

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO”**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**UTILIZAÇÃO DE LUZ ULTRAVIOLETA CONTÍNUA (UV-C) E  
LUZ PULSADA PARA CONSERVAÇÃO DE MANGAS CV.  
TOMMY ATKINS MINIMAMENTE PROCESSADAS**

**Julianna Freire de Souza**

Engenheira de Alimentos

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA  
FILHO”**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**UTILIZAÇÃO DE LUZ ULTRAVIOLETA CONTÍNUA (UV-C) E  
LUZ PULSADA PARA CONSERVAÇÃO DE MANGAS CV.  
TOMMY ATKINS MINIMAMENTE PROCESSADAS**

**Julianna Freire de Souza**

**Orientador: Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz**

**Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

**2014**

S729u Souza, Julianna Freire de  
Utilização de luz ultravioleta contínua (UV-C) e luz pulsada para  
conservação de mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas  
/ Julianna freire de Souza. -- Jaboticabal, 2014  
xx, 116 p. : il. ; p. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014  
Orientador: Ben-Hur Mattiuz  
Coorientador: Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi  
Banca examinadora: Ricardo Alfredo Kluge, Marcos David  
Ferreira, Rogério Falleiros Carvalho, Priscila Lupino Gratão  
Bibliografia

1. ABTS. 2. *Mangifera indica* L. 3. Processamento mínimo. 4.  
Radiação não ionizante. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias.

CDU 664.85:634.441

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** UTILIZAÇÃO DE LUZ ULTRAVIOLETA CONTÍNUA (UV-C) E LUZ PULSADA PARA CONSERVAÇÃO DE MANGAS CV. TOMMY ATKINS MINIMAMENTE PROCESSADAS

**AUTORA:** JULIANNA FREIRE DE SOUZA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. BEN-HUR MATTIUZ

**CO-ORIENTADOR:** Prof. Dr. MARCELO AUGUSTO GUTIERREZ CARNELOSSI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. MARCELO AUGUSTO GUTIERREZ CARNELOSSI  
Departamento de Tecnologia de Alimentos / Universidade Federal de Sergipe / São Cristóvão/SE

  
Prof. Dr. RICARDO ALFREDO KLUGE  
Departamento de Ciências Biológicas / ESALQ / USP / Piracicaba/SP

  
Prof. Dr. MARCOS DAVID FERREIRA  
EMBRAPA / Embrapa Instrumentação Agropecuária / São Carlos/SP

  
Prof. Dr. ROGERIO FALLEIROS CARVALHO  
Departamento de Biologia Aplicada - À Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Prof.ª Dra. PRISCILA LUPINO GRATAO  
Departamento de Biologia Aplicada - À Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 06 de junho de 2014.

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

**JULIANNA FREIRE DE SOUZA** – nascida em 22 de junho de 1982, na cidade de Aracaju-SE, filha de Carlos Augusto Freire e Maria Lucia Souza Freire. Engenheira de Alimentos graduada pela Universidade Federal de Sergipe-UFS, em abril de 2008. Durante a graduação foi bolsista CNPQ por dois anos, desenvolvendo projetos e trabalhos na área de Pós-Colheita. Obteve grau de mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos em fevereiro de 2010, pela Universidade Federal de Sergipe, com a dissertação intitulada “Alterações bioquímicas e fisiológicas de salada mista minimamente processada composta por alface americana, alface roxa e acelga”, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi, como bolsista da FAPESE. Em agosto de 2010, ingressou no curso de Doutorado em Agronomia, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV-UNESP), na área de concentração em Produção Vegetal, dando continuidade à sua formação, onde desenvolveu trabalhos e teve a oportunidade de participar de reuniões científicas e de publicar diferentes trabalhos na área. Desde janeiro de 2011 é professora no Instituto Federal de Tecnologia, Ciência e Educação do Estado de Sergipe, onde atualmente ministra aulas e desenvolve pesquisas.

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Carlos Augusto Freire e Maria Lúcia Souza Freire, pelo amor, apoio e incentivo incondicionais. Às minhas irmãs, Marina e Luiza Freire de Souza pelo apoio e eterna amizade.

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, por sempre estar ao meu lado e conceder mais uma vitória.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP) e ao Departamento de Tecnologia pela oportunidade de realização do curso.

À Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Tecnologia de Alimentos e à Embrapa Agroindústria Tropical, Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita pela estrutura disponibilizada para realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz, pelo apoio e orientação para a realização desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi, pela contribuição na minha formação desde a graduação, orientação, amizade e apoio na realização deste trabalho.

À Prof. Dr<sup>a</sup>. Tatiana Pacheco Nunes, pela amizade, auxílio e orientação na realização deste trabalho.

Ao pesquisador Dr. Ebenezer de Oliveira Silva, pela orientação nos trabalhos com luz pulsada.

À Paulo, pelo amor, paciência e apoio incondicionais.

Aos amigos da UFS: Anita Caroline, Thais Trindade, Mateus, Hyrla, Patrícia, Mônica, Jaqueline (Jaque), Augusto, Thainah, Bruna e Celestina pelo convívio, incentivo, amizade e auxílio nas análises laboratoriais. Aos amigos feitos em Jaboticabal: Grazielle, Jaqueline, Kelly, Cristiane e Vanessa, pelo auxílio e amizade.

A Aline Alves, amiga que sempre me incentivou e ajudou a conciliar os experimentos com as aulas no Instituto Federal de Sergipe.

Às alunas do Instituto Federal de Sergipe, Beatriz e Francyele pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação e da Biblioteca, pela atenção e ajuda.

À todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram a chegar até aqui.

**Muito Obrigada!**



## SUMÁRIO

|  |             |
|--|-------------|
| <b>RESUMO</b> .....  | <b>xi</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>xiii</b> |
| <b>Lista de Abreviaturas</b> .....   | <b>xv</b>   |
| <b>Lista de Figuras</b> .....  | <b>xvi</b>  |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>1</b>    |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....  | <b>4</b>    |
| 2.1 Aspectos gerais da cultura da Manga .....  | 4           |
| 2.2 Processamento Mínimo.....  | 5           |
| 2.3 Radiação UV-C.....   | 6           |
| 2.4 Luz pulsada (LP) .....   | 8           |
| 2.5 Compostos bioativos com capacidade antioxidante.....   | 10          |
| 2.6 Enzimas em tecidos vegetais minimamente processados .....  | 11          |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | <b>13</b>   |
| 3.1 Material vegetal.....  | 13          |
| 3.2 Processamento mínimo da manga .....  | 14          |
| 3.3 Experimento 01: Tipo de embalagem na qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’<br>minimamente processadas .....                           | 16          |
| 3.4 Experimento 02: Efeito do tratamento UV-C na qualidade de mangas ‘Tommy<br>Atkins’ minimamente processadas.....                    | 17          |
| 3.5 Experimento 03: efeito do tratamento UV-C na Microbiota contaminante da manga<br>‘Tommy Atkins’ minimamente processada.....        | 19          |
| 3.6 Experimento 04: Aplicação de luz pulsada (LP) na manutenção da qualidade de<br>mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas. .... | 20          |
| 3.7 Avaliações .....   | 21          |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....   | <b>27</b>   |
| 4.1 Tipo de embalagem na qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente<br>processadas.....  | 27          |
| 4.2 Efeito do tratamento UV-C na qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente<br>processadas.....                                    | 42          |

|  |            |
|--|------------|
| 4.3 Efeito do tratamento UV-C na Microbiota contaminante da manga 'Tommy Atkins' minimamente processada.....       | 59         |
| 4.4 Aplicação de luz pulsada (LP) na manutenção da qualidade de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas..... | 64         |
| <b>5. CONCLUSÕES.....</b>  | <b>75</b>  |
| <b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....</b>  | <b>76</b>  |
| <b>ANEXO 1.....</b>  | <b>102</b> |

## UTILIZAÇÃO DE LUZ ULTRAVIOLETA CONTÍNUA (UV-C) E LUZ PULSADA PARA CONSERVAÇÃO DE MANGAS CV. TOMMY ATKINS MINIMAMENTE PROCESSADAS

**RESUMO** – A manga (*Mangifera indica*, L.) é um fruto tropical, com grande expressão no mercado nacional apresentando um excelente potencial para o processamento mínimo. O processamento mínimo inclui operações de seleção, lavagem, classificação, corte (fatiamento), sanitização, centrifugação, embalagem e refrigeração, e apresenta-se como uma alternativa para aumentar o consumo de manga no mercado nacional. Para o sucesso dos produtos minimamente processados é importante que estes mantenham seu estado fresco e sejam microbiologicamente seguros. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de radiação UV-C e luz pulsada nas características qualitativas, fisiológicas, propriedades bioativas antioxidantes e microbiota contaminante em mangas em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas. Para atingir tais objetivos o trabalho foi composto por quatro ensaios experimentais. O ensaio inicial foi realizado com o objetivo de definir a melhor embalagem para armazenar a manga processada; O segundo ensaio foi realizado com o objetivo de definir a intensidade da luz UV-C que melhor controlou as alterações bioquímicas do produto; No terceiro ensaio experimental testou-se o UV-C para eliminação da microbiota contaminante; e no ensaio experimental final, foi observado o efeito da luz pulsada no controle das alterações bioquímicas da manga minimamente processada. O armazenamento das mangas minimamente processadas foi feito à 5°C e 80% UR por 12 dias. Para os ensaios 1, 2 e 4, nos tempos 0, 3, 6, 9 e 12 dias foram realizadas as análises de cor da polpa, teor de sólidos solúveis, de acidez titulável, de ácido ascórbico, pH, , atividade das enzimas peroxidase, polifenol oxidase, pectina metil esterase e fenilalanina amônia liase, potencial antioxidante total e acúmulo de CO<sub>2</sub> na embalagem. Para a análise microbiológica, ensaio 3, as análises foram feitas nos tempos 0, 6 e 12 dias, foram realizadas as análises de coliformes termo-tolerantes; bolores e leveduras; bactérias aeróbias mesófilas e pesquisa de *Salmonella*. As análises realizadas no ensaio 1, demonstraram que as embalagens PET foram as mais eficientes, pois mantiveram os compostos fenólicos totais, ácido ascórbico, e atividade da PAL, acidez titulável e pH; reduziram o índice de escurecimento e a atividade das enzimas PPO, POD, PME. O tratamento com radiação UV-C demonstrou redução na atividade das enzimas PPO, POD, PME, proporcional à intensidade do tratamento, em contrapartida, ocorreu aumento na atividade da PAL. O ácido ascórbico mostrou-se sensível ao tratamento, sendo oxidado ao longo do armazenamento. A dose de 2,26 kJ m<sup>-2</sup> mostrou-se a mais eficiente na descontaminação das amostras de manga minimamente processada, com a manutenção de 2,5 log UFC g<sup>-1</sup> para bolores e leveduras e 2,8 log UFC g<sup>-1</sup> para bactérias aeróbias mesófilas. Não ocorreu o desenvolvimento de *Salmonella* ou coliformes termotolerantes nas amostras de manga minimamente processadas. A utilização de luz pulsada com 12 pulsos em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processada resultou em menor índice de escurecimento, baixa atividade da enzima

