



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO



DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO DE FRUTA-PÃO (*Artocarpus altilis*) MINIMAMENTE
PROCESSADA COM UTILIZAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS**

ANGÉLICA DE KÁSSIA BARBOSA FLÔR

Recife

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



ANGÉLICA DE KÁSSIA BARBOSA FLÔR

**CARACTERIZAÇÃO DE FRUTA-PÃO (*Artocarpus altilis*) MINIMAMENTE
PROCESSADA COM UTILIZAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA: Prof.^a Dra. Maria Inês Sucupira Maciel

Recife

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Nome da Biblioteca, Recife-PE, Brasil

F632c Flôr, Angélica de Kássia Barbosa
Caracterização de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) minimamente processada
com utilização de ácidos orgânicos / Angélica de Kássia Barbosa Flôr. – 2017.
66 f. : il.

Orientadora: Maria Inês Sucupira Maciel.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Recife, BR-PE,
2017.
Inclui referências.

1. Processamento mínimo 2. Vida útil 3. Biodiversidade 4. Plantas
silvestres I. Maciel, Maria Inês Sucupira, orient. II. Título

CDD 664



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



**CARACTERIZAÇÃO DE FRUTA-PÃO (*Artocarpus altilis*) MINIMAMENTE
PROCESSADA COM UTILIZAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS**

Por Angélica de Kássia Barbosa Flôr

Essa dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em __/__/__ pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em sua forma final.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Enayde de Almeida Melo - Presidente da Banca
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Dra. Edleide Maria Freitas Pires - Membro Interno
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.^a Dra. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos - Membro Externo
Universidade Federal de Pernambuco

A Deus, o Autor e Consumador da minha Fé.
À Lourdes Flôr (*In memoriam*), razão de tudo.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

- ♥ A Deus razão do meu viver. A Ele seja dada Glória.
- ♥ Aos meus pais pelo amor e confiança.
- ♥ À minha irmã por compartilhar comigo os momentos de alegrias e também de tristezas, nesta caminhada para a realização do meu sonho.
- ♥ À minha família, ela inteira, pelo acompanhamento, apoio, compreensão e colaboração principalmente nos momentos de dificuldade.
- ♥ De uma forma muito particular e especial, a Prof.^a Dra. Maria Inês, pela orientação, pelo zelo, pela atenção e disponibilidade nos esclarecimentos de dúvidas e por ser, de fato, uma educadora.
- ♥ Aos demais professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRPE, pelos ensinamentos transmitidos ao longo desta jornada.
- ♥ Ao sr. Zé Barros, por ter cedido as frutas e por sua gentileza e disponibilidade de sempre! Ao sr. Carlos Renato, por ter cedido as embalagens. Meu eterno obrigada!!!
- ♥ À Jaqueline Ferreira, técnica do Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos, pelo suporte e disponibilidade sempre.
- ♥ À Prof.^a Edleide Freitas e toda equipe do DTR-UFRPE, pela total disponibilidade e apoio.
- ♥ À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Departamento de Ciências Domésticas por conceder a infraestrutura para a realização deste projeto.
- ♥ À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.
- ♥ A banca examinadora e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para que este trabalho atingisse os objetivos propostos.

*Que darei eu ao Senhor, por todos os
benefícios que me tem feito?*

Salmos 116:12

RESUMO

Fruta-pão (*Artocarpus altilis*) é descrita como importante fonte alimentar na dieta de diversos países, sendo considerada um recurso alimentar valioso e com potencial para impactar positivamente a segurança alimentar no mundo. Objetivou-se avaliar as características físico-químicas da fruta-pão minimamente processada. Foram processados vinte quilos de fruta-pão por lavagem, sanitização, descascamento, cortado em meia lua (15x5x5 cm). Os doze quilos resultantes foram separados em dois grupos, sem e com tratamento por imersão em solução contendo 2 % de ácido cítrico, 0,2 % de ácido ascórbico e 5% de cloreto de cálcio por 05 minutos. As amostras foram drenadas e porções de 200 g foram embaladas em bandejas de poliestireno expandido, cobertas com policloreto de polivinila com 20 μ e armazenadas a $6^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 15 dias. A composição química, características físicas, compostos bioativos, atividade antioxidante e o comportamento microbiano foram determinadas a cada dois dias. Os resultados evidenciaram que não houve diferença ($p < 0,05$) apenas entre o pH e a Aa. Houve uma relação direta entre o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante das amostras analisadas. As amostras com tratamento apresentaram maiores conteúdos de fenólicos totais maior atividade antioxidante, tanto utilizando os radicais DPPH \cdot como os radicais ABTS \cdot^{+} . Do ponto de vista microbiológico o produto se encontra apto para o consumo, por até 5 dias. Conclui-se que a adição de solução melhoradora foi útil para garantir melhor efeito nas características físico-química da fruta, tendo a amostra com tratamento apresentado melhores resultados. Porém, faz-se necessário um estudo mais amplo quanto à atividade enzimática desta fruta, para garantir uma maior qualidade visual do produto.

Palavras-chave: processamento mínimo; vida útil; biodiversidade; plantas silvestres.

ABSTRACT

Breadfruit (*Artocarpus altilis*) is described as an important food source in the diet of several countries and is considered a valuable food resource with the potential to positively impact food security in the world. The objective was to evaluate the physicochemical characteristics of the minimally processed breadfruit. Twenty kilos of breadfruit was processed by washing, sanitizing, peeling, cut into half moon (15x5x5 cm). The resulting twelve kilograms were separated into two groups, without and with immersion treatment in solution containing 2% citric acid, 0.2% ascorbic acid and 5% calcium chloride for 5 minutes. The samples were drained and 200 g portions were packed in trays of expanded polystyrene, covered with polyvinyl polyvinyl chloride with 20 μ and stored at $6^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ for 15 days. The chemical composition, physical characteristics, bioactive compounds, antioxidant activity and microbial behavior were determined every two days. The results showed that there was no difference ($p < 0.05$) only between pH and Aa. There was a direct relationship between the total phenolic content and the antioxidant capacity of the analyzed samples. The treated samples had higher total phenolic contents and higher antioxidant activity, both using DPPH radicals. like the radicals ABTS. +. From the microbiological point of view the product is fit for consumption, for up to 5 days. It was concluded that the addition of preservative solution was useful to guarantee a better effect on the physical-chemical characteristics of the fruit, and the sample with treatment presented better results. However, a broader study of the enzymatic activity of this fruit is necessary to guarantee a higher visual quality of the product.

Key Words: minimal processing; lifespan; biodiversity; wild plants.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

- Figura 1.** Fruta-pão (*Artocarpus altilis*) 18
- Figura 2.** Fluxograma básico do processamento mínimo de frutas e hortaliças 23
- Figura 3.** Estrutura de compostos fenólicos: Fenol e Catecol 25

ARTIGO 1

- Figura 1.** Fluxograma do processamento mínimo da fruta-pão 38
- Figura 2.** Valores médios e desvio padrão de pH de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 45
- Figura 3.** Valores médios e desvio padrão de Atividade de água (Aa) de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 45
- Figura 4.** Valores médios e desvio padrão de Acidez Titulável (mg de ácido cítrico.100g⁻¹) de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 46
- Figura 5.** Valores médios e desvio padrão de Sólidos Solúveis (SS) em ° Brix de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 47
- Figura 6.** Valores médios e desvio padrão de Firmeza da polpa de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 49

- Figura 7.** Valores médios e desvio padrão de Perda de Massa de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 49
- Figura 8.** Aspecto superficial de fruta-pão minimamente processada sem e com tratamento durante tempo inicial e final de armazenamento a 6° C 50
- Figura 9.** Valores médios e desvio padrão de L* de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 51
- Figura 10.** Valores médios e desvio padrão de a* de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 51
- Figura 11.** Valores médios e desvio padrão de b* de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 52
- Figura 12.** Valores médios e desvio padrão do Índice de Brancura de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 53
- Figura 13.** Valores médios e desvio padrão do Índice de Escurecimento de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento 54
- Figura 14.** Comportamento da microbiota de fruta-pão minimamente processada e armazenada sob refrigeração 59

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Composição química da fruta-pão | 20 |
|--|----|

ARTIGO 1

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Valores médios e desvio padrão de ácido ascórbico ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento | 48 |
| Tabela 2. Composição química ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de fruta-pão minimamente processada | 55 |
| Tabela 3. Teores de fenólicos totais em fruta-pão minimamente processada ($\text{mg GA}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de amostra fresca) | 56 |
| Tabela 4. Capacidade antioxidante (EC_{50} em $\mu\text{g}/\text{ml}$) do extrato aquoso da fruta-pão minimamente processada, utilizando o radical livre DPPH \cdot | 57 |
| Tabela 5. Capacidade Antioxidante Total Equivalente ao Trolox (μmol de Trolox/g de amostra) pelo método ABTS $^{\cdot+}$ para extrato aquoso de fruta-pão minimamente processada | 58 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2. OBJETIVOS..... | 15 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 15 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 15 |
| 3. PROBLEMA DA PESQUISA E HIPÓTESE..... | 16 |
| 4. REVISÃO DE LITERATURA..... | 17 |
| 4.1 Fruta-pão (<i>Artocarpus altilis</i>)..... | 17 |
| 4.2 Processamento mínimo..... | 20 |
| 4.3 Compostos Fenólicos..... | 24 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 27 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 33 |
| ARTIGO 1 – IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE SOLUÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS E CLORETO DE CÁLCIO NA QUALIDADE DE FRUTA-PÃO MINIMAMENTE PROCESSADA | |
| Resumo..... | 33 |
| Abstract..... | 34 |
| Introdução..... | 35 |
| Material e Métodos..... | 37 |
| Resultados e Discussão..... | 44 |
| Conclusão..... | 61 |
| Considerações Finais..... | 62 |
| Referências Bibliográficas..... | 63 |

1. INTRODUÇÃO

As frutas e hortaliças exercem um papel fundamental na nutrição humana, constituindo fontes indispensáveis de nutrientes como vitaminas, minerais e fibras. Por apresentarem um alto conteúdo de umidade (cerca de 80%) são altamente perecíveis e por isso, devem ser mantidas em refrigeração ou processadas o mais rapidamente possível após a colheita, a fim de diminuir as perdas. Em alguns países de clima tropical e subtropical, estas perdas podem chegar a 40-50% da produção devido à inadequada refrigeração, transporte e armazenamento. O principal objetivo do processamento de alimentos é convertê-los em produtos mais estáveis que possam ser estocados por longos períodos, evitando perdas e possibilitando a conservação de seus compostos bioquímicos (JAYARAMAN e DAS GUPTA, 1992; BUCKLEY, COWAN e MCCARTHY, 2007; BAIER *et al.*, 2014).

Nos últimos anos, os vegetais estão sendo consumidos com mais frequência devido a seus benefícios nutricionais. Isto levou ao desenvolvimento de uma ampla variedade de produtos à base de vegetais, dentre eles, os minimamente processados (RAMOS *et al.*, 2013). Os consumidores devem obter seus nutrientes, antioxidantes, compostos bioativos e fitoquímicos a partir de uma dieta equilibrada com uma grande variedade de frutas, legumes, grãos integrais e outros alimentos de origem vegetal para uma ótima nutrição, saúde e bem-estar (LIU, 2013).

O Ministério da Saúde visando o desenvolvimento de estratégias para a promoção e a realização do direito humano à alimentação adequada criou o Guia Alimentar para a População Brasileira. As recomendações deste Guia visam à promoção da saúde na sociedade brasileira como um todo. O guia sugere que alimentos *in natura* ou minimamente processados, em grande variedade e predominantemente de origem vegetal, sejam a base para uma alimentação nutricionalmente balanceada, saborosa, culturalmente apropriada e promotora de um sistema alimentar socialmente e ambientalmente sustentável (BRASIL, 2014, p.11).

A elevada busca por produtos prontos para consumo, com qualidade de frescos e contendo apenas ingredientes naturais é uma tendência. A crescente demanda por alimentos frescos, saudável, nutritivo e pronto para consumo, tem estimulado a expansão dos mercados de frutas e hortaliças minimamente processadas em todo o mundo (XIAO *et al.*, 2011; ALARCÓN-FLORES *et al.*, 2014).

Para expandir ainda mais o mercado de alimentos minimamente processados, é necessário o desenvolvimento de técnicas de conservação que mantenham a qualidade nutricional, sensorial e segurança microbiológica do produto. Vários estudos têm proposto estratégias alternativas na preservação destes produtos, visando retardar os fenômenos de deterioração induzidos pela resposta do fermento no tecido (ALMENAR *et al.*, 2007; CONSIDINE *et al.*, 2008; RAMAZZINA *et al.*, 2015). Algumas pesquisas se concentram na contribuição de embalagem em atmosfera modificada, exposição à luz UV, plasma frio na inibição do escurecimento enzimático e aplicação de ácidos orgânicos (AGUAYO *et al.*, 2010; MARZOCCO *et al.*, 2011; RAMAZZINA *et al.*, 2015; CHEN *et al.*, 2016).

Fruta-pão é amplamente cultivada em várias partes do mundo, sendo pouco utilizada. Recentemente estudos realizados pelo *Breadfruit Institute – National Tropical Botanical Garden* tem analtencido sua importância nutricional e cultural incentivando sua utilização em diferentes produtos, com o objetivo de incrementar o seu consumo. O processamento mínimo seria uma alternativa viável por manter as características naturais e facilitar a sua utilização, com garantia da segurança alimentar.

A fruta apresenta alto índice de carboidratos, baixo teor de gorduras, contém boas quantidades de vitaminas B1, B2, C, provitamina A, luteína, fibras, cálcio, fósforo, ferro, magnésio, potássio, cobre e manganês, bem como compostos fenólicos (JONES *et al.*, 2011; MAXWELL *et al.*, 2013; TURI *et al.*, 2015). Roopa *et al.* (2015) do laboratório de pesquisa de defesa alimentar, em Mysore na Índia, estudando fruta-pão minimamente processada e embalada em atmosfera modificada passiva observaram que ela pode ser armazenada por até 45 dias a $6\pm 1^{\circ}\text{C}$, sem alterações nas suas características.

Com o interesse de também estudar a conservação da fruta-pão cultivada em Pernambuco o presente estudo foi realizado para avaliar o efeito do processamento mínimo na fruta-pão, visando o aumento de seu tempo de vida útil que indiretamente irá propiciar maiores rentabilidades aos produtores locais ou mesmo da região Nordeste.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

- ❖ Avaliar os efeitos do processamento mínimo sobre as características físico-químicas da fruta-pão.

2.2 ESPECÍFICOS

- ❖ Verificar o efeito da utilização de solução de ácidos orgânicos e cloreto de cálcio na qualidade de fruta-pão minimamente processada;
- ❖ Avaliar as características físico-químicas e microbiológica do produto durante armazenamento;
- ❖ Determinar o teor de fenólicos totais e avaliar o potencial antioxidante frente aos radicais livres DPPH[•] e ABTS^{•+}.

3. PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE

Mediante o exposto, o problema deste trabalho se dá em saber, quais os efeitos/benefícios do processamento mínimo nos parâmetros físico-químicos da fruta-pão minimamente processada?

