological properties and bread making potentials of composite flours from

breadfruit, breadnut and wheat. **African Journal of Food Science** 5(7): 400–410. 2011

MARTINS, G. R.; SILVA, R. M. G. Reprodução sexuada, morte e antioxidantes. **Aprendendo Ciência**, v. 4, n. 1, p. 58-62, 2015.

MELO, E. D. A. Capacidade antioxidante de frutas. **Revistas Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.

MICHAILIDIS, P. A.; KROKIDA, M. K. Drying and dehydration processes in food preservation and processing. **Food Processing Technologies**, p. 1-32, 2015.

MOLNÁR-PERL, I.; FÜZFAI, Z.; Chromatographic, capillary electrophoretic and capillary electrochromatographic techniques in the analysis of flavonoids. **Journal Chromatogr.**, A 2005, 1073, 201.

MONTENEGRO, J.; ANICETO, A.; ABREU, J. P.; TEODORO, A. J. Características físico-químicas e atividade antioxidante de frutas da região amazônica. 69ª Reunião Anual da SBPC - 16 a 22 de julho de 2017 - UFMG - Belo Horizonte/MG.

MOON, J.K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant assays for plant and food components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, p. 1655-1666, 2009.

MOO-HUCHIN, V. M., MOO-HUCHIN, M. I., ESTRADA-LEÓN, R. J., CUEVAS-GLORY, L., ESTRADA- MOTA, I. A., ORTIZ-VÁZQUEZ, E. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. **Food Chemistry**, 166, 17–22. 2015

MOREIRA, D. K. T.; CARVALHO, A. V.; Oliveira, J. A. R.; MARTINS, L. H. S.; SILVA, Z. R.; GONÇALVES, A. C. S. Caracterização físico-química de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) da variedade apyrena. In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, 7., 2007, Campinas. Resumos. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e tecnologia de alimentos, 2007a.

NORA, C. D.; MÜLLER, C. D.; BONA, G. S.; RIOS, A. O.; HERTZ, P. F.; JABLONSKI, A.; JONG, E. V.; FLÔRES, S. H. Efeito do processamento na estabilidade de compostos bioativos de goiaba vermelha (*Psidium cattleianum Sabine*) e guabiju (*Myrcianthes pungens*). **Journal of Food Composition and Analysis**. Volume 34, Edição 1, maio de 2014, páginas 18-25 <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.01.006>

NWOKOCHA, C. R.; OWU, D. U.; MCLAREN, M.; MURRAY, J.; DELGODA, R.; THAXTER, K.; MCCALLA G.; YOUNG, L. (2012). Possible mechanisms of action of the aqueous extract of *Artocarpus altilis* (breadfruit) leaves in producing hypotension in normotensive Sprague–Dawley rats, **Pharmacological Biology**. 50 1096–1102.

OCHOA-MARTÍNEZ, C. I.; QUINTERO, P. T.; AYALA, A. A.; ORTIZ, M. J. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. **Journal of Food Engineering**, 109, 69-75, 2012.

OIKONOMOPOULOU, V. P. & KROKIDA, M. K. (2013) Novel aspects of formation of food structure during drying. **Drying Technology**, 31: 9, 990-1007, DOI: 10.1080 / 07373937.2013.771186

OLIVEIRA, L. F.; GODOY, R. L. O.; BORGES, S. V. Qualidade de jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Lam.) desidratada sob diferentes condições de processo. **Brazil Journal Food Technology, Campinas**, v. 14, n. 3, p. 241-248, jul./set. 2010 DOI: 10.4260/BJFT2011140300029

ORDÓÑEZ, J. A. Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: **Artmed**, 2005. v. 1, 254 p.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J., et al. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, v. 41, p. 274–285, 2008.

PRIOR, R. L.; CAO, G. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. **Journal Free Radical Biology & Medicine.**, Orlando, v.27, n.11/12, p.1173-1181, 1999.

RAHIMMALEK, M.; GOLI, S. M. Evaluation of six drying treatments with respect to essential oil yield, composition and color characteristics of *Thymys daenensis* subsp. *daenensis*. Celak leaves. **Journal Industrial Crops and Products.** 42:613–61, 2013.