PME e elevada capacidade antioxidante. A luz pulsada não alterou os parâmetros de qualidade teor de pH e de acidez titulável, no entanto, observou-se redução no teor de sólidos solúveis do produto com o aumento no número de pulsos. A atividade das enzimas PPO, POD e PAL não foi alterada pelos tratamentos. Observou-se, que o tratamento com UV-C, mesmo utilizando-se doses menos intensas do que o tratamento com luz pulsada foi mais eficiente na manutenção das características de qualidade da manga minimamente processada.

**Palavras-Chave:** ABTS, *Mangifera indica* L., processamento mínimo, radiação não ionizante

## USE OF CONTINUOUS ULTRAVIOLET LIGHT (UV-C) AND PULSED LIGHT FOR CONSERVATION OF MINIMALLY PROCESSED MANGOES CV.TOMMY ATKINS

**ABSTRACT-** Mango (*Mangifera indica* L.) is a tropical fruit with great expression in the national market presenting a great potential for fresh-cut includes selection operations, washing, sorting, cutting (slicing), sanitization, centrifugation, refrigeration and packaging and presents itself as an alternative to increase the consumption of mango in the domestic market, as it offers the consumer a product practical and convenient which has no characteristics freshness changed. Therefore, for the success of minimally processed products is important to keep their fresh state and microbiological safe. The aim of this study was to evaluate the effects of application of UV-C radiation and pulsed light on qualitative, physicochemical, physiological and microbiological characteristics, antioxidant bioactive properties in minimally processed cv. Tommy Atkins mangoes. To achieve these goals, the work was composed of four experimental trials. The initial test was carried out with the objective of defining the best packaging for storing the processed mango; The second test was carried out with the objective of defining the intensity of UV-C light that better control the biochemical alterations of the product; The third experimental trial was carried out in order to observe the efficiency of UV-C in eliminating microbial contaminants; and the last test was carried out in order to observe the effect of the pulsed light in the control biochemical changes in minimally processed mango. The storage of minimally processed mangoes was done at 5° C and 80% RH for 12 days. For tests 1, 2 and 4 at 0, 3, 6, 9 and 12 days analyzes of color of pulp, total soluble solids, titratable acidity, ascorbic acid, pH, activity of peroxidase, polyphenol oxidase, pectin methyl esterase, phenylalanine ammonia lyase, total antioxidant potential and accumulation of CO<sub>2</sub> in the package were performed. For microbiological analysis, test 3, the analyzes were performed at 0, 6 and 12 days, the analysis of thermo-tolerant coliforms, yeasts and molds; mesophilic aerobic bacteria and *Salmonella* were performed. The analyzes conducted in trial 1 showed that in PET packing occurred maintenance of phenolic compounds, ascorbic acid, and PAL activity, titratable acidity and pH; reduction in browning index and activity of PPO, POD, PME enzymes. Treatment with UV-C demonstrated a reduction in the activity of PPO, POD, PME enzymes, proportional to the intensity of treatment, however, there was an increase in PAL activity. Ascorbic acid was sensitive to treatment, being oxidized during storage. The dose of 2.26 kJ m<sup>-2</sup> proved to be the most effective in the decontamination of minimally processed mango samples, with 2.5 log CFU g<sup>-1</sup> maintenance for molds and yeasts and 2.8 log CFU g<sup>-1</sup> for aerobic mesophilic bacteria. The development of *Salmonella* or *coliforms* did not occur in the samples. The use of pulsed light with 12 pulses in mangoes in 'Tommy Atkins' resulted in lower browning index, low enzyme activity of PME and high antioxidant capacity. The pulsed light did not affect the quality parameters of pH and titratable acidity, however, there was a reduction in soluble solids content of the product with the increase in the number of pulses. The activity of PPO, POD and PAL enzymes was not affected by treatments. It was observed that treatment with UV-C, even using

less intense doses was more effective than pulsed light treatment in maintaining the quality characteristics of minimally processed mango.

**Keywords:** ABTS, *Mangifera indica* L., minimally processed, non-ionizing radiation

## Lista de Abreviaturas

|      |  |
|------|--|
| AA   | Ácido ascórbico  |
| AAT  | Atividade antioxidante total                                   |
| ABTS | Radical 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) |
| AT   | Acidez titulável   |
| DPPH | di(phenyl)-(2,4,6-trinitrophenyl)iminoazanium                  |
| EPIs | Equipamentos de proteção individual                            |
| FRAP | Ferric reducing ability of plasma                              |
| IE   | Índice de escurecimento  |
| UV-C | Luz ultravioleta-C   |
| LP   | Luz pulsada  |
| MF   | Matéria fresca   |
| MP   | Minimamente processado   |
| NMP  | Número mais provável   |
| PAL  | Fenilalanina amônia liase                                      |
| PME  | Pectina metil esterase   |
| POD  | Peroxidase   |
| PPO  | Polifenol oxidase  |
| PVC  | Policloreto de vinil   |
| SS   | Sólidos solúveis   |
| UFC  | Unidade formadora de colônias                                  |
| UFS  | Universidade Federal de Sergipe                                |

## Lista de Figuras

- Figura 1.** Aspecto externo e interno do fruto em função do estágio de maturação. Fonte: ASSIS, 2004..... 13
- Figura 2.** Fluxograma de processamento mínimo da manga..... 15
- Figura 3.** Tipo de corte feito na manga ‘Tommy Atkins’ durante o processamento mínimo..... 16
- Figura 4.** Modelo da câmara de UV-C ..... 18
- Figura 5.** Compostos fenólicos totais em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....27
- Figura 6.** Índice de escurecimento em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....29
- Figura 7.** Teor de sólidos solúveis em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....31
- Figura 8.** Teor de ácido ascórbico em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....32
- Figura 9.** Acidez total (AT) e pH em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....33
- Figura 10.** Atividade da polifenol oxidase (PPO) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).....35



- Figura 11.** Atividade da peroxidase (POD) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....36
- Figura 12.** Atividade da fenilalanina amônia liase (PAL) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).....37
- Figura 13.** Atividade da pectina metil esterase (PME) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).....39
- Figura 14.** Capacidade antioxidante (ABTS) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....40
- Figura 15.** Acúmulo de CO<sub>2</sub> nas embalagens de PVC, PET e PD900 contendo mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....41
- Figura 16.** Compostos fenólicos totais em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....42
- Figura 17.** Índice de escurecimento em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....44
- Figura 18.** Teor de sólidos solúveis (°BRIX) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).....46
- Figura 19.** Teor de ácido ascórbico em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a

- 5±1 °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).  
.....47
- Figura 20.** Acidez total titulável e pH em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).  
.....49
- Figura 21.** Atividade da polifenol oxidase em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).  
.....51
- Figura 22.** Atividade da enzima fenilalanina amônia liase (PAL) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).  
.....52
- Figura 23.** Atividade da enzima peroxidase (POD) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).  
.....53
- Figura 24.** Atividade da enzima pectina metil esterase (PME) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).  
.....55
- Figura 25.** Capacidade antioxidante (ABTS) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).  
.....56
- Figura 26.** Acúmulo de CO<sub>2</sub> nas embalagens contendo mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas, tratadas com UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....58
- Figura 27.** Contagem de bolores e leveduras (logUFC g<sup>-1</sup>) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas submetidas a intensidades de luz UV-C

- e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....60
- Figura 28.** Contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas (logUFC g<sup>-1</sup>) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....61
- Figura 29.** Compostos fenólicos totais em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....64
- Figura 30.** Índice de escurecimento (IE) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....65
- Figura 31.** Teor de sólidos solúveis (°Brix) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....67
- Figura 32.** Teor de ácido ascórbico (mg AA 100g<sup>-1</sup> MF) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....68
- Figura 33.** Acidez total titulável (ATT) e pH em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....69
- Figura 34.** Atividade da polifenol oxidase (PPO) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....70
- Figura 35.** Atividade da fenilalanina amônia liase (PAL) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....71

- Figura 36.** Atividade da peroxidase (POD) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^{\circ}\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....72
- Figura 37.** Atividade da pectina metil esterase (PME) das mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^{\circ}\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....73
- Figura 38.** Capacidade antioxidante das mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz e armazenadas a  $5\pm 0,9^{\circ}\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3). .....74

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o segmento de produtos minimamente processados vem crescendo no mercado, pois o consumidor busca cada vez mais produtos de sabor natural, sem adição de conservantes e com aparência fresca.