A hipótese fundamental deste trabalho é que, através da adição de solução melhoradora, uso de embalagem e da refrigeração na fruta-pão minimamente processada, será possível uma manutenção das propriedades físico-químicas desta fruta por um período de vida prolongado.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Fruta-pão (*Artocarpus altilis*)

Entre as fontes de carboidratos, fruta-pão (Figura 1) tem sido um alimento básico na cultura tradicional do Pacífico há mais de 3.000 anos e é amplamente cultivada nas regiões tropicais do Caribe, do Brasil e de outros países. Recentemente, esta fruta vem sendo reconhecida por seu potencial para impactar positivamente a fome nos trópicos e países em desenvolvimento (JONES *et al.*, 2013a; JONES *et al.*, 2013b). É uma árvore de crescimento rápido, atingindo em média 25 m a 30 m de altura, com copa mais ou menos frondosa, de clima preferencialmente quente e úmido. Seu fruto é um sincarpo globoso, de conformação e peso variável. Árvores de fruta-pão não demandam manejos sofisticados, começam a produzir em três a cinco anos e permanecem produtivas por muitas décadas (JONES *et al.*, 2011; BRASIL, 2015, p.13). Uma única árvore produz 200 Kg a 400 Kg ou mais de frutos por ano (JONES *et al.*, 2011; LIU *et al.*, 2014) e pode ser consumida assadas, cozidas, secas, em conserva, fermentadas ou usadas na panificação.

Documentar informações botânicas apropriadamente e fazer referência ao nome da espécie e cultivar é crucial para estudos nutricionais e fitoquímicos de culturas subutilizadas, como a fruta-pão (BENNETT e BALICK, 2014). A árvore-do-pão ou fruta-pão, cujo nome científico da espécie estudada é *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg, divide-se em duas variedades: a *apyrena* conhecida por fruta-pão de massa da família moraceae, gênero *Artocarpus*, sendo a espécie *Artocarpus altilis* não possuidora de sementes e a que possui (*seminífera*), conhecida por fruta-pão de caroço, que apresenta numerosas sementes comestíveis e polpa não comestível (DATWYLER e WEIBLEIN, 2004; BRASIL, 2015, p.130). As árvores podem ser cultivadas em sistemas agroflorestais sustentáveis e podem viver por 80 anos, fornecendo uma fonte contínua de alimentos nutritivos (JONES *et al.*, 2013b).

A árvore da fruta-pão adapta-se em várias regiões tropicais, é importante por seus múltiplos usos medicinal, pela extração de fibras da casca, pelo cerne resistente da madeira e pelos frutos comestíveis. Os extratos e metabólitos de *Artocarpus* especialmente aqueles das folhas, casca, caule e frutos possuem vários compostos bioativos úteis, como os carotenoides, sendo estes compostos utilizados nas diferentes atividades biológicas incluindo agentes antibacterianos, antituberculoso, antivirais, antifúngicos, antiplaquetário,

antiartrítica, inibidora da tirosinase e citotoxicidade (SOMASHEKHAR, NAYEEN e SONNAD, 2013; ENGLBERGER *et al.*, 2014).

No Brasil, segundo Corrêa (1984), a fruta-pão foi introduzida no século XIX, por D. Francisco de Souza Coutinho, governador do Pará, quem mandou adquirir em Caiena - Guiana Francesa, em 1801, e nesse mesmo ano remeteu sementes e mudas ao Maranhão, originando assim, sua dispersão. Foi incorporada durante a colonização do Brasil e teve seu plantio quase totalmente dizimado no período do império português, porém, mesmo em número reduzido, pode ainda ser encontrada em muitos quintais agrofloretais da Amazônia e em pomares domésticos da faixa litorânea dos estados da Bahia, Paraíba, Alagoas, Sergipe e Pernambuco e nas serras úmidas do estado do Ceará (BRASIL, 2015, p.130).

Figura 1. Fruta-pão (*Artocarpus altilis*)



Fonte: Arquivo da autora

O *Breadfruit 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).

A fruta-pão contém boas quantidades de provitamina A, luteína (MAXWELL *et al.*, 2013), fibras, cálcio, magnésio, potássio, fósforo (ROBERTS-NKRUMAH e BADRIE, 2005), ferro, cobre e manganês (JONES *et al.*, 2011), bem como compostos fenólicos, especialmente flavonóides, estilbenos, arilbenzofuranos (JALAL *et al.*, 2015), composição que pode atribuir aos frutos do gênero *Artocarpus* ações anti-inflamatória, antioxidante e antimicrobiana (SOMASHERKHAR, NAYEEM e SONNAD, 2013). O teor de vitaminas da fruta-pão foi relatado para ácido fólico, vitaminas B1, B2, B3 e vitamina C, esta última varia entre 1,6 mg e 12,1 mg por 100 g de fruta-pão cozida (TURI *et al.*, 2015). A Tabela 1 apresenta a composição química da fruta-pão, segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011).

Análises fitoquímicas de diferentes partes do *Artocarpus altilis* resultaram no isolamento de vários tipos de flavonóides, xanthonas, triterpenóides, estilbenos, taninos, compostos fenólicos, glicosídeos, saponinas, esteróides, terpenóides e antraquinonas (LIN *et al.*, 2009; JAGTAP e BAPAT, 2010; JALAL *et al.*, 2015; SIKARWAR *et al.*, 2015). Algumas evidências com base em observações de campo, relatórios etnobotânicos e registros médicos sugerem que uma dieta tradicional baseada na fruta-pão e outros alimentos básicos do Pacífico pode prevenir o aparecimento da diabetes tipo II (RAMDATH *et al.*, 2004; LANS, 2006; ENGLBERGER *et al.*, 2009, TURI *et al.*, 2015).

Jalal *et al.* (2015) avaliando as atividades antioxidante e antimicrobiana da casca, da polpa e da fruta inteira, relataram que a fruta-pão tem elevada bioatividade antioxidante e antimicrobiana, tornando-a, assim, potencial fonte de agentes antioxidantes e antimicrobianos.

Tabela 1. Composição química da fruta-pão

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

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

4.2 Processamento mínimo

Na última década, o mercado de frutas e produtos hortícolas minimamente processados cresceu. A principal força motriz por trás do crescimento deste mercado está associada à demanda dos consumidores por produto fresco, saudável, conveniente e sem aditivos artificiais (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Adotar uma alimentação saudável não é meramente questão de escolha individual. Muitos fatores podem influenciar positiva ou negativamente o padrão de alimentação das pessoas. Instrumentos e estratégias de educação alimentar e nutricional devem apoiar indivíduos, famílias e comunidades para

que adotem práticas alimentares que promovam saúde e para que compreendam os fatores determinantes dessas práticas (BRASIL, 2014, p.10).

A base da alimentação deve ser constituída de alimentos *in natura* ou minimamente processados, em menor quantidade, os alimentos processados e por último, devemos evitar os alimentos ultra processados. Almeja-se que o guia alimentar seja usado nas casas das pessoas, nas unidades de saúde, nas escolas e em todo e qualquer espaço onde hajam atividades de promoção da saúde, como centros comunitários, centros de referência de assistência social, sindicatos, centros de formação de trabalhadores e sedes de movimentos sociais (BRASIL, 2014, p.11).

Os consumidores têm dado uma atenção maior para alimentos que retêm suas propriedades nutricionais e sensoriais naturais. As técnicas de processamento mínimo estão equipadas para enfrentar este desafio de substituir os métodos tradicionais de conservação, mantendo a qualidade nutricional e sensorial. Esta variedade principalmente de hortaliças e algumas frutas está se tornando cada vez mais popular (NASSIVERA e SILLANI, 2015). Contudo, se por um lado o processamento mínimo agrega valor aos produtos vegetais contribuindo para sua valorização, por outro, causa danos mecânicos aos tecidos dos mesmos, modificando sua atividade fisiológica tornando-os mais perecíveis quando comparados aos produtos íntegros (LUCERA *et al.*, 2010). Estes produtos têm uma vida útil limitada devido ao processamento, o que acelera as reações bioquímicas e aumenta a susceptibilidade destes produtos ao crescimento e contaminação microbiana (MOREIRA *et al.*, 2015).

O tipo de processamento condiciona o perfil de nutrientes, o gosto e o sabor que adicionam à alimentação, além de influenciar com quais outros alimentos serão consumidos, em quais circunstâncias e, mesmo, em que quantidade (BRASIL, 2014, p.25). Vegetais minimamente processados ganharam popularidade ao longo da última década. Este aumento foi motivado pela qualidade que estes produtos apresentam, tais como, frescura, baixo teor calórico, elevado teor nutricional e por serem seguros e convenientes ao consumidor. Em associação a este aumento vem a prática de dietas e mudanças no estilo de vida dos consumidores, que buscam mais qualidade de vida (JAMES e NGARMSAK, 2013; SIPAHI *et al.*, 2013; COLÁS-MEDÀ *et al.*, 2015).

Vegetais minimamente processados podem ser definidos como qualquer fruta ou hortaliça que tenha sido fisicamente modificada a partir de sua forma original para obter

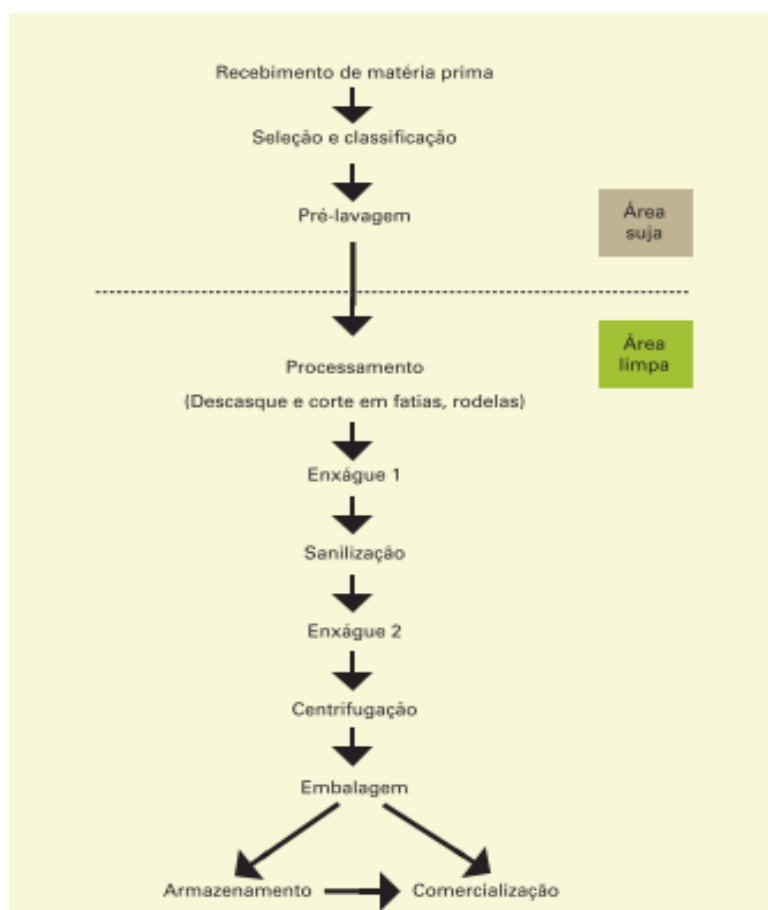
100% do produto comestível, que são subsequentemente embalados e mantidos em armazenamento refrigerado. Uma definição precisa, que situa o método do processamento mínimo, dentro do contexto de tecnologias mais convencionais, descreve-o como técnica que preserva os alimentos, retendo suas características nutricionais e sensoriais reduzindo a dependência de calor como a principal ação conservante (OLSEN *et al.*, 2012; RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2013). Esta tecnologia pode, portanto, ser vista como um método de processamento de alimentos que visa prolongar a vida útil de produtos processados (NICOLI, 2012).

De acordo com a *International Fresh-Cut Producers Association* (IFPA, 2010), produtos minimamente processados estão disponíveis para os consumidores desde a década de 1930 nos supermercados. No entanto, a indústria do *fresh-cut* foi inicialmente desenvolvida para atender hotéis, restaurantes, serviços de *catering* e outras instituições. O início da atividade de processamento mínimo de vegetais no Brasil ocorreu, com a chegada das redes de *fast-food* no final da década de 70, principalmente nos estados do Sudeste. Numerosos estudos têm mostrado que a necessidade do consumidor por conveniência é correlacionada com a escolha de alimentos (GÓMEZ-LÓPEZ *et al.*, 2009; HJELMAR, 2011; FUNDO *et al.*, 2015; FUNDO *et al.*, 2016). Os vegetais minimamente processados foram desenvolvidos para atender às necessidades do consumidor por produtos rápidos e para beneficiar vegetais e frutas de forma saudável (VIDAL, ARES e GIMÉNEZ, 2013; PULA, PARKS e ROSS, 2014).

Existem vários passos envolvidos na preparação de produtos minimamente processados. As operações envolvidas no processamento mínimo visam garantir segurança, qualidade e redução de perdas. A sequência das etapas nas linhas de produção de frutas e hortaliças minimamente processadas é similar, embora ambas podem requerer etapas específicas e diferenciadas. As etapas principais da cadeia de processamento que afetam a qualidade dos produtos, como lavagem, descasque, corte, sanitização e embalagem são comuns em ambas as linhas de processo (CENCI, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2015; SIMÕES *et al.*, 2016). Na Figura 2 é apresentado o fluxograma geral da cadeia produtiva de minimamente processados. O fluxograma do processamento pode apresentar variações e um maior nível de detalhamento das etapas, dependendo da especificidade do produto.

Cada operação deve ser executada corretamente para garantir a qualidade, prazo de validade e segurança dos produtos acabados. Produtos minimamente processados apresentam uma perda da qualidade como resultado do envelhecimento fisiológico, alterações bioquímicas, deterioração microbiana, degradação física e química, que pode resultar na degradação da cor, textura e sabor, assim como, uma maior carga microbiana. Durante o processamento, muitas células vegetais são quebradas, e os produtos intracelulares liberados podem favorecer o desenvolvimento microbiano (AZARAKHSH *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Figura 2 – Fluxograma básico do processamento mínimo de frutas e hortaliças



Fonte: Reproduzido de Martín-Belloso e Soliva-Fortuny (2011)

Em contraste com produtos frescos, a vida útil de produtos minimamente processados geralmente estende-se até 16 dias a 4° C, 12 dias a 10° C e 5 dias a 26° C (MISHRA, GAUTAM e SHARMA, 2013). Em relação à evolução fitoquímica de produtos minimamente processados, alguns estudos relataram que os índices de fenólicos totais

diminuíram significativamente após 5 dias de armazenamento entre 2°- 4°C (RÖOSSLE *et al.*, 2010).

Visando a melhoria na qualidade dos produtos minimamente processados várias pesquisas vêm testando diferentes tratamentos para ampliar a vida útil destes produtos, alguns dos mais utilizados incluem: temperatura de refrigeração, embalagens adequadas, imersão em solução de sais de cálcio, desidratação osmótica, revestimento comestível, tratamento com plasma frio e combinação de ácido cítrico com UV-C (MUNTADA *et al.*, 1998; AGAR *et al.*, 1999; DALLA ROSA *et al.*, 2011; ROOPA *et al.*, 2015; RAMAZZINA *et al.*, 2015; CHEN *et al.*, 2016).

4.3 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. Frutas e legumes seus derivados são importantes fontes de compostos fenólicos para a dieta humana (BALASUNDRAM, SUNDRAM e SAMMAN, 2006).

Os compostos fenólicos (Figura 3) 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 3. Estrutura de compostos fenólicos: (a) Fenol e (b) Catecol



Fonte: Extraído de Campbell-Platt (2015)

O processo do escurecimento enzimático é desencadeado quando a integridade da célula é rompida. Nessa ocasião, os substratos fenólicos, de localização vacuolar, entram em contato com as enzimas catalisadoras das reações de oxidações de polifenóis. O escurecimento enzimático ocorre quando os substratos fenólicos, as enzimas, o íon

metálico e o oxigênio encontram-se em condições ideais de pH, temperatura e atividade de água. A coloração escura tem um efeito influente sobre manipulação e processamento de alimentos, afetando sua aparência e qualidade (MANOLOPOULOU e VARZAKAS, 2011). Escurecimento enzimático é geralmente relacionado a uma consequência direta da ação da polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (POD) em polifenóis para formar quinonas (QUEIROZ *et al.*, 2011).