RAVICHANDRAN, V.; VASANTHI, S.; SHALINI, S.; SHAH, S. A. A.; HARISH, R. Green synthesis of silver nanoparticles using *Atrocarpus attilis* leaf extract and the study of their antimicrobial and antioxidant activity. **Materials Letters**, v. 180, p. 264–267, 2016. doi: 10.1016/j.matlet.2016.05.172

RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., & RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, 26, 1231–1237. 1999

REZENDE, Y. R. R. S., NOGUEIRA, J. P., NARAIN, N. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry** 254, 2018 281–29, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.026>

RIASARI, H.; ULFAH, M.; PRAYUGO, D.; KOMARIAH, N. A. Antibacterial and antifungal activities of various bread fruit leaves (*Artocarpus attilis* (Parkinson) Fosberg). **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 8, n. 3, p.1066-1073, 2017.

RIBEIRO, L. de O. Caracterização fenotípica de frutos e seleção de genótipos de fruteira-pão de municípios do Recôncavo Baiano. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2015. 48 f

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes Brasileiras de Carotenoides**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008.

ROMERO, J. T.; GABAS, A. L.; YAMASHITA, F.; TELIS, V. R. N.; MENEGALLI, F. C. **Secagem de produtos alimentícios**, São José do Rio Preto: UNESP, 1997. p. 58.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 8 non-traditional tropical fruits from Brasil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010

SABLANI, S. S.; ANDREWS, P. K.; DAVIES, N. M.; WALTERS, T.; SAEZ, H.; BASTARRACHEA, L. Effects of air and freeze drying on phytochemical content of conventional and organic berries, **Drying Technology**, 29: 2, 205- 216, 2011. DOI: 10.1080 / 07373937.2010.483047

SACRAMENTO, C. K. do; LEITE, J. B. V.; CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. M. O. do. Fruta-pão. Capítulo 9. P. 185-200. In: SANTOS-SEREJO, J. A. dos; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. da S. Fruticultura Tropical: espécies regionais e exóticas. 1ª edição. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2009. 509 p.

SAGAR, V. R.; KUMAR, P. Suresh. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 1, p. 15-26, 2010.

SAROWER, K., UDDIN, M. B., JUBAYER, M. D. F. An Approach to Quality assessment and detection of adulterants in selected commercial brands of jelly in Bangladesh. **Croatian Journal of Food technology, Biotechnology and Nutrition** 10 (1-2), 50-58, 2015.

SCALBERT, A.; AUCLAIR, S.; SILBERBERG, M.; GUEUX, E.; MORAND, C.; MAZUR, A.; MILENKOVIC, D. Polifenóis e fibras de maçã atenuam a aterosclerose em camundongos deficientes em apolipoproteína E. **Journal of Agricultural and**

Food Chemistry. 23 de julho de 2008; 56 (14): 5558-63. doi: 10.1021 / jf800419s. Epub 2008, 18 de junho

SEAGRI - **SECRETARIA DE AGRICULTURA, IRRIGAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA**, BAHIA. Cultura – Fruta-pão. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/fruta-pão.html>. acesso em: 20 de janeiro de 2021.

SHAHIDI, F.; ZHONG, Y. Measurement o antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, v.18, p. 757-781, 2015.

SHINWARI, Z. K. ET AL. Identification and phylogenetic analysis of selected medicinal plant species from Pakistan: Dna barcoding approach. **Pakistan Journal of Botany**. 50(2): 553-560, 2018.

SINGLETON, V. L., & ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, 20(2), 144-158, 1965

SINGH, G.; PASSSARI, A. K.; LEO, V. V.; MISHRA, V. K.; SUBBARAYAN, S.; SINGH, B. P.; NACHIMUTHU, S. K. Evaluation of phenolic content variability along with antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic potential of selected traditional medicinal plants from India. **Frontiers in plant science**, v. 7, 2016

SILVA, G. V.; FERREIRA, E. S.; ANDRADE, R. B.; MACHADO, B. A. S.; QUADROS, C. P.; UMSZA-GUEZ, M. A. Influência da temperatura de secagem sobre os compostos fenólicos em resíduos de uvas. XXV Congresso de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Alimentação: a árvore que sustenta a vida, 24 a 27 de outubro de 2016, UFRGS, Gramado - RS.

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**, v.42, n.6, jun, 2012.