Produtos minimamente processados possuem vida útil menor que as frutas e hortaliças intactas. O crescimento microbiano e as reações bioquímicas nos tecidos cortados são os principais responsáveis pela redução na vida de prateleira do produto e podem ainda provocar o aumento do risco de surgimento de doenças transmitidas por alimentos (RICO et al., 2007). Por esta razão, a aplicação de técnicas que possam manter as características de qualidade desses produtos por mais tempo, mesmo que sejam alguns dias, pode representar uma grande vantagem para as indústrias que operam neste setor (MANZOCCO et al., 2011a).

A exposição de vegetais à luz ultravioleta C (UV-C) vem sendo utilizada como uma técnica segura e eficiente no tratamento e conservação de produtos minimamente processados. Esse tipo de radiação compreende a faixa de comprimentos de onda de 200-280 nm, e sua utilização constitui-se em um tratamento que não produz compostos orgânicos clorados ou tóxicos, resultantes da utilização de sanitizante comuns a base de cloro; é uma técnica de baixo custo se comparada à radiação gama, alta pressão ou atmosferas modificadas; é ambientalmente segura; apresenta boa eficiência na descontaminação, pois reduz a multiplicação de bactérias psicotróficas, coliformes, bolores e leveduras; não produz odores e sabores desagradáveis ao produto; e aumenta a capacidade antioxidante dos vegetais (LÓPEZ-RUBIRA et al., 2005; MANZOCCO; DRI; QUARTA, 2009; LEMOINE; CHAVES; MARTÍNEZ, 2010; MANZOCCO; DA PIEVE; MAIFRENI, 2011b; SCHENK et al., 2011; ZHAN et al., 2012).

O efeito antimicrobiano da luz UV-C é causado por sua habilidade de danificar o DNA microbiano, causando um *cross-linking* entre a timina e a citosina na mesma fita. O efeito desse *cross-linking* é que a transcrição e replicação do DNA são

bloqueadas, comprometendo suas funções celulares e eventualmente levando à morte celular (SASTRY; DATTA; WOROB, 2000).

A exposição à luz UV-C pode ser um processo estressante e produzir efeito danoso às plantas, uma vez que estimula a produção de espécies reativas de oxigênio que podem modificar a estrutura do DNA. No entanto, em baixos níveis, esse estresse, pode estimular respostas benéficas, como o acúmulo de compostos antimicrobianos (fitoalexinas), modificações da parede celular, aumento na atividade das enzimas de defesa e de atividade antioxidante. Todas essas mudanças fortalecem o tecido da planta para resistir ao processo de degradação dos tecidos (MERCIER, 2000; MAHARAJ; ARUL; NADEAU, 2010).

A utilização de doses de UV-C em frutas e hortaliças, podem afetar fortemente a atividade enzimática (MANZOCCO; DRI; QUARTA, 2009), indicando que o tratamento com UV-C pode representar não só um meio eficaz de desinfecção, mas também uma técnica não termal de inativar enzimas indesejáveis responsáveis por reduzir a vida útil dos produtos vegetais. Apesar dessas descobertas, algumas controvérsias são encontradas na literatura em relação à ação da UV-C em enzimas como a fenilalanina amonioliase (PAL) em sucos de laranja e mangas 'Haden', a qual é ativada pela exposição à luz UV-C (GONZÁLES-AGUILAR; ZAVELETA-GATICA; TIZINADO-HERNANDEZ., 2007a; KEYSER et al, 2008).

Pesquisas têm demonstrado os efeitos da radiação UV-C no controle do crescimento microbiano em pimenta, melão, cogumelos (LAMIKANRA et al., 2000; MANZOCCO; DA PIEVE; MAIFRENI, 2011b; GUAN; FAN; YAN, 2012; RODONI et al., 2012), mudanças na capacidade antioxidante em pimenta e em frutas tropicais (VICENTE et al., 2005; ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009). Shama (2007) e Mercier (2000), observaram também que a luz UV aplicada de forma contínua induz biologicamente ao estresse e a mecanismos de defesa dos tecidos vegetais.

A técnica de luz pulsada é uma tecnologia emergente não térmica utilizada para descontaminar superfícies matando os micro-organismos (GOMEZ-LOPEZ et al., 2007). A luz pulsada é aplicada com lâmpadas de xenônio que podem produzir pulsos intensos em curto tempo possuindo amplo espectro de "luz branca" (ultravioleta até a região do infravermelho próximo). A zona UV-C do espectro (200 a 280 nm) é a mais

importante para inativação microbiana e mudança da atividade enzimática. A inativação depende da intensidade e mecanismos que incluem a modificação química e a clivagem do DNA, a desnaturação de proteínas e outros materiais celulares (BARBOSA-CANOVAS et al., 2004).

A luz pulsada é largamente utilizada para descontaminar materiais de embalagem (películas de plástico, garrafas) e surge como uma nova tecnologia de descontaminação de alimentos. No entanto, a composição do alimento afeta a eficácia do tratamento, a presença de óleos diminuiu o efeito de da luz pulsada. Por apresentar baixo conteúdo de lipídeos, os produtos hortícolas poderiam ser adequados para o tratamento luz pulsada (ELMNASSER et al., 2007). Entretanto, poucos estudos tratam do efeito da luz pulsada sobre fisiologia e aspectos da qualidade de frutas e legumes (GOMEZ-LOPEZ et al.,2012).

Apesar das vantagens da utilização da luz UV-C e da luz pulsada na descontaminação das superfícies dos alimentos, inativação de enzimas e aumento da atividade antioxidante, existem poucos estudos sobre o assunto, quando se trata do emprego dessas tecnologias para aumentar a vida de prateleira de manga cv. Tommy Atkins minimamente processada.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho, foi avaliar o efeito da luz UV-C e da pulsada na conservação da manga cv. Tommy Atkins minimamente processada. Através da investigação da ação dessas técnicas nas características físico-químicas e fisiológicas, propriedades bioativas antioxidantes e microbiota contaminante das mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais da cultura da Manga

A manga é uma fruta tropical popular em todo o mundo devido à sua cor brilhante, sabor característico e valor nutritivo (DJIOUA et al., 2010). O Brasil é o oitavo produtor de manga do mundo (FAO, 2012), com produção de 1.249.521 toneladas. Deste total aproximadamente 127.002 toneladas foram exportadas em 2012 (AGRIANUAL, 2014), e o restante desta produção foi comercializado no mercado interno, caracterizando o Brasil como um grande consumidor desta fruta. As exportações para os Estados Unidos (EUA) e Europa têm crescido constantemente em resposta ao aumento da demanda e de preços mais acessíveis (SAUCO, 2004). As regiões Nordeste e Sudeste do país são as grandes produtoras de manga, sendo na região nordeste os estados de maior expressividade na produção e comércio desta fruta são Pernambuco e Bahia (LUCENA et al., 2007; AGRIANUAL, 2014).

Quando consumida regularmente, a manga pode ser uma valiosa fonte alimentar possuindo muitos compostos fitoquímicos (GRUNDHOFER et al., 2001). É também considerada uma fonte de antioxidantes, incluindo o ácido ascórbico (a manga fornece cerca de 50% da ingestão diária recomendada de vitamina C) e carotenóides, que são removedores de radicais lipofílicos, encontrados em muitas frutas e legumes (VINCI et al., 1995; SCHIEBER; ULLRICH; CARLE, 2000; BERARDINI et al., 2005; DJIOUA et al., 2010).

As variedades cultivadas com maior frequência nas regiões nordeste e sudeste do País são a 'Tommy Atkins', a 'Haden', a 'Keitt', a 'Kent', a 'Palmer', a 'Rosa' e a 'Espada', sendo que a escolha da variedade que será cultivada está diretamente relacionada à preferência do mercado consumidor, ao potencial produtivo na região considerada, à suscetibilidade às pragas, às doenças e à deterioração que é constatada imediatamente após a colheita e, principalmente, à provável projeção de comercialização verificada a longo prazo (ASSIS, 2004).



A variedade Tommy Atkins foi originada na Flórida, Estados Unidos, na década de 1920, é uma variedade monoembriônica, vigorosa e precoce, cuja copa é bastante densa. Ela apresenta elevada produtividade, regularidade na produção e uma considerável resistência tanto aos impactos mecânicos, podendo assim ser facilmente transportada, como também à deterioração após a colheita, sendo, portanto, muito menos perecível que as demais variedades cultivadas para os mercados internacionais (JERONIMO et al., 2007).

Essa cultivar é parcialmente resistente à antracnose, contudo, muito suscetível à morte descendente, à malformação floral e ao colapso interno. Os frutos apresentam aproximadamente 500 gramas, coloração alaranjada, amarelada, avermelhada ou púrpura, polpa consistente, firme e succulenta, casca aderente, médio teor de fibras e 17° Brix, um valor inferior ao valor verificado em outras variedades direcionadas aos mercados externos (ASSIS, 2004).

## **2.2 Processamento Mínimo**

Produtos minimamente processados, também conhecidos por *fresh-cut*, são originalmente frutas e hortaliças que passaram por alterações físicas mínimas, mas que preservam a qualidade nutricional, microbiológica e sensorial do produto fresco (RIVA; FRANZETTI; GALLI, 2001). O processamento mínimo inclui operações como seleção, lavagem, classificação, corte (fatiamento), sanitização, centrifugação, embalagem e refrigeração, realizadas de modo a obter um produto comestível fresco e que não necessite de subsequente preparo (TIRPANALAN et al. 2011; RICO et al., 2007).

De acordo com Jacomino et al. (2004) hortaliças tais como alface, rúcula, agrião, couve, cenoura, beterraba, abóbora, entre outros são os produtos minimamente processados mais comercializados. As frutas ainda são pouco encontradas no mercado sendo as de maior expressividade o abacaxi, o mamão, o melão e a melancia. Outras como goiaba, kiwi, manga, morango e citros também apresentam grande potencialidade para este mercado.