Compostos fenólicos foram encontrados na polpa, casca e fruto inteiro de fruta-pão, especialmente flavonoides, estilbenos, arilbenzofuranos, composição que pode atribuir aos frutos do gênero *Artocarpus* ações anti-inflamatória, antioxidante e antimicrobiana, tornando-se fonte potencial de agentes antioxidantes e antimicrobianos (JAGTAP e BAPAT, 2010; SOMASHEKHAR, NAYEEN e SONNAD, 2013; JALAL *et al.*, 2015).

Os inúmeros usos da fruta-pão fazem desta fruta ideal ao processamento mínimo. Esta tecnologia visa preservar as características sensoriais, nutricionais e de segurança, para satisfazer a crescente demanda por produtos prontos de fácil utilização. O interesse pelas potenciais propriedades antioxidante e antimicrobiana desta fruta tem aumentado o investimento em pesquisas e na sua industrialização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUJAH, C.I.; OGBONNA, A.C.; OSUJI, C.M. Functional components and medicinal properties of food: a review. **Journal Food Science and Technology**, v. 52, p. 2522-2529, 2015.

AGAR, I.T., *et al.* Postharvest CO₂ and Ethylene Production and Quality Maintenance of Fresh-Cut Kiwifruit Slices. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 433-440, 1999.

AGUAYO, E., *et al.* Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. **Postharvest Biology and Technology**, v.57, p. 52-60, 2010.

ALARCÓN-FLORES, E., *et al.* Monitoring of phytochemicals in fresh and fresh-cut vegetables: A comparison. **Food Chemistry**, v.142, p. 392-399, 2014.

ALMENAR, E., *et al.* Active package for wild strawberry fruit (*Fragaria vesca L.*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p. 2240-2245, 2007.

AZARAKHSH, N., *et al.* Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 88, p. 1-7, 2014.

BAIER, M., *et al.* Non-thermal plasma treatment for the sanitation of fresh corn salad leaves: evaluation of physical and physiological effects and antimicrobial efficacy. **Postharvest Biology Technology**, v.84, p. 81-87, 2014.

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

BENNETT, B. C.; BALICK, M. J. Does the name really matter? The importance of botanical nomenclature and plant taxonomy in biomedical research. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 152, p. 387-392, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira** / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – 2.ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p.:il.

_____ **Alimentos regionais brasileiros**/ Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – 2.ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 484 p.:il.

BUCKLEY, M.; COWAN, C.; MCCARTHY, M. The convenience food market in Great Britain: convenience food lifestyle (CFL) segments. **Appetite**, v.49, p.600-617, 2007.

- CAMPBELL-PLATT, G. Food Science and Technology. **Reading: Blackweel Publishing Ltd**, 2015. 536 p.
- CENCI, A.S. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011, 144p.: il.
- CHEN, C., *et al.* Effect of citric acid combined with UV-C on the quality of fresh-cut apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 111, p. 126-131, 2016.
- CHEYNIER, V. Phenolic compounds: from plants to foods. **Phytochemistry Reviews**, v. 11, p. 153-177, 2012.
- CLAUDINE, M.; MAZUR, A.; SCALBERT, A. Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. **Current Opinion in Lipidology**, v. 16, p. 77-84, 2008.
- COLÁS-MEDÀ, P., *et al.* Effect of ripeness stage during processing on *Listeria monocytogenes* growth on fresh-cut 'Conference' pears. **Food Microbiology**, v.49, p. 116-122, 2015.
- CONSIDINE, K.M., *et al.* High-pressure processing effects on microbial food safety and food quality. **Federation of European Microbiological Societies (FEMS) Microbiology Letters**, v.281, p. 1-9, 2008.
- CORRÊA, M. P. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro, **Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – Ministério da Agricultura**, v.2,1984, 67 p.
- DALLA ROSA, M., *et al.* Effect of osmotic dehydration on kiwifruit: results of a multianalytical approach to structural study. **Journal Processes Energy Agricultural**, v. 15, p. 113-117, 2011.
- DATWYLER, S. L.; WEIBLEIN, G. D. On the origin of the fig: phylogenetic relationships of the Moraceae from *ndhF* sequences. **American Journal of Botany**, v.91, p. 767-777, 2004.
- ELEVITCH, C.; RAGONE, D.; COLE, I. Breadfruit production guide: Recommended practices for growing, harvesting, and handling. Hawaii, USA: **Breadfruit Institute**, 2ªed, 2014, 36 p.
- ENGLBERGER, L., *et al.* Carotenoid content and traditional knowledge of breadfruit cultivars of the Republic of the Marshall Islands. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.34, p.192-199, 2014.
- ENGLBERGER, L., *et al.* Ethnobotany of pohnpei. **University of Hawaii Press**, 2009, 584 p.
- FUNDO, J, F., *et al.* Fresh-cut melon quality during storage: An NMR study of water

transverse relaxation time. **Journal of Food Engineering**, v.167, p. 71-76, 2015.

FUNDO, J. F., *et al.* NMR water transverse relaxation time approach to understand storage stability of fresh-cut 'Rocha' pear. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 280-285, 2016.

GÓMEZ-LÓPEZ, V. M., *et al.* Chlorinedioxide for minimally processed produce preservation: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 20, p. 17-26, 2009.

HJELMAR, U. Consumers' purchase of organic food products. A matter of convenience and reflexive practices. **Appetite**, v. 56, p. 336-344, 2011.

IFPA, **International Fresh-cut Produce Association**, 2010. The convenience, nutritional value and safety of fresh-cut produce. Disponível em: <http://www.gov.on.ca/GOPSP/en/graphics/053125.pdf>. Acesso em: 1 de junho de 2016.

JAGTAP, U.B., BAPAT, V.A. Artocarpus: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Jounal Ethnopharmacol**, v.129, p. 142-166, 2010.

JALAL, T.K., *et al.* Evaluation of antioxidant, total phenol and flavonoid content and antimicrobial activities of *Artocarpus altilis* (Breadfruit) of underutilized tropical fruit extracts. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.175, p. 3231-3243, 2015.

JAMES, J.B.; NGARMSAK, T. Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: a technical guide. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2013) Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/014/i1909e/i1909e00.htm> Acesso em 01 de junho de 2016.

JAYARAMAN K.S.; DAS GUPTA, K. Dehydration of fruit and vegetables-recent developments in principles and techniques. **Drying Technology**, v.10, p. 1-50, 1992.

JONES, A. M. P., *et al.* Nutritional and morphological diversity of breadfruit (*Artocarpus*, Moraceae): identification of elite cultivars for food security. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 1091-1102, 2011.

JONES, A. M. P., *et al.* Identification of provitamin A carotenoid-rich cultivars of breadfruit (*Artocarpus*, Moraceae). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 31, p. 51-61, 2013a.

JONES, A. M. P., *et al.* Morphological diversity in breadfruit (*Artocarpus*, Moraceae): insights into domestication, conservation and cultivar identification. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.60, p. 175-192, 2013b.

KOH, S. P.; LONG, K. Comparison of physical, chemical and functional properties of broken rice and breadfruit starches against cassava starch. **Journal of Tropical Agriculture and Food Science**, v. 40, p. 211- 219, 2012.

LANS, C. A. Ethnomedicines used in Trinidad and Tobago for urinary problems and diabetes mellitus. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v.2, p. 45, 2006.

LIN, K.W., *et al.* Antioxidant prenylflavonoids from *Artocarpus communis* and *Artocarpus elasticus*. **Food Chemistry**, v.15, p. 558-562, 2009.

LIU, R.H. Healty-promoting components of fruits and vegetables in the diet. **Advances in Nutrition**, v. 4, p. 384S-392S, 2013.

LIU, Y., *et al.* Crop productivity, yield and seasonality of breadfruit (*Artocarpus* spp., Moraceae). **Fruits**, v. 69, p. 345-361, 2014.

LUCERA, A., *et al.* Influence of different packaging systems on fresh-cut zucchini (*Cucurbita pepo*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11, p. 361-368, 2010.

MANOLOPOULOU, E.; VARZAKAS, T. Effect of Storage Conditions on the Sensory Quality, Colour and Texture of Fresh-Cut Minimally Processed Cabbage with the Addition of Ascorbic Acid, Citric Acid and Calcium Chloride. **Food and Nutrition Sciences**, v. 2, p. 956-963, 2011.

MARTÍN-BELOSSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing. New York: **CRC Press**, 2011, 386p.

MARZOCCO, L., *et al.* Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effect the structure, colour and sensory properties. **Postharvest Biology and Technology**, v. 61, p. 165-171, 2011.

MAXWELL, A., *et al.* Identification of pro-vitamin A carotenoid-rich cultivars of breadfruit (*Artocarpus*, Moraceae). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.31, p. 51-61, 2013.

MIDDLETON, E. *et al.* The Effects of Plant Flavonoids on Mammalian Cells: Implications for Inflammation, Heart Disease, and Cancer. **Pharmacological Reviews**, v. 52, p. 673-751, 2000.

MISHRA, B.B; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Free phenolics and polyphenol oxidase (PPO): The factors affecting post-cut browning in eggplant (*Solanum melongena*). **Food Chemistry**, v. 139, p. 105-144, 2013.

MOREIRA, M., *et al.* Effect of polysaccharide-based edible coatings enriched with dietary fiber on quality attributes of fresh-cut apples. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, p. 7795-7805, 2015.

MUNTADA, V., *et al.* Solute infusion effects on texture of minimally processed kiwifruit. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 616-620, 1998.

NASSIVERA, F.; SILLANI, S. Consumer perceptions and motivations in choice of

minimally processed vegetables: A case study in Italy. **British Food Journal**, v. 117, p. 970-986, 2015.

NICOLI, M. C. (Ed.). Shelf life assessment of food. **CRC Press**, 2012.

NTBG, 2015. **National Tropical Botanical Garden**. Disponível em: <http://ntbg.org/>
Acesso em 01 de junho de 2016.

OLIVEIRA, M., *et al.* Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables-A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 46, p. 13-26, 2015.

OLSEN, N. V., *et al.* Likelihood of buying healthy convenience food: an at-home testing procedure for ready-to-heat meals. **Food Quality and Preference**, v.24, p. 171-178, 2012.

PULA, K.; PARKS, C.D.; ROSS, C.F. Regulatory focus and food choice motives. Prevention orientation associated with mood, convenience and familiarity. **Appetite**, v.78, p. 15-22, 2014.

QUEIROZ, C., *et al.* Polyphenol oxidase activity, phenolic acid composition and browning in cashew apple (*Anacardium occidentale*, L.) after processing. **Food Chemistry**, v. 125, p. 128-132, 2011.

RAMAZZINA, I., *et al.* Effect of cold plasma treatment on physico-chemical parameters and antioxidant activity of minimally processed kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 107, p. 55-65, 2015.

RAMDATH, D. D., *et al.* Glycaemic index of selected staples commonly eaten in the Caribbean and the effects of boiling v. crushing. **British Journal of Nutrition**, v.91, p. 971-977, 2004.

RAMOS, B., *et al.* Fresh fruits and vegetables - An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 20, p. 1-15, 2013.

RAYBAUDI-MASSILIA, R., *et al.* Inactivation of *Salmonella enterica* ser. Poona and *Listeria monocytogenes* on fresh-cut "Maradol" red papaya (*Carica apaya* L) treated with UVC light and malic acid". **Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit**, v.8, p.1-8, 2013.

RÍOS-HOYO, A., *et al.* Obesity, metabolic syndrome and dietary therapeutical approaches with a special focus on nutraceuticals (Polyphenols): A mini-review. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v. 84, p. 113-123, 2014.

ROBERTS-NKRUMAH, L.B.; BADRIE, N. Breadfruit consumption, cooking methods and cultivar preference among consumers in Trinidad, West Indies. **Food Quality Preference**, v.16, p. 267-274, 2005.

ROOPA, N., *et al.* Minimal processing and passive modified atmosphere packaging of breadfruit (*Artocarpus altilis*) sticks for shelf life extension at refrigerated temperature. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 11, p. 7479-7485, 2015.

RÖOSSLE, C., *et al.* Effect of storage on the content of polyphenols of minimally processed skin-on apple wedges from ten cultivars and two growing seasons. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 1609-1614, 2010.

SIKARWAR, M., *et al.* Pharmacognostical, Phytochemical and Total Phenolic Content of *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg Leaves. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v.5, p. 94-100, 2015.

SIMÕES, A. N., *et al.* Quality of minimally processed Yam (*Dioscorea* sp.) stored at two different temperatures. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 1, p. 25-36, 2016.

SIPAHI, R.E., *et al.* Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, p. 9-15, 2013.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. Phenolics in Food and Nutraceuticals. **CRC Press**, p. 403-427, 2004.

SOMASHEKHAR, M.; NAYEEN, N.; SONNAD, B.A. A review on Family Moraceae (Mulberry) With a Focus on *Artocarpus* Species. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.2, p. 2614-2621, 2013.

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

TURI, C.E., *et al.* Breadfruit (*Artocarpus altilis* and hybrids): A traditional crop with the potential to prevent hunger and mitigate diabetes in Oceania. **Trends in Food Science and Technology**, v. 45, p. 264-272, 2015.

VIDAL, L.; ARES, G.; GIMÉNEZ, A. Projective techniques to uncover consumer perception: Application of three methodologies to ready-to-eat salads. **Food Quality and Preference**, v. 28, p. 1-7, 2013.

XIAO, Z., *et al.* Combined effects of sodium chlorite dip treatment and chitosan coatings on the quality of fresh-cut d'Anjou pears. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, p. 319-332, 2011.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

ARTIGO 1 – IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE SOLUÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS E CLORETO DE CÁLCIO NA QUALIDADE DE FRUTA-PÃO MINIMAMENTE PROCESSADA

RESUMO

Fruta-pão (*Artocarpus altilis*) é descrita como importante fonte alimentar na dieta de diversos países, sendo considerada um recurso alimentar valioso e com potencial para impactar positivamente a segurança alimentar no mundo. Objetivou-se avaliar as características físico-químicas da fruta-pão minimamente processada. Foram processados vinte quilos de fruta-pão por lavagem, sanitização, descascamento, cortado em meia lua (15x5x5 cm). Os doze quilos resultantes foram separados em dois grupos, sem e com tratamento por imersão em solução contendo 2 % de ácido cítrico, 0,2 % de ácido ascórbico e 5% de cloreto de cálcio por 05 minutos. As amostras foram drenadas e porções de 200 g foram embaladas em bandejas de poliestireno expandido, cobertas com policloreto de polivinila com 20 μ e armazenadas a $6^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 15 dias. A composição química, características físicas, compostos bioativos, atividade antioxidante e o comportamento microbiano foram determinadas a cada dois dias. Os resultados evidenciaram que não houve diferença ($p < 0,05$) apenas entre o pH e a Aa. Houve uma relação direta entre o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante das amostras analisadas. As amostras com tratamento apresentaram maiores conteúdos de fenólicos totais maior atividade antioxidante, tanto utilizando os radicais DPPH \cdot como os radicais ABTS \cdot^{+} . Do ponto de vista microbiológico o produto se encontra apto para o consumo, por até 5 dias. Conclui-se que a adição de solução melhoradora foi útil para garantir melhor efeito nas características físico-química da fruta, tendo a amostra com tratamento apresentado melhores resultados. Porém, faz-se necessário um estudo mais amplo quanto à atividade enzimática desta fruta, para garantir uma maior qualidade visual do produto.

Palavras-chave: processamento mínimo; vida útil; biodiversidade; plantas silvestres.