SOUZA, C. T.; SOARES, S. A. R.; QUEIROZ, A. F. S.; SANTOS, A. M. P.; FERREIRA, S. L. C. Determination and evaluation of the mineral composition of breadfruit (*Artocarpus altilis*) using multivariate analysis technique. **Microchemical Journal**, v. 128, p. 84–88, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2016.04.001>

SOUZA, D. S. J.; SOUZA, J.; COUTINHO, J. P.; FERRAO, S. P. B.; SOUZA, T. S.; SILVA, A. A. L. Preparation of instant flour from the pulp of breadfruit (*Artocarpus altilis*), **Ciência Rural** 42 (2012) 1123–1129

SOUZA, C. T.; SOARES, S. A. R.; QUEIROZ, A. F. S.; SANTOS, A. M. P.; FERREIRA, S. L. C. Determination and evaluation of the mineral composition of breadfruit (*Artocarpus altilis*) using multivariate analysis technique. **Microchemical Journal**, v. 128, p. 84–88, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2016.04.001>

STANKOVIC, M.; NICIFOROVIC, N.; MIHAJLOVIC, V.; TOPUZOVIC, M.; SOLUJIC, S. Antioxidant activity, total phenolic content and flavonoid concentrations of different plant parts of *Teucrium polium* L. subsp. *polium*. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae** 81:117–122, 2012.

SUCUPIRA, N. R. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **Journal of Health Sciences**, v. 14, n. 4, 2012.

TACO, **Tabela brasileira de composição de alimentos/ NEPA-UNICAMP**. 4ª edição, Campinas, SP, 2011, 164 p.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, 19(6–7), 669–675. 2006

TIJANI1, A. O.; BAKARE, H. A.; BABAJIDE, J. M.; OMEMU, A. M. The effect of processing parameters on the functional and pasting properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) “elubo” flour. **Croat. Journal Food Science Technology**. (2017) 9 (1) 31-39. DOI: 10.17508/CJFST.2017.9.1.05

TIVERON, A. P. Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos, Piracicaba, 2010.

TURI, C. E., LIU, Y., RAGONE, D. & MURCH, S. J. (2015). Fruta-pão (*Artocarpus altilis* e híbridos): Uma cultura tradicional com potencial para prevenir a fome e mitigar o diabetes na Research, **Society and Development**, v. 9, n. 12, e33891211044, 2020(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.1104428>.

WAHYUNINGSIH, S.; WULANDARI, L.; WARTONO, M. W.; MUNAWAROH, H.; RAMELAN, A. H. The effect of pH and color stability of anthocyanin on food colorant. IOP Conf. Series: **Materials Science and Engineering** 193 (2017) 012047 doi:10.1088/1757-899X/193/1/012047

WINTERBOURN, C. C. Reconciling the chemistry and biology of reactive oxygen species. **Nature Chemical Biology**, v. 4, n. 5, p. 278-286, 2008.

VASCONCELOS, T. B. Radicais livres e antioxidantes: Proteção ou perigo? **Journal of Health Sciences**, v. 16, n. 3, 2015.

VIANA, E.S.; MAMEDE, M.E.O.; CARVALHO, L.D.; FONSECA, M.D. Desenvolvimento de geleia de umbu-cajá convencional e dietética. **Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal, SP**, v. 37, n. 3, p. 708-717, setembro, 2015.

VIDIGAL, M. C. T. R.; MINIM, V. P. R.; CARVALHO, N. B.; MILAGRES, M. P.; GONÇALVES, A.C.A. Effect a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: Açai (*Euterpe oleracea* Mart.), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Cajá (*Spondias lutea* L.) and Umbu (*Spondias tuberosa* Arruda). **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1988 – 1996, 2011.

VUONG VQ.; GOLDING, B. J.; NGUYEN, H. M.; ROACH, D. P. Production of caffeinated and decaffeinated green tea catechin powders from underutilized old tea leaves. **Journal of Food Engineering** 110:1–8. 2011.

WIDYASTUTI, T. E. W; SRIANTA, I. Development of functional drink based on foam-mat dried papaya (*Carica papaya* L.): optimisation of foam-mat drying process and its formulation. **International Journal of Food, Nutrition and Public Health**, v. 4, n. 2, p. 167-176, 2011.

XU, C. C.; WANG, B.; PU, Y. Q.; TAO, J. S.; ZHANG, T. Advances in extraction and analysis of phenolic compounds from plant materials. **Chinese Journal of Natural Medicines**, v. 15, n.10, p. 721-731, 2017.

YANG, J.; GADI, R.; PAULINO, R.; THOMSON, T. Total phenolics, ascorbic acid, and antioxidant capacity of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder as affected by illumination during storage. **Food Chemistry**, v. 122, n. 3, p. 627-632, 2010.