As frutas minimamente processadas apresentam comportamento fisiológico diferente das hortaliças. Dentre as características que diferem nas frutas podem-se citar os aspectos fisiológicos, tamanho, forma e, principalmente, a expectativa do consumidor (AMARAL, 2010). Quando cortadas, as frutas apresentam mudanças fisiológicas associadas a injúrias mecânicas ou fermento dos tecidos vegetais, níveis de atividade metabólica maiores que os produtos intactos, alta atividade respiratória e produção de etileno (SOLIVA-FORTUNAY; MARTÍN-BELLOSO, 2003; CHARLES; GONTARD, 2008). Pode acontecer ainda aceleração de reações bioquímicas responsáveis por mudança de cor, odor, textura e qualidade nutricional reduzindo a sua vida útil (AMARO et al., 2012).

A forma de comercialização das frutas minimamente processadas é muito simples, normalmente os frutos são cortados e revestidos com filme de PVC ou acondicionados em embalagens de PET. Há poucas empresas que fornecem frutas minimamente processadas devido à necessidade de adoção, de tecnologia, especialmente desenvolvida para cada produto (MORETTI, 2007).

Com o objetivo de melhorar a qualidade da fruta e estender a sua vida útil, diversos métodos de conservação vêm sendo utilizados. Dentre eles pode-se citar a utilização de atmosfera modificada (SOTHORNVIT; RODSAMRAN, 2010); resfriamento e manutenção da cadeia do frio durante o armazenamento e distribuição; controle de umidade; métodos de sanitização efetivos (DJIOUA et al., 2010).

### **2.3 Radiação UV-C**

Devido às particularidades de frutas e hortaliças, o processo de sanitização convencional (uso de soluções cloradas) nem sempre é efetivo, sendo necessário a associação a outros métodos de conservação para aumentar a vida útil dos produtos minimamente processados. Atualmente métodos como recobrimentos comestíveis (DJIOUA et al, 2010; SOUZA et al., 2010; PLOTTO et al., 2010), atmosfera modificada (RAMAYYA; NIRANJAN; DUNCAN, 2012), uso de ácidos (CHIUMARELLI et al., 2011) e utilização de radiação do tipo UV-C (ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009) vêm sendo empregados com este objetivo.

A luz ultravioleta ocupa uma ampla faixa de comprimentos de onda numa região não ionizante do espectro eletromagnético entre os raios-x (200 nm) e a luz visível (400 nm). Ela pode ser subdividida em três regiões: UV-C, com comprimentos de onda curtos, na faixa entre 200 e 280 nm; UV-B, com comprimentos de onda médios, na faixa entre 280 e 320 nm; e UV-A, com comprimentos de onda longos, na faixa entre 320 e 400 nm (BINTSIS; LITOPOULOU-TZANETAKI; ROBINSON, 2000).

A eficiência da radiação UV-C contra uma ampla variedade de microorganismos tem sido reportada e existe há um longo tempo um interesse na aplicação para desinfecção de alimentos minimamente processados (ERKAN; WANG; KRIZEK, 2001; MARQUENIE et al., 2002; ALLENDE; ARTÉS, 2003 a,b; YAUN et al., 2004).

As vantagens do uso da radiação UV-C como forma de desinfecção das frutas e hortaliças minimamente processada são: a não formação de compostos tóxicos residuais na superfície do produto, o baixo custo e a não produção de odor (YAUN et al., 2004; LOPES-RUBIRA et al., 2005; KEYSER et al., 2008). Além da inativação de enzimas como a PPO, envolvidas no processo de escurecimento dos tecidos vegetais (TRAN; FARID, 2004; GUERRERO-BELTRÀN; BARBOSA-CÀNOVAS, 2006; KEYSER et al., 2008).

O equipamento de radiação UV-C é relativamente barato e de fácil utilização, em relação a outros equipamentos que promovem sanitização, como o ozônio. No entanto, a técnica de utilização requer certas precauções de segurança, como o uso de EPI's próprios para evitar a exposição direta do manipulador à radiação (BINTSIS; LITOPOULOU-TZANETAKI; ROBINSON, 2000).

Diversos autores vêm estudando o uso da técnica em produtos processados. Manzocco, Da Pieve e Maifreni (2011b), estudando os efeitos da radiação UV-C (0, 1200, 6000 e 12.000 J m<sup>-2</sup>) para controlar o crescimento microbiano e alterações fisiológicas em melão minimamente processado, observaram que o uso da radiação UV-C reduziu em 2 ciclos logarítmicos a contaminação dos cubos de melão. Além disso, o tratamento não alterou características como cor, textura. As doses mais altas de radiação foram mais eficazes na redução do crescimento microbiano do que as mais baixas, concluindo que os efeitos da radiação UV-C são relacionados com a dosagem.

Lamikanra e Richard (2004), comparando os efeitos da radiação UV-C (11,8 kJ m<sup>-2</sup>) em melões minimamente processados com os produtos não tratados, observaram que as respostas do corte são alteradas pela radiação e a mesma diminui a deterioração por microrganismos mesófilos e bactérias lácticas. A radiação UV-C retardou a perda de qualidade sensorial e aumenta a vida útil do melão cantaloupe minimamente processado.

Allothman, Bhat e Karim (2009) verificaram que as mudanças na capacidade antioxidante com a aplicação de tratamento UV-C são proporcionais ao tempo de exposição. Vicente et al (2005) observaram que quando o tratamento UV-C foi utilizado para a conservação de bananas, os valores FRAP e DPPH exibiram um aumento significativo quando irradiados. Segundo o autor, este aumento poderia ser devido ao acúmulo de compostos fenólicos que foi induzido por exposição ao UV-C, tendo este tratamento mostrado um aumento significativo na capacidade antioxidante destes produtos.

De acordo com Mercier (2000), a luz UV aplicada de forma contínua induz biologicamente ao estresse e a mecanismos de defesa dos tecidos vegetais. Nesta indução incluem-se mecanismos como o acúmulo de compostos antimicrobianos (fitoalexinas), a modificação da parede celular, aumento na atividade das enzimas de defesa e atividade antioxidante. Todas essas mudanças fortalecem o tecido da planta para resistir ao processo de degradação dos tecidos.

A utilização de UV-C mostra-se uma técnica ambientalmente segura para a destruição dos micro-organismos, e com grande potencial econômico para ser utilizada em produto minimamente processados, sendo então necessários maiores estudos sobre a eficácia da técnica.

## **2.4 Luz pulsada (LP)**

Muitos esforços vem sendo feitos na tentativa de desenvolver tecnologias não-termiais que sejam capazes de manter a qualidade organoléptica, nutricional e microbiológica de produtos minimamente processados (BARBOSA-CÁNOVAS,

GÓNGORA-NIETO e SWANSON, 1998). As técnicas mais promissoras incluem aplicação de alta pressão, campo elétrico pulsado e luz pulsada (ELMNASSER et al., 2007).

A luz pulsada é uma técnica não termal que utiliza pulsos de alta intensidade, curta duração (1  $\mu$ seg–0,1 seg) com um espectro de ondas de luz capaz de assegurar a descontaminação microbiológica (200–1100 nm). Rico em luz UV-C (200-280 nm) (GÓMEZ-LÓPEZ et al., 2007; GÓMEZ et al., 2012), sua utilização foi aprovada pelo FDA (1996) para a descontaminação das superfícies de alimentos.

O efeito antimicrobiano letal causado pela LP pode ser explicado pelo mesmo mecanismo do UV-C contínuo, onde a inativação é fotoquímica. Em bactérias, a luz UV-C induz a formação de dímeros de pirimidinas (GIESE; DARBY, 2000) que inibem a formação de um novo DNA no processo de replicação das células, inativando o micro-organismo afetado (BOLTON; LINDEN, 2003). A inativação pelo efeito fototérmico leva em consideração que os pulsos aquecem a camada superficial do alimento de forma que o calor produzido na superfície será conduzido para o interior do produto. No entanto, são necessários pulsos com altas doses para que esse efeito ocorra (DUNN et al., 1989).

Diversos autores verificaram o potencial da luz pulsada na conservação de vegetais minimamente processados. Oms-Oliu et al. (2010) estudaram os efeitos da luz pulsada em cogumelos minimamente processados e observaram que as doses de 4,8 e 12 J cm<sup>-2</sup> prolongaram 2-3 dias a vida útil. No entanto, altas doses de luz pulsada (28 J cm<sup>-2</sup>) causaram desidratação e mudanças de textura, devido ao efeito termal do tratamento. Esses efeito termoquímico é relatado em estudos com maçãs, onde as altas doses de LP provocam descompartimentação das células permitindo que os fenóis entrem em contato com o oxigênio, provocando escurecimento nos tecidos (GÓMEZ et al., 2010; GÓMEZ et al., 2012).

Além de reduzir a microbiota contaminante, a luz pulsada também afeta as propriedades físico-químicas e antioxidantes das frutas. Charles et al. (2013) estudaram o efeito da LP em mangas minimamente processadas. Os autores constataram que a utilização de doses próximas a 8 J cm<sup>-2</sup> permitiram a manutenção da cor, textura e perda de água dos produtos.

A luz pulsada é uma tecnologia de grande potencial para a descontaminação de alimentos, pois é uma técnica rápida, eficiente e ambientalmente segura. Por apresentar essas características diversas pesquisas foram realizadas nos últimos 15 anos. No entanto, o mecanismo de ação da luz pulsada sobre os microorganismos ainda não é completamente conhecido e a técnica ainda apresenta algumas limitações como o rápido aquecimento dos vegetais e formas de aplicação homogênea que ainda não existem.