ABSTRACT

Breadfruit (*Artocarpus altilis*) is described as an important food source in the diet of several countries and is considered a valuable food resource with the potential to positively impact food security in the world. The objective was to evaluate the physicochemical characteristics of the minimally processed breadfruit. Twenty kilos of breadfruit was processed by washing, sanitizing, peeling, cut into half moon (15x5x5 cm). The resulting twelve kilograms were separated into two groups, without and with immersion treatment in solution containing 2% citric acid, 0.2% ascorbic acid and 5% calcium chloride for 5 minutes. The samples were drained and 200 g portions were packed in trays of expanded polystyrene, covered with polyvinyl polyvinyl chloride with 20 μ and stored at $6^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 15 days. The chemical composition, physical characteristics, bioactive compounds, antioxidant activity and microbial behavior were determined every two days. The results showed that there was no difference ($p < 0.05$) only between pH and Aa. There was a direct relationship between the total phenolic content and the antioxidant capacity of the analyzed samples. The treated samples had higher total phenolic contents and higher antioxidant activity, both using DPPH radicals. like the radicals ABTS. +. From the microbiological point of view the product is fit for consumption, for up to 5 days. It was concluded that the addition of preservative solution was useful to guarantee a better effect on the physical-chemical characteristics of the fruit, and the sample with treatment presented better results. However, a broader study of the enzymatic activity of this fruit is necessary to guarantee a higher visual quality of the product.

Key Words: minimal processing; lifespan; biodiversity; wild plants.

6.1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se na comercialização de frutas, sendo o terceiro maior produtor no mundo, após a China e a Índia. A área cultivada com frutas ultrapassou 2,2 milhões de hectares no Brasil, com uma produção de 43,6 milhões de toneladas. Dessa produção, 47% são destinados ao sistema agroindustrial e 53% para a comercialização de frutas frescas (IBRAF, 2015).

Sob a perspectiva nutricional a fruta-pão é rica em carboidratos, minerais, vitaminas e pobre em gordura. É uma boa fonte de fibra, cálcio, cobre, ferro, magnésio, potássio, tiamina e niacina, algumas variedades são boas fontes de antioxidantes e carotenoides. De acordo com o *Breadfruit Institute - The National Tropical Botanical Garden*, que mantém a maior coleção do mundo, sistematicamente avaliada, com dados disponibilizados na Web sobre esta fruta, mais de 80% da população que não tem segurança alimentar e nutricional do mundo vivem em regiões tropicais e subtropicais, sendo o ambiente perfeito para o cultivo da fruta-pão, podendo essa fruta se tornar o próximo “superalimento” capaz de mitigar a fome, garantindo a segurança alimentar e nutricional desta população (DEIVANAI e BHOORE, 2010; ROOPA *et al.*, 2015; TURI *et al.*, 2015).

O processamento mínimo pode ser visto no contexto da tradicional preocupação do processamento de alimentos para prolongar a vida útil (ROOPA *et al.*, 2015). Este processo pode ser definido como qualquer modificação física que a fruta ou hortaliça tenha sofrido a partir de sua forma original (por raspagem, limpeza, lavagem, corte, embalagem e armazenamento refrigerado) para se obter 100% do produto comestível (RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2013). O consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas tornou-se cada vez mais popular ao longo da última década, devido a um maior interesse em dietas saudáveis e nutritivas e mudanças no estilo de vida dos consumidores (SIPAHI *et al.*, 2013). No entanto, operações de processamento, tais como descascamento, corte e fatiamento podem causar danos nos tecidos, provocando reações adversas no produto. As várias alterações levam ao escurecimento, perda de sabor, perda de textura e maior carga microbiana nestes produtos (AZARAKHSH *et al.*, 2014).

Muitos estudos sugeriram que tratamento com aditivos, juntamente com outras técnicas, como plasma frio, radiação, adição de ácidos orgânicos, cloreto de cálcio, infravermelho e armazenamento em atmosfera modificada ou controlada podem reduzir o estresse oxidativo, a restrição no escurecimento, aumento da firmeza e também extensão da vida útil do produto (CHAUHAN *et al.*, 2011; SIDDIQUI *et al.*, 2011; POLYCARP *et al.*, 2012; ABIDA, RAYEES e MASSODI, 2015; RAMAZZINA *et al.*, 2015; CHEN *et al.*, 2016).

Roopa *et al.* (2015) propuseram o uso de solução conservadora (benzoato de sódio, potássio meta-bissufito, ácido cítrico, ácido áscorbico e cloreto de cálcio) para fruta-pão minimamente processada. As funções esperadas desta solução eram evitar ou reduzir o escurecimento dos tecidos, a perda do aroma e do sabor, mudanças na textura, redução da qualidade nutricional, além de conservar propriedades antimicrobianas. Os autores obtiveram resultados positivos, tendo o produto apresentado uma vida útil de 45 dias à 6°C.

Com o intuito de estudar a fruta-pão do Nordeste, especialmente de pomares do Estado de Pernambuco, este estudo teve como objetivo avaliar as características físico-químicas da fruta-pão minimamente processada com solução conservadora, visando o aumento de seu tempo de vida útil e consequentemente proporcionar maiores rentabilidades aos seus produtores.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

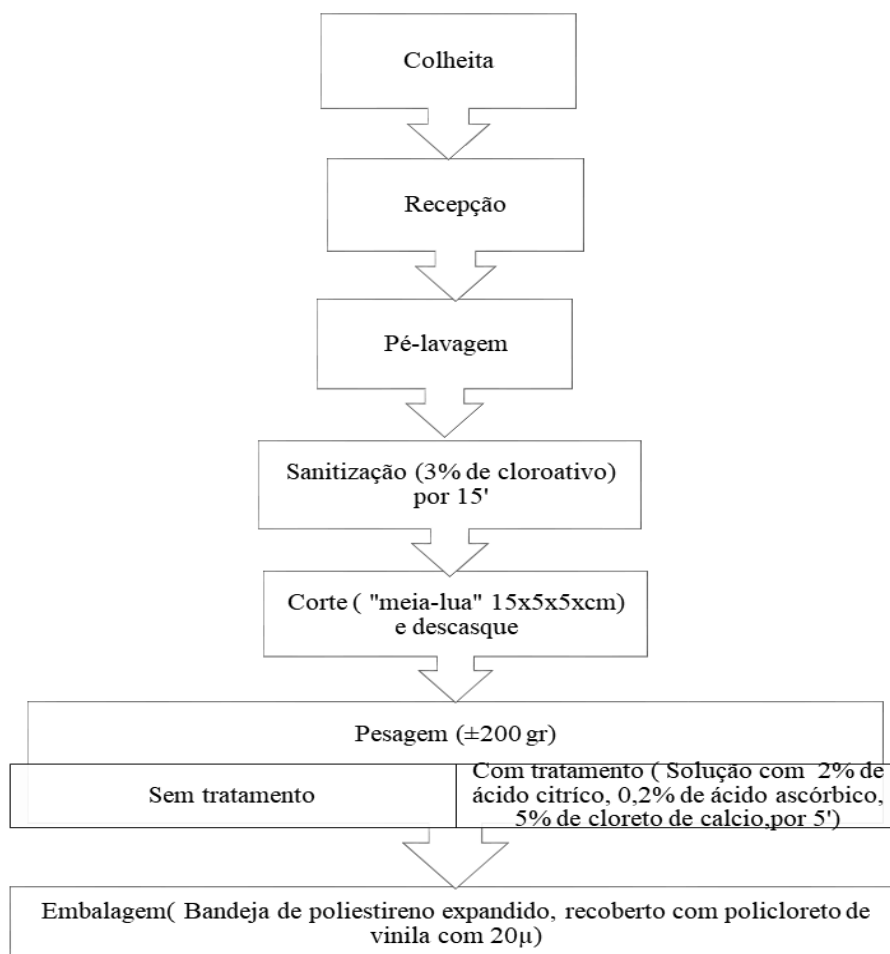
Preparação da Amostra e Tratamentos

Frutos de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) foram colhidos, no mês de Dezembro de 2016, em um sítio particular, na Cidade de Camaragibe, em Pernambuco, situado na Latitude de 08°01'18"S, Longitude de 34°58'52"W e Altitude de 55m (GÉOGRAFOS, 2016). Os frutos foram transportados em caixas plásticas não térmicas e armazenados a 10 °C±0,5°C e aproximadamente 85±2% de umidade relativa (UR), durante um período de 24 horas, até serem processados minimamente e seguirem para armazenamento de 6°C±1°C e UR de 82-90%. O desenvolvimento do produto seguiu o fluxograma descrito na Figura 1, as análises físico-químicas, conteúdo de fenólicos e atividade antioxidante foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos (LAFQA), do Departamento de Ciências Domésticas (DCD), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos, do Departamento de Tecnologia Rural (DTR), da UFRPE.

Vinte quilos de fruta-pão selecionados de acordo com o estágio de maturação “de vez”, cor da casca verde escuro e tamanho médio de 1.615 g, foram lavados e sanitizados em solução de dicloroisocianurato de sódio dihidratado, por 15 minutos. Em seguida, descascados e cortados manualmente com auxílio de facas de aço inoxidável e imediatamente colocados sob água a 7°C±0,5°C.

Após seleção restaram doze quilos de fruta-pão descascada que foram cortados no formato “meia lua”, 15x5x5cm e novamente lavados com água potável, enxugados e divididos em dois grupos. Seis quilos foram embalados em bandejas de poliestireno expandido, recobertos com fileme de policloreto de polivinila com 20µ de espessura, contendo 200g cada, que representaram a amostra controle. Os outros seis quilos passaram pelo tratamento de imersão em solução contendo 2% de ácido cítrico, 0,2 % de ácido ascórbico e 5% de cloreto de cálcio por 05 minutos à temperatura ambiente (25°C±2°C). Em seguida foram enxutos e embalados da mesma forma da amostra controle. As amostras foram armazenadas por 15 dias a 6°C±1°C e UR de 82-90%.

Figura 1. Fluxograma do processamento mínimo da fruta-pão



Fonte: Elaborado pela autora

Parâmetros físico-químicos

As análises foram realizadas em triplicata de acordo com os procedimentos a seguir:

Sólidos solúveis - Os sólidos solúveis foram expressos em °Brix e determinados a 25°C utilizando refratômetro digital de bancada da marca *Reichert* (Modelo r²i300, São Paulo, Brasil) calibrado devidamente com água destilada para 0°Brix. Uma pequena alíquota da polpa foi gotejada na superfície do prisma do refratômetro digital. O índice de refração obtido foi convertido automaticamente pelo equipamento à porcentagem de sólidos que teria uma solução de sacarose quimicamente pura de igual densidade.

pH - Foi determinado por imersão direta do eletrodo do pHmetro modelo Tec-3 MP (Marca Tecnal, São Paulo, Brasil) na polpa triturada e homogeneizada com correção automática dos valores em função da temperatura, foi expresso em unidades de pH.

Atividade de água - Foi utilizado analisador de atividade de água (Marca Aqualab, Séries 4TE, São Paulo, Brasil) a 25°C.

Acidez titulável - A acidez titulável foi determinada por meio de titulação com NaOH 0,1N até pH 8,1 ser atingido (AOAC Método Oficial, 920.15), e expresso em mg de ácido cítrico.100g⁻¹ numa base de peso fresco.

Teor de ácido ascórbico - Os teores de ácido L-ascórbico foram determinados por meio de titulação com 2,6 dicloroindofenol conforme AOAC Método Oficial 942.15. Este método baseia-se na redução do 2,6-dicloroindofenol (2,6D), de cor roxa, pelo ácido L-ascórbico em meio ácido, tornando-se incolor. O ponto final de titulação é verificado quando todo o ácido ascórbico presente foi oxidado e a solução 2,6D, não reduzida, confere coloração rosada à solução. Os resultados foram expressos em mg.100g⁻¹ de fruta.

Firmeza da polpa - Testes de penetração foram executados utilizando um penetrômetro analógico de frutas (Marca *Facchini srl*, modelo FT 327, Itália), para indicar a consistência da polpa. Para cada amostra, testes de penetração foram realizados em três pontos diferentes da fruta-pão, utilizando a ponteira de 5/16".

Mensuração da cor

A cor da superfície da fruta-pão foi determinada no sistema CIE L*a*b* utilizando colorímetro portátil *Konica Minolta* (Modelo CR/400/410 - *Sensing*, INC, Japão), o qual foi calibrado com placa de porcelana branca. Aproximadamente 2 g de amostra foi colocada em base plástica de 2 mm de espessura. Para cada amostra um valor médio da análise das extremidades e do centro da amostra foram coletadas em triplicata. No sistema CIE L*a*b*, L* representa a luminosidade (L* = 0 é preto e L* = 100 branco). Os parâmetros que indicam a direção das cores são: +a* = vermelho e -a* = verde; +b* = amarelo e -b* = azul (CIE, 2004).

Índice de brancura (IB) e o Índice de Escurecimento (IE) foram calculados como segue (PALOU *et al.*, 1999):

$$IB = L^* - 3b^*$$

$$IE = \frac{[100(x - 0,31)]}{0,172}$$

$$\text{Onde } x = (a^* + 1,75 L^*) / (5,645 L^* + a^* - 3,012 b^*)$$

Mensuração da perda de massa

A perda de massa durante o armazenamento de fruta-pão minimamente processada controle e com tratamento foi realizada utilizando balança eletrônica (Marca JK-EAB, modelo 2204N, China) com precisão de $\pm 0,0001$ g. As medidas foram replicadas três vezes. Os resultados foram expressos como porcentagem de alteração no peso em relação ao peso da amostra fresca sem tratamento ou estocada. A perda de massa foi expressa por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{(m_t - m_c)}{m_c} \times 100$$

Onde m_c é o peso inicial da fruta-pão minimamente processada e m_t é o peso final da amostra no tempo t .

Composição química

Umidade - Foi determinada em medidor de umidade por infravermelho com balança acoplada (Modelo ID 50, marca Marte®) à 105°C por 30 min por diferença do peso antes e após a secagem, até um peso constante. Foram expressos em $g \cdot 100g^{-1}$ de fruta.

Resíduo Mineral Fixo (Cinzas) – Foi determinado por gravimetria em forno mufla microprocessador (Modelo Edgcon 1P, Marca EDG, São Paulo) à 550-570°C até peso constante, conforme AOAC Método Oficial 940.26. Foram expressos em $g \cdot 100g^{-1}$ de fruta.

Lipídios (Extrato Etéreo) - A fração extrato etéreo foi determinada em extrator intermitente de Soxhlet, utilizando-se Éter Etilico P.A. como solvente. Após a extração e remoção do solvente, determinou-se gravimetricamente a quantidade de lipídios presentes na amostra (AOAC Método Oficial, 920.39 C). Foram expressos em $g \cdot 100g^{-1}$ de fruta.

Proteínas - Foi determinada pelo método de Kjeldahl, o qual se baseia na destruição da matéria orgânica seguida de destilação, sendo o nitrogênio dosado por volumetria. O nitrogênio presente na solução ácida resultante é determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido diluído. O percentual da fração protéica da amostra é calculado utilizando o fator 6,25, tendo em vista que se considera que para cada 100g de proteína contem em média 16 g de nitrogênio, conforme metodologia recomendada pela AOAC Método Oficial 960.52. Foram expressos em $\text{g} \cdot 100^{-1}$ de fruta.

Açúcares totais - Foi determinado pelo método Lane- Eynon, que se baseia na capacidade dos glicídios, em meio fortemente alcalino e a quente, de formar enodiol, composto com forte poder redutor, que em presença de Cu^{++} se oxida e reduz o cobre a Cu^+ , dando origem a um precipitado vermelho tijolo de Cu_2O , segundo metodologia recomendada pela AOAC Método Oficial 991.43. Foram expressos em $\text{g} \cdot 100^{-1}$ de fruta.

Carboidratos - O teor de carboidratos foi calculado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de água, proteína, lipídios totais, cinzas. Foram expressos em $\text{g} \cdot 100^{-1}$ de fruta.

Fibras - Foi determinada pelo método proposto por Van Söest (1963), que utiliza uma solução detergente neutra (NDF), que solubiliza todo material vegetal, excetuando-se a estrutura da parede, que são fibras insolúveis (celulose, hemicelulose e lignina). Depois é filtrado a vácuo o resíduo de NDF, que posteriormente é lavado com água destilada fervente, seguida da lavagem com acetona P.A. para melhor secagem. Este método quantifica a fração insolúvel da fibra. Foram expressos em $\text{g} \cdot 100^{-1}$ de fruta.

Fenólicos totais

Extrato da fruta-pão - Os extratos da fruta-pão foram obtidos utilizando água destilada para a obtenção do extrato aquoso. Para a preparação dos extratos foram utilizados 25 g de polpa de fruta-pão e 25 ml de água destilada (1:1). A mistura foi homogeneizada durante 1 hora, em frascos de Erlenmeyer, usando agitador magnético. Depois, a mistura foi centrifugada a 6.000 rpm por 10 minutos, o sobrenadante foi armazenado em vidro âmbar sob refrigeração a 8 °C até o momento das análises.

Fenólicos totais - Conteúdo de compostos fenólicos totais foi determinado de acordo com o método Folin-Ciocalteu (SURESH *et al.*, 2013). O extrato (100 μL) foi misturado com

3,9 mL de água, seguido pela adição de 250 µL de reagente Folin-Ciocalteu e 750 µL de solução de carbonato de sódio. A mistura foi deixada para reagir num homogenizador (Certomat® MV, B. Braun Biotech International) e depois incubada durante 1h à temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) na ausência de luz. A absorvância da mistura foi medida a 765 nm por espectrofotometria (Hitachi U-2800 Spectrophotometer, Japão). Conteúdo total de fenóis foi determinado a partir de curva de calibração preparada com solução padrão de ácido gálico e foi expressa como massa de equivalentes de ácido gálico por massa fresca da fruta. Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalentes de ácido gálico/100g da amostra.

Avaliação da capacidade antioxidante

Capacidade de sequestrar radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil DPPH – Foi determinada utilizando o método descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), modificado por Sanchez-Moreno, Larrauri, Saura-Calixto (1998). Neste método, a redução do DPPH· pelo composto antioxidante resulta na perda de absorvância e, o grau de descoloração da solução, indica a eficácia do composto testado. Diferentes concentrações de extratos de fruta-pão foram adicionadas à solução de DPPH· em metanol (0,1M), de modo a alcançar concentrações finais de 7,5; 15 e 30µg de fenólicos do extrato e a absorvância a 517 nm, foi registrada em espectrofotômetro (Shimadzu Europa UV-1650PC), até a reação atingir o platô. A capacidade de sequestrar o radical DPPH· foi expressa em percentual, calculada em relação ao controle(sem adição do antioxidante). Segundo a expressão abaixo:

$$\% \text{ inibição} = \frac{\text{Absorvância do controle} - \text{Absorvância da amostra}}{\text{Absorvância do controle}} \times 100$$

Para expressar em EC_{50} plotar o % de inibição x concentração de fenólicos do extrato. Traçar a equação da reta e usando a equação da reta calcular EC_{50} .

Capacidade de sequestrar o radical ABTS \cdot^+ - A capacidade de sequestrar o radical 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolona-6-ácido sulfônico (ABTS \cdot^+) foi determinada segundo o método descrito por Re *et al.* (1999). O radical ABTS \cdot^+ foi gerado a partir da reação da

solução aquosa de ABTS \cdot^{+} (7mM) com 2,45mM de persulfato de potássio. A solução radical foi diluída em etanol até obter-se medida de absorvância de $0,7 \pm 0,005$, em comprimento de onda de 734nm. Concentrações diversas de extratos de fruta-pão diluídas em etanol foram adicionadas à solução de ABTS \cdot^{+} , atingindo as concentrações finais de 0,5; 1 e 2 μg de fenólicos do extrato. A absorvância foi registrada, após 6 minutos de reação, em espectrofotômetro (Shimadzu Europa UV-1650PC). A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação a atividade do antioxidante sintético Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico), nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox ($\mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$).

Análise microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com o método de Wu e Chen (2013) com modificações. De cada amostra foi utilizada uma porção de 25 g que foi diluída em 225 ml de água peptonada a 0,1% em saco estéril. A amostra diluída foi macerada manualmente e homogeneizada. Desta diluição foram preparadas diluições sucessivas até 10^{-4} . De cada diluição foram inoculadas porções de 1mL para 3 tipos de placas PetrifilmTM: EC (AOAC Método Oficial 991.14 e 998.08) para determinação de coliformes e *Escherichia coli*, YM para Bolores e Leveduras (AOAC Método Oficial 997.02) e AC para Contagem Total de Mesófilos (AOAC Método Oficial 990.12). As placas AC e EC foram incubadas a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}/24\text{h}-48\text{h}$ e as placas YM a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}/$ até 120 horas. Os resultados foram expressos em log de unidades formadoras de colônias por grama de amostra (log UFC/g).

Análise estatística

Todas as determinações foram realizadas em triplicata e os dados foram computados e submetidos a análise de variância-ANOVA. As médias dos valores encontrados, submetidos ao Teste t de *Student* e o teste de *Tukey* usando o programa estatístico “Statistica” (versão 7, StatSoft, Inc, Tulsa, USA). Adotou-se o nível de significância de 5 % de probabilidade ($p < 0,05$).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físico-químicas de fruta-pão minimamente processada

Fatores que controlam a manutenção da qualidade de frutas minimamente processadas são o resultado de um processo complexo, relativo a uma série de modificações bioquímicas e físico-químicas, que afetam principalmente o sabor, a cor e a textura (MOREIRA *et al.*, 2015). O rompimento da estrutura celular devido ao descasque e o corte colocam enzimas e seus substratos em contato direto. Várias reações podem ser promovidas e um aumento repentino na taxa de respiração e no metabolismo, conduzindo a uma deterioração mais rápida dos tecidos, pode ser observada. Essas reações envolvem mudanças negativas na qualidade visual e na textura (TOIVONEN e BRUMMELL, 2008).

Os resultados dos parâmetros de pH da fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamentos são apresentados na Figura 2. Sabe-se que o pH influi na velocidade de diversas reações químicas, enzimáticas e microbiológicas, isto porque variações deste parâmetro indicam modificações importantes na qualidade de frutas. O pH encontrado ficou acima do relatado por Roopa *et al.* (2015) ao avaliarem a extensão da vida útil de fruta-pão minimamente processada, embalada sob atmosfera modificada passiva e armazenada sob refrigeração. No tempo inicial o valor do pH encontrado foi 4,30 e 3,70 para amostras sem e com a adição da solução melhoradora composta por metabisulfito de potássio, benzoato de sódio, ácido cítrico, ácido ascórbico e cloreto de cálcio, respectivamente. Após 30 dias de armazenamento os valores foram reduzidos para 4,12 e 3,31, respectivamente.

A média da atividade de água (Aa) mostrada na Figura 3, não apresentou diferença ($p < 0,05$) entre o controle e o tratamento, durante o período de armazenamento. A fruta apresentou elevado teor de Aa (0,98). A Aa está diretamente relacionada à umidade da fruta e descreve o grau em que a água está disponível para agir como solvente, participando de reações químicas e do desenvolvimento de microrganismo indica também a intensidade como a qual a água se associa a constituintes não aquosos e influencia na velocidade de diversas reações de degradação, como por exemplo, as reações catalisadas por enzimas (MARTÍN-BELLOSO e SOLIVA-FORTUNY, 2011).

Figura 2. Valores médios e desvio padrão do pH de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento

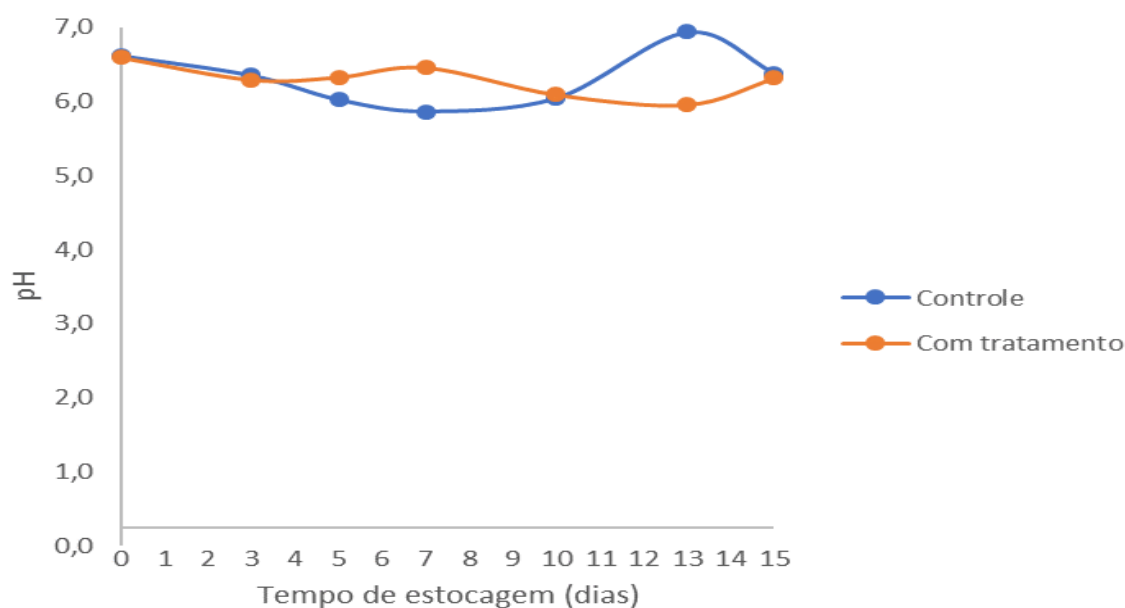
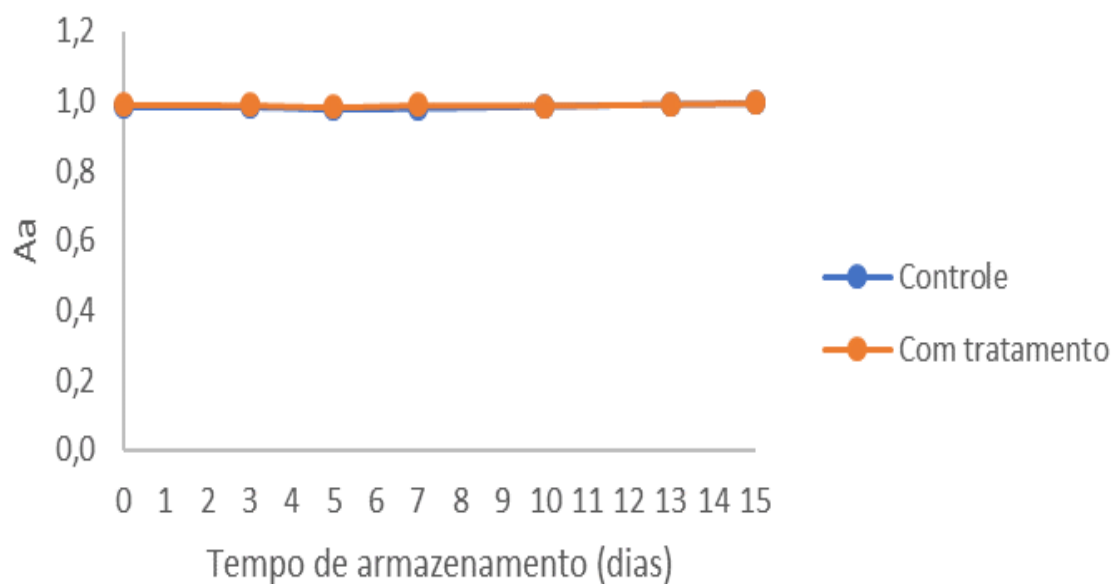


Figura 3. Valores médios e desvio padrão da Atividade de água (Aa) de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento



A acidez titulável diferiu ($p < 0,05$) entre a amostra controle e com tratamento no 3º e 10º dia de armazenamento (Figura 4). Neste ponto houve uma elevação na acidez. Estes

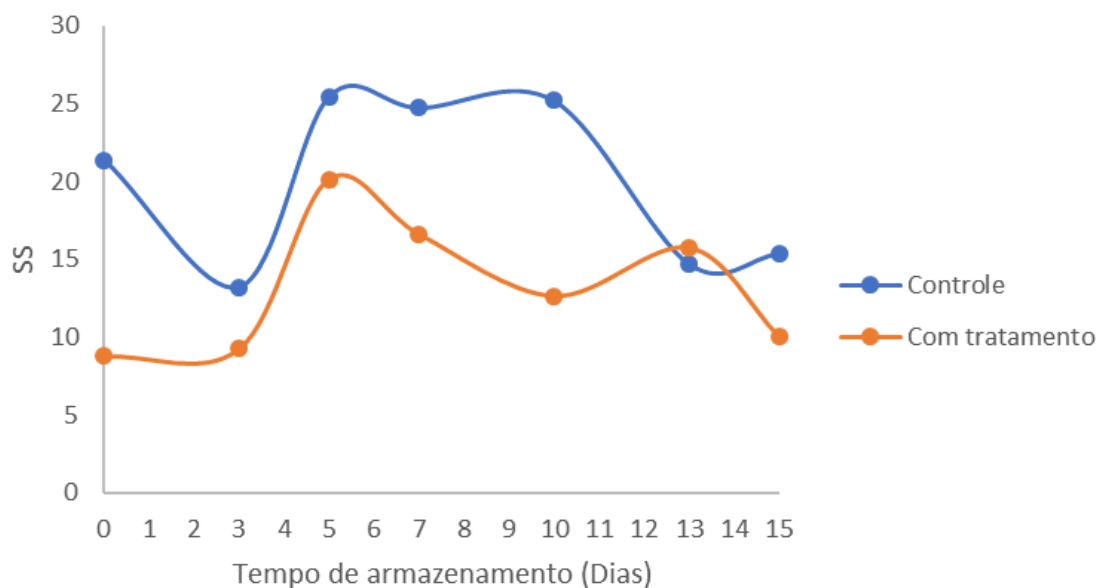
valores estão mais elevados que os encontrados por Moreira *et al.* (2007) ao caracterizarem físico-quimicamente a fruta-pão da variedade Apyrena (0,035 mg de ácido cítrico.100g⁻¹) e por Souza *et al.* (2012) para fruta-pão *in natura* (0,164 mg de ácido cítrico.100g⁻¹).

Figura 4. Valores médios e desvio padrão de Acidez Titulável (mg de ácido cítrico.100g⁻¹) de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento



Os açúcares representam a maior parte dos sólidos solúveis (SS) e são apresentados na Figura 5. Os SS da fruta-pão apresentaram diferença ($p > 0,05$) em função do tratamento e do tempo de armazenamento. A amostra controle apresentou maiores valores, exceto no 13º dia. Isto se explica pela adição dos ácidos em consequência do tratamento, os quais podem ser substratos respiráveis. O aumento do valor do SS até o 10º dia se justifica pelo amadurecimento natural da fruta e o abaixamento a partir do 13º dia coincide com o aumento do número de microrganismos da contagem total de mesófilos (Figura 5). Souza *et al.* (2012) ao analisarem o teor de sólidos solúveis em fruta-pão *in natura* encontraram valor inferior (5,6 °Brix) ao deste estudo.

Figura 5. Valores médios e desvio padrão de Sólidos Solúveis (SS) em °Brix de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e do armazenamento



As lesões mecânicas do processamento mínimo de frutas e hortaliças conduzem a uma deterioração bioquímica, como o escurecimento enzimático. Este é causado principalmente pela ação da enzima polifenoloxidase (PPO) nos compostos fenólicos presente em determinados frutos. Sendo este considerado o fator limitante da vida útil de frutas minimamente processados. O ácido ascórbico como agente redutor é tradicionalmente aplicado em combinação com outros ácidos orgânicos para evitar o escurecimento enzimático (GARCIA LOREDO, GUERRERO e ALZAMORA, 2013).