## **2.5 Compostos bioativos com capacidade antioxidante**

O alto consumo de frutas e hortaliças tem sido associado à redução de doenças degenerativas, incluindo câncer, doenças cardíacas, inflamações, artrite, declínio do sistema imunológico, disfunção cerebral, catarata e outros (FESKANICH et al., 2000). Os benefícios à saúde obtido através do consumo destes produtos estão diretamente ligados capacidade antioxidante destes e à presença de compostos hidrossolúveis, como, vitaminas e polifenóis (LEJA; MARECZEK; BEN, 2003; WIJNGAARD; ROBLE; BRUNTON, 2008).

Alguns autores relatam que os níveis de promoção de saúde dos compostos bioativos e a atividade antioxidante de frutas e legumes são fortemente influenciados por diferenças genótípicas e fatores externos, tais como processamento, condições ambientais, estágio de maturação e colheita (DUMAS et al., 2003; LENUCCI et al., 2009).

Os compostos fenólicos, tais como o ácido clorogênico e procianidinas e as formas oligoméricas de epicatequina e catequina são uma importante categoria de compostos fitoquímicos (ROSSLE et al., 2010), que estão presentes em diferentes proporções nas plantas. São considerados compostos com alta capacidade antioxidante e de inibição da produção de espécies reativas do oxigênio, através do mecanismo que inibe as enzimas responsáveis pela produção de espécies de oxigênio ativo e reduzindo a oxidação (KAHKONEN; HOPIA; HEINONEN, 2001; LI et al., 2011).

Portanto, compostos fenólicos em plantas, têm atraído cada vez mais atenção como potenciais agentes para prevenir e tratar doenças relacionadas ao estresse oxidativo (TLILI et al., 2011).

O ácido L-ascórbico (AA) tem inúmeras funções biológicas, que incluem a síntese de colágeno, hormônios e neurotransmissores. Acredita-se que o papel do ácido AA na prevenção da doença é devido à sua capacidade de limpar as espécies reativas do oxigênio nos sistemas biológicos. O câncer que é uma doença que ocorre devido à proliferação celular descontrolada, e pode ser desencadeado por danos oxidativos no DNA da célula. O ácido ascórbico pode atuar como um antioxidante eficaz e retardar ou impedir o dano (DAVEY et al., 2000).

Os carotenóides pertencem ao grupo químico dos terpenos e são encontrados em uma grande variedade de alimentos como, frutas, hortaliças, grãos e raízes. Esses pigmentos são biossintetizados por plantas superiores e por micro-organismos, enquanto os animais os adquirem através da dieta (PORCU, 2004). Carotenóides como o  $\beta$ -caroteno, licopeno, zeaxantina e luteína, exercem função antioxidantes em fases lipídicas, bloqueando as espécies reativas do oxigênio que danificam as membranas lipoprotéicas (SHAMI; MOREIRA, 2004).

A manga cv. Tommy Atkins, possui ampla aceitação do consumidor, no entanto, poucos são os estudos avaliam a capacidade antioxidante desta cultivar. Segundo Ribeiro (2006), as variedades Ubá e Palmer contém compostos fenólicos, ascorbatos, carotenóides,  $\beta$ -Caroteno e minerais antioxidantes, constituindo uma fonte de antioxidantes naturais para a dieta humana. A determinação destes compostos em mangas 'Tommy Atkins' é importante para verificar a manutenção dos mesmos após o processamento mínimo.

## **2.6 Enzimas em tecidos vegetais minimamente processados**

As reações enzimáticas que ocorrem em vegetais minimamente processados são consideradas um entrave para a comercialização desses produtos pois afetam negativamente as características sensoriais e nutricionais das frutas e hortaliças. As principais enzimas responsáveis por essas reações são a Polifenol oxidase (PPO), a

peroxidase (POD), a lipoxigenase (LOX), a pectina metil esterase (PAL) (ALTUNKAYA e GOKMEN, 2011).

A PPO, também conhecida como tirosinase (monofenol,  $\sigma$ -difenol: oxigênio redutase; EC 1.14.18.1), é uma enzima que contém cobre, responsável por catalisar duas reações diferentes usando o oxigênio molecular: a hidroxilação de monofenóis a o-difenóis (atividade da monofenolase) e a oxidação de o-difenóis a o-quinonas (atividade da difenolase). Em tecidos vivos, o substrato fenólico e a enzima se encontram separados no interior da célula, após qualquer dano na estrutura da célula, a enzima e o substrato entram em contato, levando ao escurecimento e alterando assim não apenas as propriedades estruturais e funcionais da proteína, mas também o seu valor nutritivo (AYDEMIR, 2004).

A POD (EC 1.11.1.7) é outra oxidorreductase que pode estar envolvida no escurecimento enzimático. A notoriedade desta enzima se dá devido à sua utilização como um indicador da eficácia do tratamento térmico, bem como o seu papel na deterioração da qualidade. A peroxidase pode estar envolvida no escurecimento enzimático desde que os difenóis possam funcionar como substratos redutores nesta reação. No entanto, o envolvimento da peroxidase no escurecimento pode ser limitado pela presença de peróxido de hidrogênio (MDLULI, 2005).

A LOX (EC 1.13.11.12) atua na oxidação de lipídeos insaturados, sendo reconhecida como uma enzima responsável por deteriorações na qualidade, como por exemplo: o surgimento de *off-odours* e perda de pigmentos em vegetais (AYDEMIR, 2004).

De acordo com o modelo bioquímico atual, o escurecimento no tecido da planta é atribuído ao metabolismo dos fenilpropanóides, durante a qual fenilalanina amônia liase (PAL, EC 4.3.1.5) produz fenóis que podem ser oxidados em quinonas por polifenol oxidase e peroxidase, na presença de oxigênio. Posteriormente, quinonas se polimerizam espontaneamente em pigmentos de escurecimento, levando ao escurecimento dos tecidos (DEGL'INNOCENTI et al., 2007).

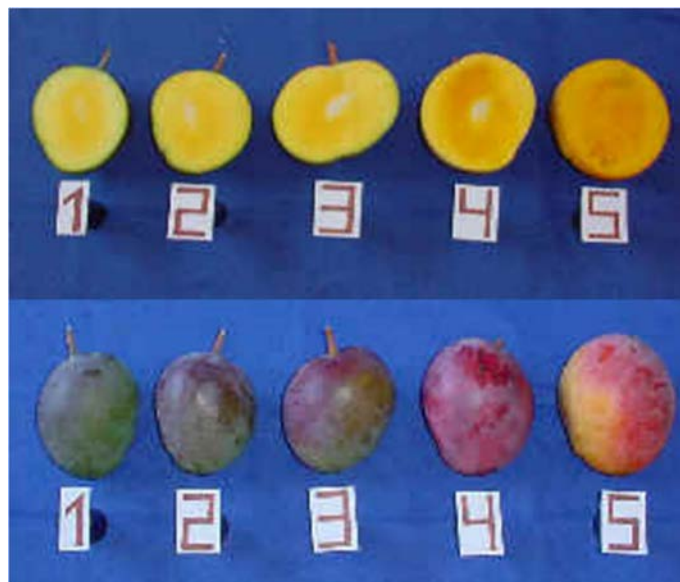


### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa estruturou-se em etapas, em que na primeira foi realizado ensaio preliminar para definir o tipo de embalagem que melhor conservou a manga minimamente processada. Na segunda fase, foram estudados os tratamentos radiação UV-C contínuo, as características microbiológicas e os tratamentos com luz pulsada adequados para a conservação pós-colheita das mangas Tommy Atkins minimamente processadas.

#### 3.1 Material vegetal

Foram utilizadas mangas da cv Tommy Atkins selecionando-se frutos sem sintomas de doenças, com tamanho uniforme médio de 13 cm de altura e 10 cm de largura, no estágio de maturação entre 3 e 4 (Figura 01), equivalente a 11,5 ou 12,5 °Brix (ASSIS, 2004).

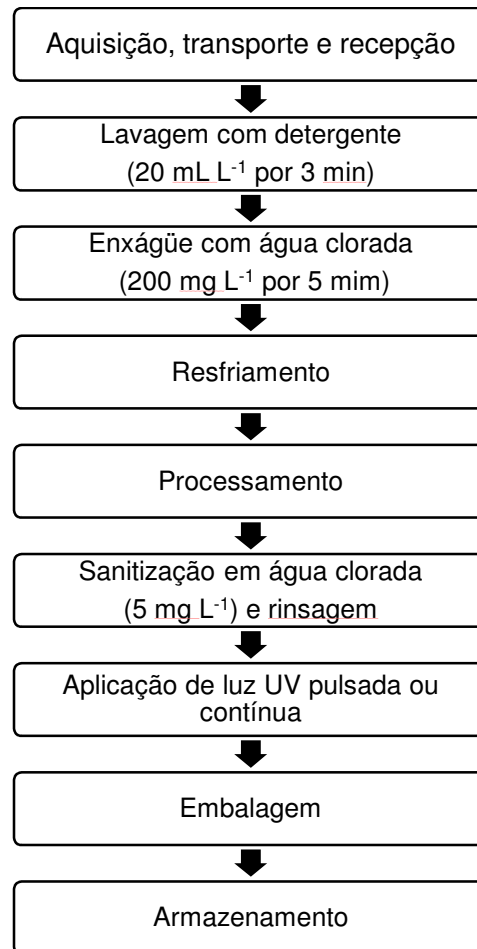


**Figura 1.** Aspecto externo e interno do fruto em função do estágio de maturação. Fonte: ASSIS, 2004.

### 3.2 Processamento mínimo da manga

Imediatamente após a recepção na área de processo, os frutos foram imersos em tanque com água e detergente neutro ( $20 \text{ mL L}^{-1}$ ), durante dois a três minutos, foram limpos com esponja e enxaguados com água limpa. Depois de lavados, os frutos foram imersos em solução com hipoclorito de sódio a  $200 \text{ mg de cloro L}^{-1}$ , à baixa temperatura (ao redor de  $10^\circ\text{C}$ ), por cinco minutos, para reduzir a carga microbiana. Em seguida foram deixados escorrer, por três minutos, sob condições de ambiente.