O ácido ascórbico (Tabela 1) foi útil no controle do escurecimento do produto e também como forma de suplementação na matéria prima. A redução gradativa durante o armazenamento indica a oxidação. O objetivo do tratamento com adição de ácidos e de cloreto de cálcio foi reduzir o estresse fisiológico e manter a firmeza da fruta-pão minimamente processada.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão de ácido ascórbico ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento

| Tempo de armazenamento (dias) | Controle | Com tratamento |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 1,29 \pm 0,184 ^{bA} | 2,07 \pm 0,12 ^{aA} |
| 3 | 0,52 \pm 0,00 ^{bB} | 1,04 \pm 0,00 ^{aB} |
| 5 | 0,44 \pm 0,02 ^{bB} | 0,88 \pm 0,00 ^{aBC} |
| 7 | 0,41 \pm 0,00 ^{bBC} | 0,74 \pm 0,03 ^{aCD} |
| 10 | 0,39 \pm 0,02 ^{bBC} | 0,62 \pm 0,01 ^{aDE} |
| 13 | 0,27 \pm 0,16 ^{bCD} | 0,58 \pm 0,19 ^{aDE} |
| 15 | 0,19 \pm 0,22 ^{bD} | 0,42 \pm 0,32 ^{aE} |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste “t” de *student* ($p<0,05$). Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes diferem entre si, estatisticamente, de acordo com o teste de Tukey ($p<0,05$)

À medida que a fruta-pão amadurece a firmeza da polpa diminui, tornando-a mais macia, o que é um indicativo da maturação. Neste estudo, os valores variaram entre as amostras controle e com tratamento durante o período de armazenamento, conforme Figura 6. As amostras com tratamento se mantiveram mais firmes que as controle. Estes resultados se justificam pela adição na solução tratamento do cloreto de cálcio. Sais de cálcio são tradicionalmente utilizados para manter a firmeza dos frutos (GARCIA LOREDO, GUERRERO e ALZAMORA, 2013). Guo *et al.* (2016) ao analisarem o teor de sólidos solúveis e firmeza de peras durante o amadurecimento, verificaram que o tempo de armazenamento gerou uma diminuição significativa na firmeza após 4 dias. Segundo Both *et al.* (2014) a perda de firmeza de polpa é parâmetro indicador de maturação e de qualidade que podem determinar a duração do período de armazenamento de frutas.

O processamento mínimo expõe o tecido da fruta ao meio, causando uma perda de massa substancial. A perda de massa em fruta-pão minimamente processada, apresentada na Figura 7, foi menor nas amostras com solução melhoradora, porém, estes valores não diferiram estatisticamente. Com o passar do tempo de armazenamento houve um aumento na perda de massa para todas as amostras analisadas. Chen *et al.* (2016) ao estudarem o efeito da combinação de ácido ascórbico com UV-C na qualidade de maçãs minimamente processadas, também não encontraram diferenças significativas entre as amostras controle e amostras enriquecidas com ácido ascórbico.

Figura 6. Valores médios e desvio padrão de Firmeza da polpa de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento

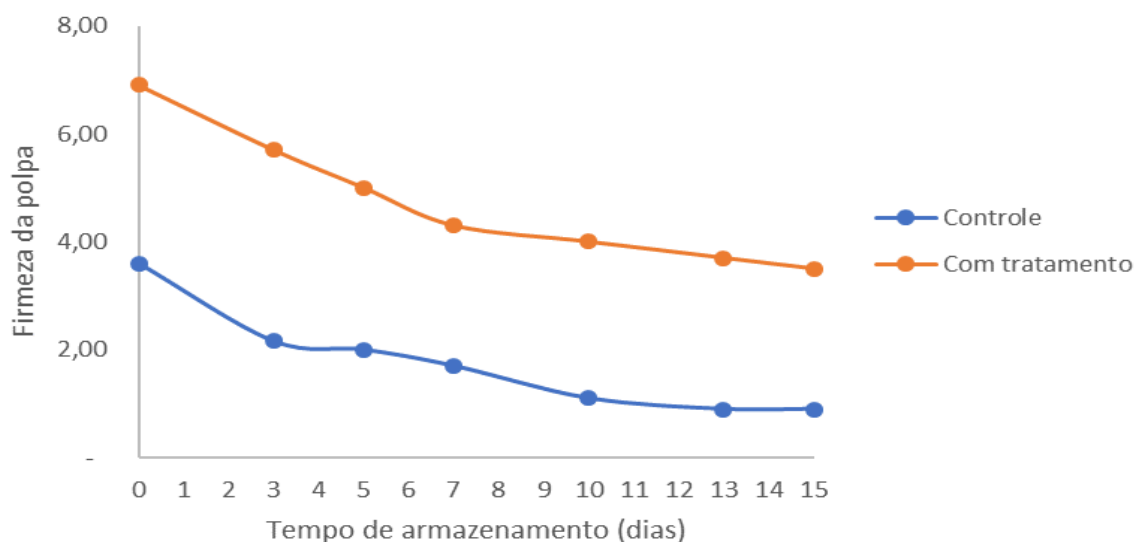
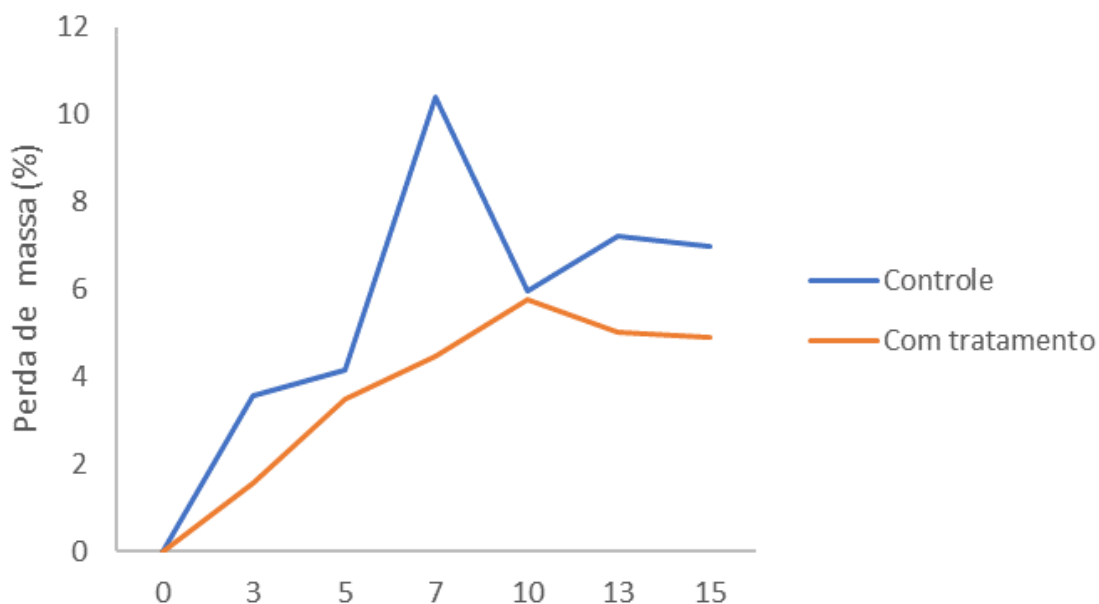


Figura 7. Valores médios e desvio padrão de Perda de Massa de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento



A Figura 8 apresenta as alterações visuais da fruta-pão minimamente processada (controle e com tratamento) no tempo zero e após 15 dias sob armazenamento refrigerado e

foi possível observar que as frutas tratadas tinham melhor aparência do que a amostra controle.

Figura 8. Aspecto superficial de fruta-pão minimamente processada sem e com tratamento durante tempo inicial e final de armazenamento a 6 °C.



Fonte: Arquivo da autora

Quanto à luminosidade (L^*), apresentada na Figura 9, houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras controle e com tratamento. Tendo as amostras com tratamento um maior índice para este parâmetro, justificado pelo uso da solução melhoradora. Os agentes redutores desta solução são utilizados para evitar o escurecimento de produtos processados, assim como, do cloreto de cálcio, cuja ação pode ser devida a inibição da PPO pelos íons de cloreto, como também pela difusão do cálcio nos tecidos, que pode ter ajudado a manter a qualidade, reduzindo o escurecimento. Esta característica manteve-se em todos os tempos analisados. Estas alterações no valor de L^* foram devidas ao escurecimento enzimático causado pelo dano ao tecido da fruta e consequente aumento do contato da enzima PPO e seus substratos.

Quanto à coordenada a^* houve diferença significativa entre as amostras controle e com tratamento. Os valores de a^* , apresentados na Figura 10, podem ser utilizados para indicar o escurecimento na fruta. Os resultados indicam uma tendência a coloração marrom nas amostras controle, característica da ação da enzima PPO.

Figura 9. Valores médios e desvio padrão de L^* de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento

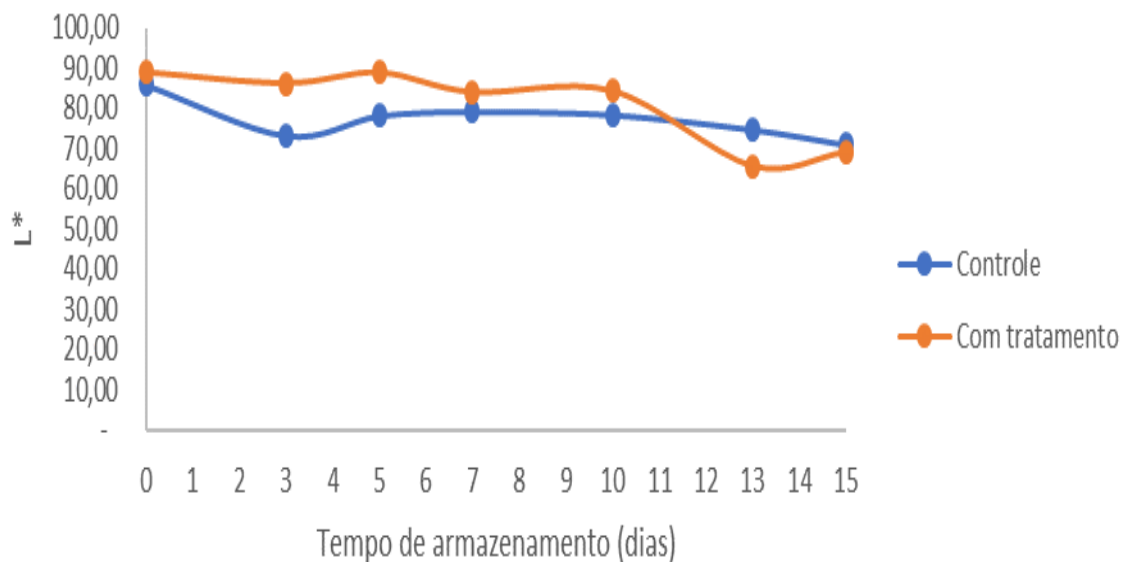
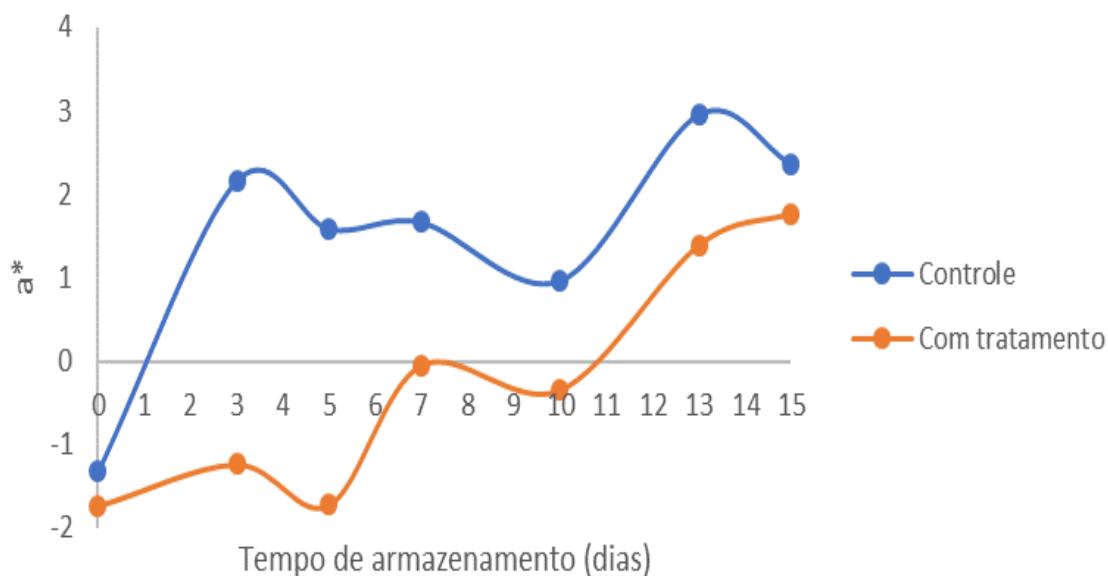


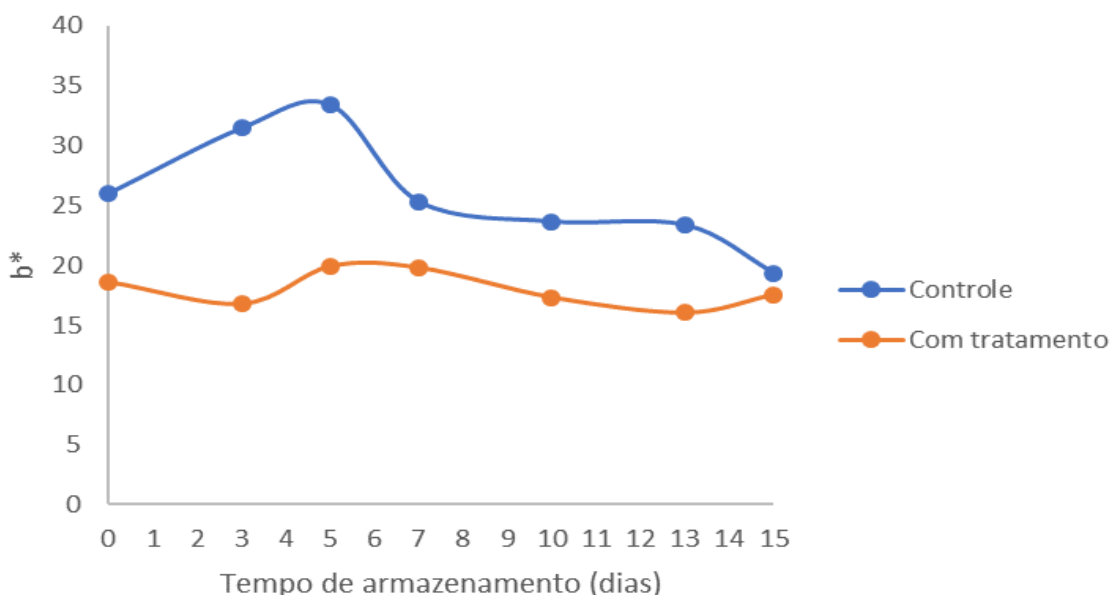
Figura 10. Valores médios e desvio padrão do a^* de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento



Os valores da coordenada b^* apresentaram-se positivos, conforme Figura 11, o que indica valores mais próximos ao amarelo. Este parâmetro apresentou diferença significativa entre as amostras controle e com tratamento, tendo um maior índice nas amostras controle. As reações de degradação podem se apresentar durante o processamento

e armazenamento de frutas minimamente processadas resultando em seu escurecimento. Estes dados indicam que o uso de solução melhoradora com ácidos e cloreto de cálcio apresentaram uma maior inibição da ação da enzima PPO. Zambrano-Zaragoza *et al.* (2014) reforçam que o uso de aditivos químicos, tais como acidulantes (ácido cítrico) e agentes redutores (ácido ascórbico) têm sido utilizados em frutas e legumes minimamente processados para controlar o escurecimento.