O processamento mínimo foi realizado de acordo com metodologia descrita por Donadon, Souza e Durigan (2007) com alterações (Figura 02). O processamento ocorreu em sala de processamento mínimo, a  $16^\circ\text{C}$ , em condições higiênicas adequadas e operadores devidamente equipados com toucas, luvas, máscaras e jalecos. Os frutos foram descascados e cortados em fatias com 1 cm de espessura (Figura 03). Após o corte, as tiras foram imersas em solução clorada (sanitizante a base de cloro para alimentos a  $3 \text{ mg L}^{-1}$ ), durante 3 minutos. Em seguida, o produto foi deixado escorrer por 3 minutos e, posteriormente, tratado com diferentes doses de radiação UV-C. Na sequência as tiras foram acondicionadas em embalagens e o armazenamento foi feito a  $5\pm 1^\circ\text{C}$  por 12 dias. As análises foram realizadas a cada 3 dias.



**Figura 2.** Fluxograma de processamento mínimo da manga



**Figura 3.** Tipo de corte feito na manga 'Tommy Atkins' durante o processamento mínimo.

### **3.3 Experimento 01: Tipo de embalagem na qualidade de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas**

As mangas 'Tommy Atkins' foram adquiridas na Central de Abastecimento do estado de Sergipe, entre os estádios de maturação 3 e 4 (ASSIS, 2004). Em seguida, foram transportadas até o Laboratório de processamento de produtos de origem vegetal (LPPOV) da UFS, onde foram processadas de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 2.

O produto minimamente processado foi acondicionado em três embalagens: tereftalato de polietileno (PET), transparente, com tampa, com capacidade de 250 mL; bandejas de poliestireno expandido cobertas com filme de PVC de 11  $\mu\text{m}$  de espessura; embalagem de filme poliolefínico PD-900, da Cryovac® (Tabela 01). As embalagens com 50 g de produto foram mantidas a  $5\pm 1$  °C e 80% UR durante 12 dias, com retiradas a cada 3 dias para análise.

**Tabela 1.** Características das embalagens utilizadas (SARANTÓPOULOS et al, 2002; SIRACUSA, 2012).

| Filmes Plásticos | Características               | Taxa de permeabilidade<br>(mL CNTP m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> ) |                 |
|------------------|-------------------------------|--|-----------------|
|                  |                               | O <sub>2</sub>   | CO <sub>2</sub> |
| PD 900           | Saco plástico termoencolhível | 3,147  | 19,334          |
| PVC 11µm         | Filme plástico esticável      | 13,464   | 89,604          |
| PET              | Bandeja                       | 3,00   | 17,80           |

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial composto por 2 fatores: EMBALAGENS, por três níveis (PVC, PET e PD-900) e DIAS DE AVALIAÇÃO, por cinco níveis (0, 3, 6, 9, 12). Foram utilizadas três repetições.

Foram realizadas análises de compostos fenólicos totais, índice escurecimento, teores de sólidos solúveis, de ácido ascórbico, de acidez titulável e pH, atividade das enzimas polifenol oxidase, peroxidase, fenilalanina amônia liase, pectina metil esterase, atividade antioxidante total e acúmulo de CO<sub>2</sub> na embalagem.

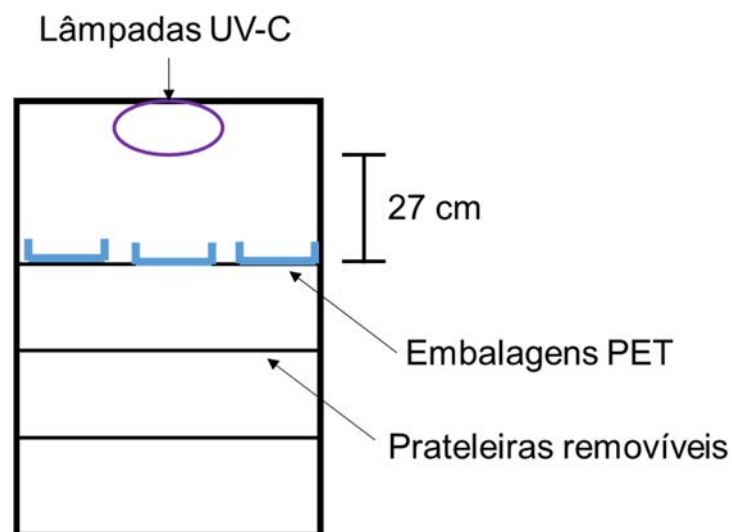
Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e o efeito dos tratamentos, quando significativo, por meio do Teste F. Diferenças entre os resultados foram comparadas pelo teste de Tukey com 95% de intervalo de confiança ( $P \leq 0,05$ ).

### **3.4 Experimento 02: Efeito do tratamento UV-C na qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas**

O material vegetal foi comprado na Central de Abastecimento do estado de Sergipe, entre os estádios de maturação 3 e 4 (ASSIS, 2004). Em seguida, foram transportadas até o Laboratório de processamento de produtos de origem vegetal (LPPOV) da UFS, onde foram processadas de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 2.

O produto minimamente processado foi acondicionado em embalagens PET e exposto à radiação ultravioleta (UV-C). A irradiância na superfície exposta à luz UV-C foi de  $0,9444 \text{ W m}^{-2}$ . As amostras foram expostas a luz UV-C em doses de: 0; 0,56; 1,13; 1,70 e  $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$ .

O tratamento com luz ultravioleta (UV-C) foi realizado em câmara especialmente construída na forma de uma caixa com dimensões de  $1,00 \times 0,60 \times 1,00 \text{ m}$ . Utilizou-se 2 lâmpadas G15T8 (marca Phillips) de 15 W, dispostas paralelamente, na parte superior da caixa de madeira revestida com papel alumínio. As embalagens de PET abertas contendo os frutos foram dispostos sobre uma prateleira posicionada a uma distância de 27 cm da fonte de luz, pelo tempo estabelecido (Figura 4). As intensidades das doses de radiação foram estabelecidas adequando-se a distância entre a fonte luminosa, a prateleira e o tempo de exposição, e foram determinadas com o auxílio de um radiômetro portátil (UVX radiômetro digital UVP Inc., San Gabriel, CA).



**Figura 4.** Modelo da câmara de UV-C

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial composto por 2 fatores: RADIAÇÃO UV-C, por cinco níveis (0; 0,56; 1,13; 1,70 e  $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$ ), e DIAS DE AVALIAÇÃO, por cinco níveis (0, 3, 6, 9, 12). Foram utilizadas três repetições.

Na sequência as embalagens foram tampadas e armazenadas a  $5\pm 1$  °C por 12 dias. A cada três dias, foram realizadas análises de compostos fenólicos totais, índice escurecimento, teores de sólidos solúveis, de ácido ascórbico e acidez total e pH, atividade das enzimas polifenol oxidase, fenilalanina amônio liase, peroxidase, pectina metil esterase, atividade antioxidante total e acúmulo de CO<sub>2</sub> na embalagem.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e o efeito dos tratamentos, quando significativo, por meio do Teste F. Diferenças entre os resultados foram comparadas pelo teste de Tukey com 95% de intervalo de confiança ( $P \leq 0,05$ ).

### **3.5 Experimento 03: efeito do tratamento UV-C na Microbiota contaminante da manga 'Tommy Atkins' minimamente processada**

As mangas 'Tommy Atkins' foram compradas na Central de Abastecimento do estado de Sergipe, respectivamente entre os estádios de maturação 3 e 4 (ASSIS, 2004). Em seguida, foram transportadas, até o Laboratório de processamento de produtos de origem vegetal (LPPOV) da UFS, onde foram processadas de acordo com a Figura 02. As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de microbiologia de alimentos (LMA) da UFS.

Neste experimento foram realizadas avaliações microbiológicas considerado os valores mínimo, intermediário e máximo para os fatores tempo de armazenamento e aplicação de UV-C.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial composto por 2 fatores: RADIAÇÃO UV, por três níveis (0; 1,13 e 2,26 kJ m<sup>2</sup>) e DIAS DE AVALIAÇÃO, por três níveis (0, 6, 12 dias). Foram utilizadas três repetições.

Foram realizadas análises para determinar bolores e leveduras, micro-organismos aeróbios mesófilos, presença ou ausência de *Salmonella* sp. e coliformes a 45°C.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e o efeito dos tratamentos, quando significativo, por meio do Teste F. Diferenças entre os resultados foram comparadas pelo teste de Tukey com 95% de intervalo de confiança ( $P \leq 0,05$ ).

### **3.6 Experimento 04: Aplicação de luz pulsada (LP) na manutenção da qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas.**

As mangas ‘Tommy Atkins’ foram adquiridas na em mercados na região central de Fortaleza-CE, respectivamente entre os estádios de maturação 3 e 4 (ASSIS, 2004). Em seguida, foram transportadas até o Laboratório de fisiologia e tecnologia pós – colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, onde foram processadas de acordo com a Figura 02.

O produto minimamente processado foi acondicionado em embalagens PET e exposto ao tratamento com luz pulsada.

Os tratamentos foram aplicados utilizando-se de uma câmara UVp (SteriBeam, modelo XeMaticA-2LXL), provida de duas lâmpadas preenchidas com gás xenônio, de alta potência, largura de 190 mm, posicionadas lateralmente, com capacidade para um pulso a cada 15 s, com energia de  $0,3 \text{ J cm}^{-2} \text{ pulso}^{-1}$  ( $3 \text{ kJ m}^{-2}$ ) (para pulsos com 100% de potência das lâmpadas). As doses foram modificadas pelo aumento no número de pulsos aplicados (0, 6, 12 e 18 pulsos) que totalizaram doses de 0, 18, 36 e  $54 \text{ kJ m}^{-2}$ .