Figura 11. Valores médios e desvio padrão de b^* de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento

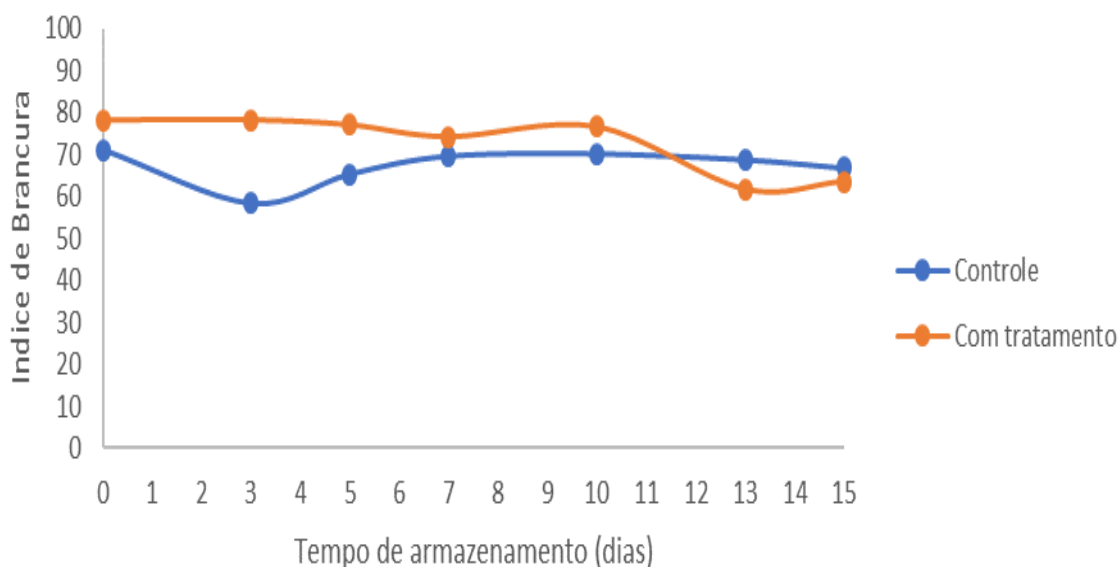


Roopa *et al.* (2015) ao analisarem o efeito do processamento mínimo e o uso de embalagens em atmosfera modificada como uma forma promissora de extensão da vida útil de fruta-pão, mostraram que durante os 45 dias de armazenamento, houve uma significativa diminuição do valor de L^* , a^* e b^* com o passar do tempo de armazenamento. Estes resultados corroboram com os achados por Chen *et al.* (2016) ao analisarem o efeito do uso de ácido cítrico e UV-C na qualidade de maçãs minimamente processadas.

Podemos verificar que em relação ao índice de brancura, apresentado na Figura 11, houve diferença significativa entre as amostras controle e com tratamento durante o armazenamento. A diminuição deste parâmetro é um indicativo de escurecimento. Tendo as amostras com adição da solução melhoradora um valor maior para este parâmetro,

exceto no 13^o e 15^o dia, que as amostras com tratamento apresentaram um índice de brancura menor que a amostra controle.

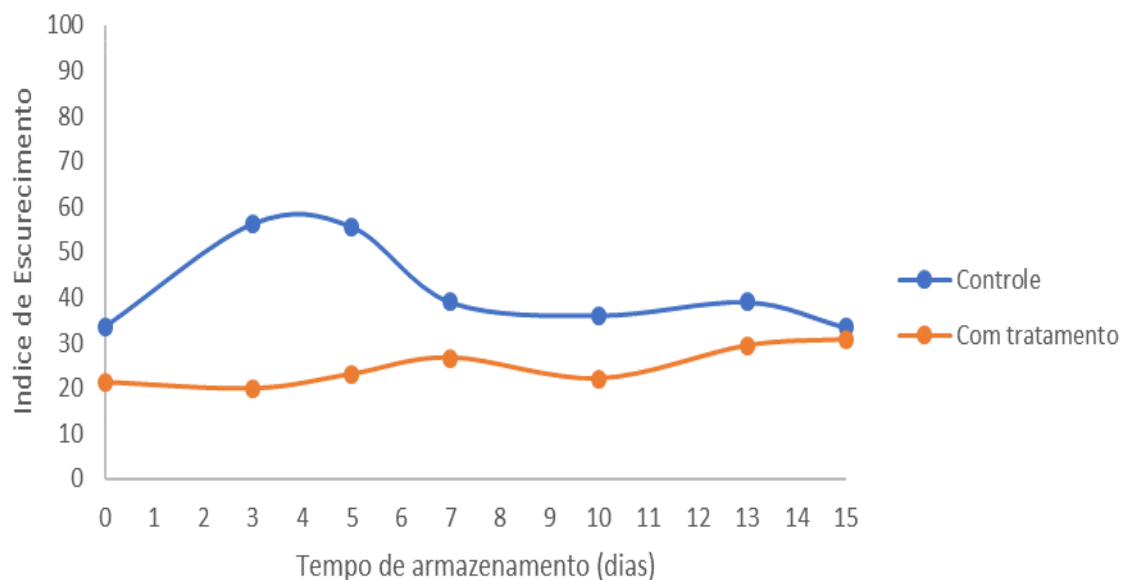
Figura 12. Valores médios e desvio padrão do Índice de Brancura de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento



Para o índice de escurecimento (Figura 13) as amostras se comportaram de maneira inversa, ou seja, as amostras controle apresentaram-se mais escuras que as com tratamento, justificado pela ausência da solução melhoradora. Havendo diferença significativa entre as amostras com o passar do período de armazenamento. Este parâmetro é um fator que limita a vida útil e comercialização de frutas minimamente processadas.

Estes dados corroboram com os encontrados por Chen *et al.* (2016) ao avaliarem o efeito da adição de ácido cítrico (AC), UV-C e em combinação (AC+UV-C) sob o escurecimento de maçãs minimamente processadas durante armazenamento, por 15 dias a 5°C e evidenciaram que o tratamento com ácido cítrico pode agravar o escurecimento de maçãs minimamente processadas em certo período do armazenamento. No final do armazenamento, as amostras tratadas com ácido cítrico tornaram-se mais escuras do que as amostras controle. Amodio *et al.* (2011) observaram um efeito semelhante ao aplicar ácido cítrico em alcachofras minimamente processadas.

Figura 13. Valores médios e desvio padrão do Índice de Escurecimento de fruta-pão minimamente processada em função do tratamento e dos tempos de armazenamento



Composição química de fruta-pão minimamente processada

A composição química centesimal de um alimento manifesta o seu potencial em nutrientes, sendo dados importantes para a indústria de alimentos. Na literatura, são escassas as informações sobre a composição centesimal da fruta-pão minimamente processada. Nesta pesquisa, os valores de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, açúcares totais, carboidratos e fibras são apresentados na Tabela 2.

De acordo com os dados encontrados no presente estudo, a fruta-pão apresentou um teor médio de umidade de $57,52 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, valor semelhante ao encontrado por Almeida, Feijó e Marcellini (2016) ao desenvolver e caracterizar biomassa de fruta-pão verde. A umidade é um parâmetro que deve ser considerado, pois facilita a deterioração de frutos e a contaminação microbiológica, estando relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição. Destaca-se que a conservação da fruta-pão minimamente processada poderá ser dificultada e ter, conseqüentemente uma redução de sua vida útil.

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. O teor de cinzas apresentou um valor médio de $1,23 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, este valor está acima do

relatado pelos demais autores apresentados na Tabela 2. 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. Os teores de lipídeos apresentaram um valor médio de $0,67 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Valor acima do apresentado pelos demais autores, cuja variação pode ser decorrente da matéria-prima.

O valor médio encontrado para proteínas foi de $1,64 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, estando próximo aos encontrados pelos autores citados na Tabela 2. Turi *et al.* (2016) realizaram revisão de literatura sobre esta fruta e apresentam valores entre 0,1 e $5,2 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de proteínas para fruta-pão fresca. O resultado médio de carboidratos na fruta-pão em estudo foi de 20,03% ficando dentro da média dos valores apresentados pelos demais autores. Na análise dos açúcares totais e na fração fibra os valores encontrados estão próximos ao relatado por Almeida, Feijó e Marcellini (2016) ao desenvolver e caracterizar biomassa de fruta-pão verde.

Tabela 2. Composição química ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) de fruta-pão minimamente processada

| Fração/ Fonte | TACO (2011) | BRASIL (2015) | Turi <i>et al.</i> (2016) | Almeida, Feijó e Marcellini (2016) | Estudo |
|-----------------|----------------|------------------|------------------------------|--|------------------|
| Umidade | 80,90 | - | 83,00 | 52,46 | $57,52 \pm 0,98$ |
| Cinzas | 0,70 | - | 0,80 | 0,80 | $1,23 \pm 0,09$ |
| Lipídeos | 0,20 | tr | 0,10 | 0,39 | $0,67 \pm 0,04$ |
| Proteínas | 1,10 | 1,00 | 5,20 | 1,19 | $1,64 \pm 0,03$ |
| Açúcares Totais | - | - | - | 3,86 | $3,23 \pm 0,05$ |
| Carboidratos | 17,20 | 17,00 | 14,30 | - | 38,94 |
| Fibras | 5,50 | 5,50 | 3,10 | 12,66 | $18,91 \pm 0,02$ |

tr= traços, - = análise não realizada

Fenólicos totais

Todas as plantas produzem uma gama notável de metabolitos secundários. Sendo os compostos fenólicos um dos metabolitos mais importantes deste grupo, apresentando ação antioxidante. Os resultados do conteúdo de fenólicos totais para extrato aquoso da fruta-pão minimamente processada durante um período de 15 dias encontram-se na Tabela 3. Optou-se pela extração em água, pois, a maior parte dos compostos fenólicos desta fruta apresenta maior polaridade, portanto são mais hidrossolúveis (ALMEIDA, FEIJÓ e MARCELLINI, 2016).

O conteúdo total de fenólicos das amostras controle e com tratamento decaíram entre 9-28% depois de 3 dias de armazenamento. Verifica-se que há diferença significativa

entre as amostras controle e com tratamento, exceto, para o 7º dia de armazenamento. Para amostras controle o menor resultado foi encontrado no 7º dia de armazenamento (17,67±1,86 mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de amostra fresca) e o maior valor no dia 0 (31,51±1,05 mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de amostra fresca). O comportamento para as amostras com tratamento não diferiu da controle nos dias 0 e 7, apresentando o menor teor de fenólicos totais no 7º dia de armazenamento (15,69±2,68 mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de amostra fresca) e o maior valor no dia 0 de armazenamento (35,65±1,89 mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de amostra fresca). Porém, apresentou diferença significativa para os demais dias. Este fato pode ser explicado pela adição dos ácidos cítrico e ascórbico no preparo da solução melhoradora, evidenciando assim, a ação antioxidante que estes ácidos exercem.

Jalal *et al.* (2015) que encontraram valores de fenólicos totais em fruta-pão entre 203,17±7,65 até 781±52,97 mg GAE/g de peso seco da amostra, utilizando metanol e diclorometano como solventes. Almeida, Feijó e Marcellini (2016) quantificaram 615,98±12,44 mg de equivalentes de ácido gálico (por 100 g de amostra seca) no extrato aquoso, de fruta-pão verde. As variações nos teores dos compostos fenólicos, segundo Souza e Vieira (2011) podem ser influenciadas por diversos fatores, tais como maturação, espécie, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento das frutas. A particularidade metodológica relacionada ao solvente extrator, se amostra fresca ou seca e aos fenólicos usados como padrão para a quantificação dos compostos fenólicos totais podem cooperar para as diferenças observadas.

Tabela 3. Teores de fenólicos totais em fruta-pão minimamente processada (mg GA.100 g⁻¹ de amostra fresca)

| Tempo de armazenamento (dias) | Controle | Com tratamento |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0 | 31,51 ±1,05 ^{Ba} | 35,65 ±1,89 ^{aA} |
| 3 | 28,83 ±1,05 ^{aC} | 25,61 ±1,75 ^{aBC} |
| 5 | 20,76 ±2,30 ^{aD} | 24,11 ±2,03 ^{aC} |
| 7 | 17,67 ±1,86 ^{aE} | 15,69 ±2,68 ^{aD} |
| 10 | 26,52 ±2,02 ^{aBC} | 28,40 ±1,43 ^{aB} |
| 13 | 28,99 ±1,36 ^{aAB} | 24,87 ±1,46 ^{bC} |
| 15 | 20,04 ±0,61 ^{bDE} | 35,60 ±1,64 ^{aA} |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste "t" de *student* (p<0,05). Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes diferem entre si, estatisticamente, de acordo com o teste de Tukey (p<0,05)

Avaliação da capacidade 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). Os resultados da análise de DPPH[•] são apresentados na Tabela 4 e foram expressos em percentual de redução e EC₅₀, que é a concentração de amostra capaz de remover 50 % do radical livre DPPH[•]. Portanto, quanto menor o valor do EC₅₀, maior será a atividade antioxidante da amostra analisada.

Como se pode observar na Tabela 4 as amostras com tratamento apresentaram maior atividade antioxidante, aos 10 minutos de reação, com valores de EC₅₀ de 69,34±0,05 µg/mL no dia zero e de 33,33±0,04 µg/mL no 15º dia de armazenamento. Para as amostras sem imersão na solução melhoradora os valores de EC₅₀ se mantiveram acima das amostras com tratamento, evidenciando valores menores de atividade antioxidante. Almeida, Feijó e Marcellini (2016) ao avaliarem a capacidade antioxidante da fruta-pão verde em extrato aquoso apresentaram 85% de redução do DPPH[•] após uma hora de contato. Jalal *et al.* (2015) ao avaliarem a polpa, casca e casca mais a polpa de fruta-pão, utilizando diferentes solventes encontraram diferenças significativas entre os valores da extração por metanol da parte de polpa (55±5,89 µg/mL) e o controle (ácido ascórbico, 61±4,51 µg/mL), o extrato de metanol da parte da polpa inibiu os 50% de radicais livres de DPPH[•], estando a maior atividade antioxidante na polpa da fruta-pão.

Tabela 4. Capacidade antioxidante (EC₅₀ em µg/mL) do extrato aquoso da fruta-pão minimamente processada, utilizando o radical livre DPPH[•].

| Tempo de armazenamento (dias) | Controle | Com tratamento |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0 | 214,37 ±0,05 ^{aB} | 69,34 ±0,05 ^{bC} |
| 3 | 68,97 ±0,03 ^{aF} | 50,69 ±0,07 ^{bE} |
| 5 | 52,76 ±0,09 ^{aG} | 46,31 ±0,09 ^{bF} |
| 7 | 337,84 ±0,01 ^{aA} | 200,36 ±0,04 ^{bA} |
| 10 | 143,80 ±0,02 ^{aD} | 83,05 ±0,06 ^{bB} |
| 13 | 180,43 ±0,03 ^{aC} | 59,70 ±0,07 ^{bD} |
| 15 | 71,01 ±0,08 ^{aE} | 33,33 ±0,04 ^{bG} |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste “t” de *student* (p<0,05). Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes diferem entre si, estatisticamente, de acordo com o teste de Tukey (p<0,05)

Os resultados da atividade antioxidante pelo método ABTS⁺⁺ foram expressos como capacidade antioxidante total equivalente ao Trolox (valores TEAC). Constata-se, a partir da Tabela 5 que, assim como no teste de captura de radicais DPPH^{*}, a amostra com tratamento apresentou a mais elevada capacidade antioxidante, com valores de TEAC de 53,98±0,04 e 52,55±0,04 µmol de Trolox/g de amostra fresca, no dia 0, para as amostras com tratamento e controle, respectivamente. Os valores de TEAC encontrados neste estudo foram superiores aos valores TEAC obtidos por Lan *et al.* (2013) ao analisarem a atividade antioxidante de fruta-pão, cujo valor foi de 7,2±1,6 µmol de Trolox/g de amostra.

Tabela 5. Capacidade Antioxidante Total Equivalente ao Trolox (µmol de Trolox/g de amostra) pelo método ABTS⁺⁺ para extrato aquoso de fruta-pão minimamente processada

| Tempo de armazenamento (dias) | Controle | Com tratamento |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0 | 52,55 ±0,04 ^{bF} | 53,98 ±0,04 ^{aG} |
| 3 | 54,47 ±0,04 ^{aE} | 54,57 ±0,05 ^{aF} |
| 5 | 79,36 ±0,04 ^{bB} | 92,30 ±0,20 ^{aB} |
| 7 | 43,56 ±0,04 ^{bG} | 58,59 ±0,10 ^{aE} |
| 10 | 68,82 ±0,05 ^{bC} | 82,54 ±0,03 ^{aC} |
| 13 | 68,49 ±0,13 ^{bD} | 78,32 ±0,09 ^{aD} |
| 15 | 129,56 ±0,07 ^{bA} | 188,60 ±0,06 ^{aA} |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste "t" de *student* (p<0,05). Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes diferem entre si, estatisticamente, de acordo com o teste de Tukey (p<0,05)

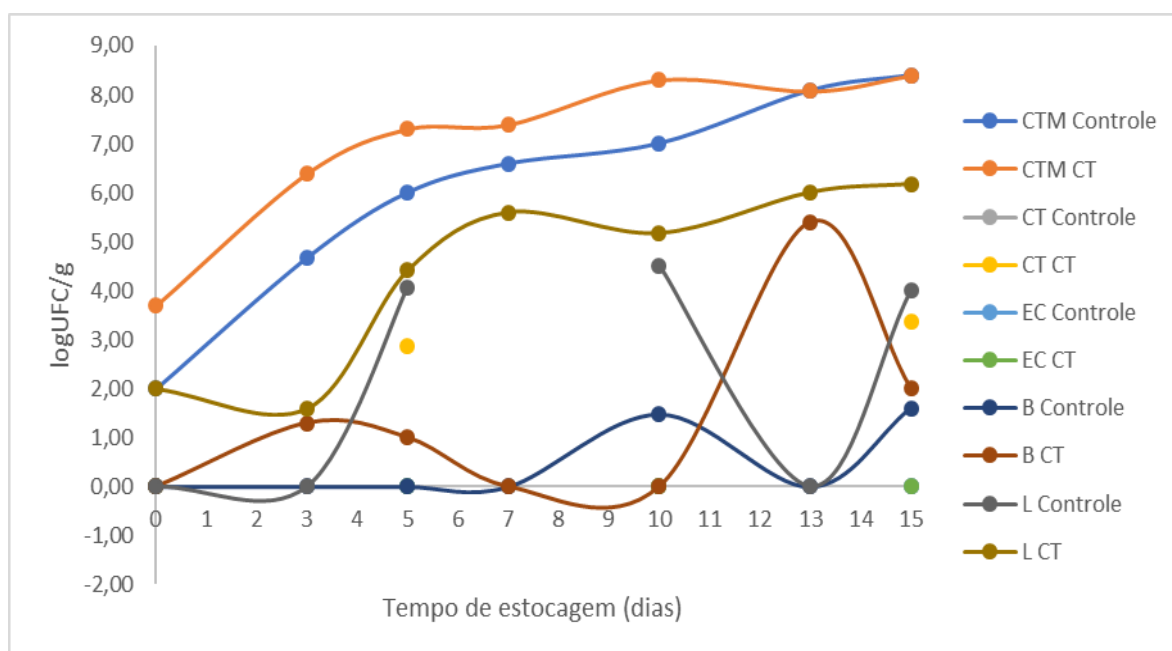
Análise microbiológica

Como os demais vegetais, as frutas minimamente processadas têm meio favorável para desenvolvimento microbiano. A própria composição com elevada atividade de água, presença de açúcares e, sobretudo a superfície aumentada pelos cortes favorecem o desenvolvimento microbiano. As contagens microbiológicas da fruta-pão minimamente processada e estocada durante 15 dias de armazenamento são mostradas na Figura 13.

Observa-se que as contagens de bactérias mesófilas, coliformes e de bolores e leveduras na amostra controle e na submetida ao tratamento aumentaram durante o armazenamento, de modo que o tratamento não influenciou para a conservação do produto. Este comportamento também foi observado por Chen *et al.* (2016) ao avaliarem o efeito da aplicação de ácido cítrico, UV-C e ácido cítrico juntamente com UV-C, em maçãs minimamente processadas, relataram que a contagem bacteriana de todos os tratamentos

aumentou à medida que o tempo de armazenamento aumentava, tendo o tratamento com ácido cítrico e UV-C apresentado a menor taxa entre todos.

Figura 14. Comportamento da microbiota da fruta-pão minimamente processada e armazenada sob refrigeração



CTM= Contagem total de mesófilos, CT= Coliformes totais, EC= *Escherichia coli*, B= Bolores e L= Leveduras

A definição da vida útil do produto foi determinada pelas características sensoriais associadas aos resultados da contagem total de mesófilos e de fungos.

Roopa *et al.* (2015) ao avaliarem o tempo de vida útil de fruta-pão minimamente processada e armazenada sob refrigeração, concluíram que o tratamento com solução melhoradora ajudou a garantir a segurança microbiológica do produto, não havendo incidência de coliformes e nem de agentes patogênicos, tendo as amostras controle apresentado coliformes durante todos os dias analisados.

A insignificante carga de coliforme nas amostras controle e com tratamento (<1logUFC/g) e a leve alteração durante o armazenamento indicam que este tipo de microrganismos não constituiu problema para a conservação do produto até 10 dias de armazenamento .

O comportamento de fungos (Bolores e Leveduras) foi determinante para o estabelecimento do tempo de vida útil do produto. Até o 5º dia, verificou-se que a carga

microbiana destes microrganismos se encontraram abaixo de níveis aceitáveis para produtos vegetais industrializados, ou seja, $4\log\text{UFC/g}$ (BRASIL, 2001). Os parâmetros microbiológicos não se constituem um bom indicador para determinar a vida útil deste tipo de produto minimamente, visto que, este será consumido após tratamento termico.

Vale ressaltar que a manutenção da cadeia de frio, desde o preparo até o consumidor final são fundamentais para garantir a segurança dos alimentos e a qualidade de produtos minimamente processados. Assim, em frutas e hortaliças submetidas ao processamento mínimo, as condições de processamento e o ambiente de estocagem devem ser rigorosamente controlados.

6.4 CONCLUSÃO

O presente estudo indicou que a imersão em solução de ácidos orgânicos e cloreto de cálcio por 5 minutos foi útil para garantir melhor preservação das características físico-químicas da fruta e a qualidade microbiológica do produto, com manutenção de seus aspectos sensoriais.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo essa fruta mais abundante principalmente em locais menos favorecidos do ponto de vista econômico e seu consumo ainda subutilizado e pouco difundido, justifica-se utilizar essa técnica de processamento 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, gerando renda para essa população, além de fornecer uma segurança alimentar. Faz-se necessário um estudo mais amplo quanto à atividade enzimática desta fruta, para garantir uma maior qualidade visual do produto.

6.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDA, J.; RAYEES, B.; MASSODI, F.A. Pulsed light technology: a novel method for food preservation. **International Food Research Journal**, v. 21, p. 839-848, 2015.

ALMEIDA, I.L.G.T.; FEIJÓ, M.B.B; MARCELLINI, P.S. Development, Characterization and Acceptance of Brownie of Green Breadfruit Biomass. **Journal of Health Sciences**, v. 18, p. 144-149, 2016.

AMODIO, M.L., *et al.* Post-cutting quality changes of fresh-cut artichokes treated with different anti-browning agents as evaluated by image analysis. **Postharvest Biology and Technology**. v. 62, p. 213-220, 2011.

AOAC International, 2002. Official Methods of Analysis (OMA) of AOAC International, USA. Method number: 920.15. Disponível em. <http://www.eoma.aoac.org/> Acesso em 9 de julho de 2016.

_____. Official Methods of Analysis (OMA) of AOAC International, USA. Method number: 920.39C. Disponível em. <http://www.eoma.aoac.org/> Acesso em 9 de julho de 2016.

_____. Official Methods of Analysis (OMA) of AOAC International, USA. Method number: 940.26. Disponível em. <http://www.eoma.aoac.org/> Acesso em 9 de julho de 2016.

_____. Official Methods of Analysis (OMA) of AOAC International, USA. Method number: 942.15. Disponível em. <http://www.eoma.aoac.org/> Acesso em 9 de julho de 2016.

_____. Official Methods of Analysis (OMA) of AOAC International, USA. Method number: 960.52. Disponível em. <http://www.eoma.aoac.org/> Acesso em 9 de julho de 2016.

_____. Official Methods of Analysis (OMA) of AOAC International, USA. Method number: 991.14. Disponível em. <http://www.eoma.aoac.org/> Acesso em 9 de julho de 2016.

_____. Official Methods of Analysis (OMA) of AOAC International, USA. Method number: 991.43. Disponível em. <http://www.eoma.aoac.org/> Acesso em 9 de julho de 2016.

_____. Official Methods of Analysis (OMA) of AOAC International, USA. Method number: 997.02. Disponível em. <http://www.eoma.aoac.org/> Acesso em 9 de julho de 2016.

_____. Official Methods of Analysis (OMA) of AOAC International, USA. Method number: 998.08. Disponível em. <http://www.eoma.aoac.org/> Acesso em 9 de julho de 2016.

julho de 2016.

_____. Official Methods of Analysis (OMA) of AOAC International, USA. Method number: 990.12. Disponível em: <http://www.eoma.aoac.org/> Acesso em 9 de julho de 2016.

AZARAKHSH, N., *et al.* Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. **Postharvest Biology Technology**, v. 88, p.1-7, 2014.

BOTH, V., *et al.* Estresse inicial por baixo oxigênio seguido do armazenamento em atmosfera controlada de maçãs 'Royal Gala'. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 708-717, 2014.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSSET, C. Use of a method to evaluate antioxidante activity. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie**, v. 28, p.25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Alimentos regionais brasileiros**/ Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – 2.ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 484 p:il.

BRASIL. Resolução RDC n.º 12, de 2 de Janeiro de 2001. Aprova o **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**". Órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: www.anvisa.gov.br . Acesso em: 15 de abril de 2017.

CHAUHAN, O.P., *et al.* Shellac and aloe-gel-based surface coatings for maintaining keeping quality of apple slices. **Food Chemistry**, v.126, p. 961-966, 2011.

CHEN, C., *et al.* Effect of citric acid combined with UV-C on the quality of fresh-cut apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 111, p. 126-131, 2016.

CIE, 2004. Colorimetry Vienna: Commission Internationale de L'Eclairage. 2004.

DEIVANAI, S.; BHORE, S. J. Breadfruit (*Artocarpus altilis* Fosb.)- An Underutilized and Neglected Fruit Plant Species. **Middle-east Journal of Scientific Research**, v. 6, p. 1-13, 2010.

GARCIA LOREDO, A.B; GUERRERO, S.N.; ALZAMORA, S.M. Impact of combined ascorbic acid/CaCl₂, hydrogen peroxide and ultraviolet light treatments on structure, rheological properties and texture of fresh-cut pear (William var.). **Journal of Food Engineering**, v. 114, p. 164-173, 2013.

GEÓGRAFOS, 2016. Coordenadas Geográficas. Disponível em: <http://www.geografos.com.br/cidades-pernambuco/camaragibe.php>. Acesso em: 25 de junho de 2016.

GUO, Z., *et al.* Color compensation and comparison of shortwave near infrared and long wave near infrared spectroscopy for determination of soluble solids content of 'Fuji' apple. **Postharvest Biology and Technology Journal**, v. 115, p. 81-90, 2016.

IBRAF, 2015. Instituto Brasileiro de frutas. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/> Acesso em 01 de julho de 2016.

JALAL, T.K., *et al.* Evaluation of antioxidant, total phenol and flavonoid content and antimicrobial activities of *Artocarpus altilis* (Breadfruit) of underutilized tropical fruit extracts. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.175, p. 3231-3243,2015.

LAN, W.C., *et al.* Prenylated flavonoids from *Artocarpus altilis*: Antioxidant activities and inhibitory effects on melanin production. **Phytochemistry**, v. 89, p. 78-88, 2013.

MARTÍN-BELOSSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. **Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing**. New York: CRC Press,2011, 386p.

MOREIRA, D.K.T., *et al.* Caracterização físico-química de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) da variedade Apyrena. **Embrapa**, 2007.

MOREIRA, M., *et al.* Effects of polysaccharide-based edible coatings enriched with dietary fiber quality attributes of fresh-cut apple. **Journal of Food Science and Technology**, n. 55, p. 795-805, 2015.

PALOU, E., *et al.* Polyphenoloxidase activity and color of blanched and hot hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal Food Science**, v. 64, p.42-45, 1999.

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.

POLYCARP, D.E.O., *et al.* Characterization of chemical composition and anti-nutritional factors in seven species within the Ghanaian yam (*Dioscorea*) germplasm. **International Food Research Journal**, v.19, p. 985-992, 2012.

RAMAZZINA, I., *et al.* Effect of cold plasma treatment on physico-chemical parameters and antioxidant activity of minimally processed kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 107, p. 55–65, 2015.

RAYBAUDI-MASSILIA, R., *et al.* Inactivation of Salmonella enterica ser. Poona and Listeria monocytogenes on fresh-cut "Maradol" red papaya (*Carica apaya* L) treated with UVC light and malic acid. **Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit**, v. 8, p.1-8, 2013.

RE, R., *et al.* Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v.26, p. 1231-1237, 1999.

ROOPA, N., *et al.* Minimal processing and passive modified atmosphere packaging of

bread fruit (*Artocarpus altilis*) sticks for shelf life extension at refrigerated temperature. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 7479-7485, 2015.

SANCHÉZ-MORENO, C.; LARRAURI, J.A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, p. 270-276, 1998.

SIDDIQUI, M. W., *et al.* Advanced in minimal processing of fruits and vegetables a review. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 70, p.823-834, 2011.

SIPAHI, R.E., *et al.* Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, p. 9-15, 2013.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, p. 202-210, 2011.

SOUZA, D.S., *et al.* Elaboração de farinha instantânea a partir da polpa de fruta-pão (*Artocarpus altilis*). **Ciência Rural**, v. 42, p. 1123-1129, 2012.

SURESH, S., *et al.* Thermal characteristics, chemical composition and polyphenol contents of date-pits powder. **Journal Food Engineering**, v.119, p. 668-679, 2013.

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

TOIVONEN, M.A.; BRUMMELL, D.A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.48, p.1-14, 2008.

TURI, C.E., *et al.* Breadfruit (*Artocarpus altilis* and hybrids): A traditional crop with the potential to prevent hunger and mitigate diabetes in Oceania. **Trends in Food Science and Technology**, v. 45, p. 264-272, 2015.

VAN SOEST, P. J. The use of detergents in the analysis of fibrous feeds: II. a rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, v.46, p. 1-7, 1963.

WU, S.; CHEN, J. Using pullulan-based edible coatings to extend shelf-life of fresh-cut 'Fuji' apples. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 55, p. 254–257, 2013.

ZAMBRANO-ZARAGOZA, M. L., *et al.* The effect of nano-coatings with a-tocopherol and xanthan gum on shelf-life and browning index of fresh-cut "Red Delicious" apples. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 22, p. 188- 196, 2014.