Após os tratamentos, as embalagens foram fechadas e armazenadas em câmara fria à temperatura de  $5 \pm 0,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 12 dias, A cada três dias, foram realizadas análises de compostos fenólicos totais, índice escurecimento, teores de sólidos solúveis, de ácido ascórbico e acidez total e pH, atividade das enzimas polifenol oxidase, fenilalanina amônio liase, peroxidase, pectina metil esterase e atividade antioxidante total.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial composto por 2 fatores: NÚMERO DE PULSOS, por



quatro níveis (0, 6, 12 e 18 pulsos), e DIAS DE AVALIAÇÃO, por cinco níveis (0, 3, 6, 9, 12). Foram utilizadas três repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e o efeito dos tratamentos, quando significativo, por meio do Teste F. Diferenças entre os resultados foram comparadas pelo teste de Tukey com 95% de intervalo de confiança ( $P \leq 0,05$ ).

### 3.7 Avaliações

**Compostos fenólicos totais:** foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Kubota (1995), com adaptações. Para a determinação dos teores de fenóis foi construída uma curva de D-catequina com concentrações variando entre 0 e 100  $\mu\text{g}$ . A curva foi preparada a partir da adição de 1 mL de soluções de D-catequina em tubos de ensaios e completando-se o volume de 5 mL com a adição de água destilada. Foi adicionado em cada tubo 5 mL da solução diluída de Folin-Ciocalteu (1 mL de reagente de Folin (2N) em 9 mL de água destilada). O conteúdo foi homogeneizado em agitador de tubos, por 30 segundos em seguida foram adicionados 4 mL de solução de carbonato de sódio (10%) e novamente o conteúdo foi homogeneizado em agitador de tubos. Os tubos foram colocados por 1 hora a 30°C (banho Maria) e logo após transferidos para 0°C (banho de gelo) onde ficaram por aproximadamente 1 hora com a finalidade de paralisar a reação de oxidação. Em seguida, com auxílio de cubetas de vidro, foram realizadas leituras das amostras dos tubos de ensaios, em espectrofotômetro com comprimento de onda de 700 nm.

Para a determinação de fenóis totais nas amostras, o procedimento foi o mesmo realizado para a construção da curva padrão, substituindo-se a solução de D-catequina por 1 mL do extrato vegetal diluído obtido a partir de 5 g do material vegetal. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g}$  D-catequina  $\text{g}^{-1}$  MF.

**Índice de escurecimento (IE):** A avaliação do índice de escurecimento foi feita diretamente sobre a superfície do produto, pela escala Hunter (CIELab), tomando-se como base os valores de  $L^*$  (luminosidade (claro/escuro));  $a^*$  - cromaticidade no eixo

da cor verde (-) para vermelha (+);  $b^*$  - cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+), com o uso de um colorímetro portátil digital (MINOLTA CR-300). O IE foi determinado de acordo com metodologia de (PALOU et al., 1999) utilizando os parâmetros obtidos,  $L$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . O cálculo do índice de escurecimento foi feito utilizando-se a fórmula desenvolvida por Holcroft e Kader (1999):

$$IE = \left[ \frac{100(x - 0,31)}{0,172} \right], \quad x = \frac{(a + 1,75L)}{(5,645L + a - 3,012b)}$$

**Sólidos solúveis:** estes teores foram determinados em 2 gotas obtidas do material triturado e filtrado em gaze, medido em refratômetro digital Atago PR-101, sendo os resultados expressos em °Brix (met. 932.12 da AOAC, 1997).

**Ácido ascórbico:** O teor de ácido ascórbico foi determinado em 5g de material previamente triturado e homogeneizado em 50 mL de solução de extração preparada com ácido oxálico. Transferiu-se 7 mL da mesma para Erlenmeyer e titulou-se com 2,6- diclorofenolindofenol até adquirir a coloração rosa. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de amostra (met 967.21 AOAC, 1997).

**Acidez titulável:** foi doseada em 5 g de material previamente triturado e homogeneizado em 50 mL de água destilada, através de titulação com NaOH a 0,1 N padronizada, até atingir o pH = 8,2. Os resultados foram expressos % de ácido cítrico (met. 981.12 da AOAC, 1997).

**pH:** foi determinado empregando peagômetro digital (met. 981.12 da AOAC, 1997).

**Polifenol oxidase (PPO):** A atividade da PPO foi determinada utilizando-se como substrato o catecol de acordo com método descrito por (SIMÕES, 2004). A atividade determinada a partir de extrato homogeneizando-se 1 g de produtos em 6 mL de tampão fosfato 0,2M e o extrato mantido a 4°C. O homogeinato foi centrifugado

a 10.000 x g, por 21min a 4°C e o sobrenadante utilizado como extrato enzimático. A atividade foi determinada pelo aumento da absorbância a 425nm a 30°C e as leituras foram feitas a cada 30s, usando-se 1,5 mL de catecol em 1,3 mL de tampão fosfato 0,2M e 30 µL do extrato. A atividade foi expressa em µM fenol min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>.

***Peroxidase (POD):*** Utilizou-se metodologia proposta por (SILVA, 1981). A atividade da peroxidase foi expressa em µM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> MF, e a unidade da enzima (UE), por grama de massa fresca (MF), definida como a quantidade de extrato enzimático que resulta no aumento de 0,001 na absorbância a 450 nm.

***Fenilalanina amônia liase (PAL):*** foi determinada utilizando-se a metodologia proposta por Ke e Saltveit (1986). A análise foi realizada pesando-se 1g do tecido vegetal que foi macerado em almofariz com 2,5 mL de tampão Borato de Sódio 50 mM (pH 8,5), contendo 5mM de β-Mercaptanol e 0,075g de polivinil pirrolidona (PVP); Centrifugou-se a 25.000 x g por 20 min a 4°C; O sobrenadante foi colocado em um tubo em banho de gelo; Na cubeta, adicionou-se 1mL do extrato enzimático; Deixou-se o tubo de ensaio com o extrato em banho termostático a 40°C até a estabilização da temperatura (2 minutos); Adicionou-se à cubeta 110µL de L-fenilalanina (100mM), homogeneizou-se e, imediatamente, foi realizada uma leitura de absorbância a 290nm, seguido de uma outra leitura após uma hora nestas condições. Os resultados foram expressos em µmol de ác. trans-cinamico g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

***Pectina metil esterase (PME):*** Homogeneizou-se 25 g da polpa com 50 mL de NaCL 0,2 N, o homogeinato foi filtrado em gaze, o pH ajustado para 6 com NaOH 0,1 N e o novo homogeinato incubado a 4°C por 1 hora de agitação. O material foi centrifugado a 25.000 x g, por 30 minutos, a 4°C. O sobrenadante resultante constitui o extrato enzimático. Para a determinação da atividade, retirou-se uma alíquota de 6mL de extrato e a ela adicionou-se 30 mL de pectina cítrica a 1% em NaCL 0,2N pH 7,0. A taxa de desmetilação do extrato foi medida por titulação com NaOH 0,01 N, mantendo-se o pH 7,0 por 10 minutos. Uma unidade de atividade enzimática (UAE)

de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação da pectina correspondente ao consumo de 1nmol de NaOH por 10 minutos. Os resultados foram expressos em nmol NaOH g<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> (JEN; ROBINSON, 1984).

***Atividade antioxidante total (AAT):***

Preparo da amostra: Utilizou-se 2g da amostra congelada. A amostra foi pesada em tubo de falcon de 50 mL, adicionou-se 4 mL de metanol 50%, homogeneizou-se com bastão de vidro e deixou-se 60 minutos sob agitação em à temperatura ambiente. Em seguida foi realizada centrifugação a 25.400 x g durante 15 minutos, transferindo-se o sobrenadante para um balão volumétrico de 10 mL. A partir do resíduo da primeira extração, foi adicionado 4 mL de acetona 70%, o homogenato foi deixado em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Centrifugou-se novamente a 25.400 g durante 15 minutos transferindo o sobrenadante para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante, completando o mesmo para 10 mL com água destilada.

Capacidade antioxidante ABTS: A partir do extrato obtido, foram preparadas, três diluições diferentes: 10µL da amostra + 20 µL de água destilada, 20µL da amostra + 10 µL da amostra e 30 µL somente da amostra, em triplicata, a diluição de 30µL corresponde a alíquota máxima para esse tipo de análise. Em ambiente escuro, foi feita a transferência de alíquotas de cada diluição deste extrato para tubos de ensaio, adicionando sempre 3,0 mL do radical ABTS<sup>•+</sup> e homogeneizando em agitador de tubos. A leitura foi realizada a 734 nm após 6 minutos da mistura e utiliza-se álcool etílico como branco. A curva gerada a partir dos valores das absorbâncias e das concentrações das amostras foi calculada. Os valores da AAT foram obtidos substituindo-se o valor de y na equação da reta pela absorbância equivalente a 1000 µM Trolox, sendo os resultados expressos em µM Trolox g<sup>-1</sup> polpa (RUFINO et al., 2007).

***Acúmulo de CO<sub>2</sub>***: foi medida por rastreamento da concentração de CO<sub>2</sub> na embalagem ao longo do armazenamento. Foi utilizado um cromatógrafo a gás modelo

GC-14B (Shimadzu, Kyoto), equipado com um detector de condutividade térmica (TCD), coluna de alumínio preenchida com Porapak-Q (80 - 100 mesh) para análise de CO<sub>2</sub>. O gás de arraste foi o nitrogênio, com fluxo de 30 cm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>; e corrente elétrica de 85 mA. A quantificação foi feita por comparação das áreas dos picos produzidos pelas amostras com áreas dos picos produzidos pela injeção de alíquotas-padrão de concentração conhecida. Os resultados foram expressos em % CO<sub>2</sub>.

**Análises microbiológicas:** foram realizadas segundo metodologias descritas em American Public Health Association (DOWNES; ITO, 2001).

Preparo das amostras: Para cada amostra pesaram-se 25g que foram adicionadas em 225 mL de água peptonada tamponada (Oxoid, Basingstoke, UK) e homogeneizadas. Em seguida foram preparadas diluições decimais seriadas até 10<sup>-3</sup> em água peptonada 0,1%.

a. Contagem Total de Microrganismos Aeróbios Mesófilos: A partir de cada diluição selecionada, semeou-se 1 mL em placa de Petri, sobre a qual foi adicionado ágar Padrão para Contagem (PCA – Oxoid). Após a completa homogeneização girando suavemente as placas no sentido horário e anti-horário alternadamente e posterior solidificação do meio, as placas foram incubadas a 37°C por 48 horas. As placas contendo entre 25 a 250 colônias foram contadas. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama do alimento (logUFC g<sup>-1</sup>).

b. Enumeração de Coliformes a 45°C: De cada diluição seriada do alimento, transferiu-se assepticamente 1 mL para três tubos contendo caldo lactosado, que foram incubados a 35°C, durante 48 horas. Decorrido o tempo de incubação, os tubos positivos foram selecionados, ou seja, os que apresentarem turvação do meio e gás no interior do tubo de Durham, dispensando-se os demais. A partir de cada tubo positivo de caldo lactosado, foi feito repique para tubo de caldo EC, contendo tubo de Durham. Os tubos foram incubados à temperatura de 45,5°C por 48 horas, em banho maria. Foi observada turbidez do caldo com produção de gás, e a partir desses tubos positivos foi calculado o número mais provável por grama (NMP g<sup>-1</sup>), utilizando a tabela de NMP para três séries de três tubos conforme (SWANSON; PETRAN; HANLIN, 2001).

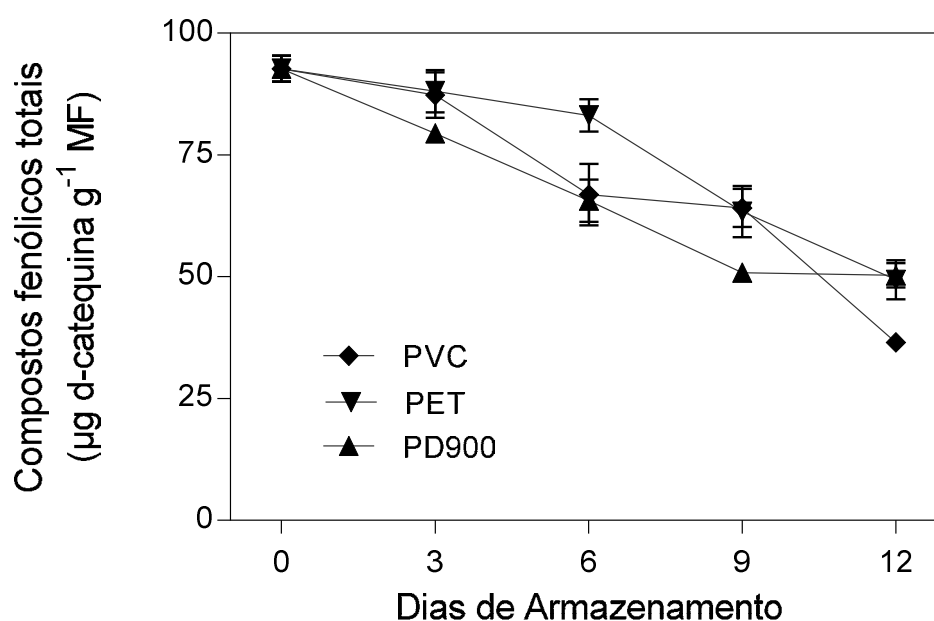
c. Detecção de *Salmonella*: Foram pesados 25g do inhame minimamente processado seguido de pré-enriquecimento, em caldo lactosado, com incubação a 35°C, por 24h, seguida de enriquecimento seletivo, em caldo tetrionato e caldo Rappaport-Vassiliadis incubados, respectivamente, a 35°C e 42°C, por 24h. Para então serem semeados no Agar XLD e HE podendo assim identificar colônias típicas de *Salmonella sp.* As colônias típicas foram submetidas a provas bioquímicas (LIA, TSI e Citrato de Simmons).

d. Enumeração de Bolores e Leveduras: A partir de cada diluição selecionada, semeou-se 0,1 mL em placa de Petri contendo o meio batata dextrose ágar (BDA – Oxoid) solidificado. Após o completo espalhamento do inóculo na placa de petri com o auxílio de uma alça de Drigalski, as placas foram incubadas a 25°C por 72 horas. As placas contendo entre 25 a 250 colônias foram contadas. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama do alimento (logUFC g<sup>-1</sup>).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Tipo de embalagem na qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas.

O teor do compostos fenólicos totais decresceu significativamente ( $P < 0,05$ ) em relação ao tempo e tipo de embalagem utilizada (PET, PVC, PD-900). As embalagens de PET mantiveram maiores conteúdos de compostos fenólicos totais do que em produtos armazenados em embalagens de PVC e PD900 (Figura 5). Esse comportamento, pode ser explicado pela baixa permeabilidade da embalagem PET ao oxigênio se comparada com as outras duas embalagens (GALDI et al., 2008; MANGARAJ; GOSWAMI; MAHAJAN, 2009).



**Figura 5.** Compostos fenólicos totais em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5 \pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

As polifenol oxidases são enzimas capazes de oxidar compostos fenólicos com auxílio do oxigênio molecular, sendo o resultado final das reações catalisadas por

essas enzimas, as  $\sigma$ -quinonas que são substâncias altamente reativas e combinam-se entre si e outros componentes do meio para gerar produtos de condensação de alta massa molecular e cor escura, chamados melaninas (ESPÍN et al., 1998; JANG; MOON, 2011). No presente estudo, a embalagem PET por apresentar baixa permeabilidade ao oxigênio, faz com que o  $O_2$  torne-se escasso na embalagem e, conseqüentemente, não conseguisse atuar como propulsor do processo oxidativo de escurecimento enzimático.

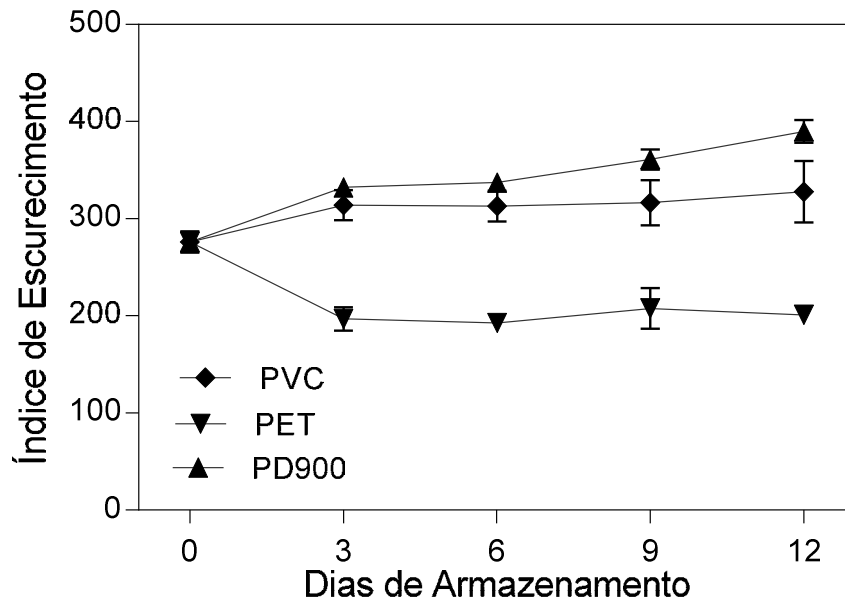
Observa-se ainda neste experimento a correlação existente entre a redução acentuada no teor de compostos fenólicos em embalagens de PD-900 e PVC com o aumento no índice de escurecimento (IE) dessas amostras (Figura 6), comportamento que pode ser explicado pela maior permeabilidade dessas embalagens aos gases  $O_2$  e  $CO_2$ . Nas embalagens de PVC e PD900 os valores variaram de 92,73 a 36,50 e 49,35  $\mu g$  D-catequina  $g^{-1}$  MF para as respectivas embalagens.

O comportamento dos compostos fenólicos em relação ao tempo de armazenamento observada neste experimento, foi semelhante ao observado por Sogi et al. (2012) em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas, tratadas com luz infravermelha, tratados com 2,5; 5 e 7,5 min.

As mudanças observadas no índice de escurecimento das amostras de manga minimamente processada (Figura 6), demonstraram que a utilização de embalagens PET, PD900 e PVC foi efetiva no controle do escurecimento das mangas processadas.

Nos produtos armazenados em embalagens PET não ocorreu o desenvolvimento da coloração escura nas mangas minimamente processadas (Figura 6). Comportamento esse que pode ser explicado pela utilização de baixas temperaturas ( $5^\circ C$ ). De acordo com Gil, Aguayo e Kader (2006) a temperatura é o mais importante fator ambiental que afeta as rotas metabólicas nos frutos e hortaliças, retardando a atividade de enzimas e conseqüente a produção de  $\sigma$ -quininas e melaninas.





**Figura 6.** Índice de escurecimento em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Além disso, a manutenção no teor de compostos fenólicos totais apresentado por mangas minimamente processadas armazenadas nas embalagens PET (Figura 5), indicam que a baixa permeabilidade da embalagem PET ( $3,0 \text{ mL O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  e  $17,80 \text{ mL CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), permite que ocorra a entrada de pouco oxigênio, composto que está relacionado com processos metabólicos pós-colheita como a respiração e atividade enzimática.

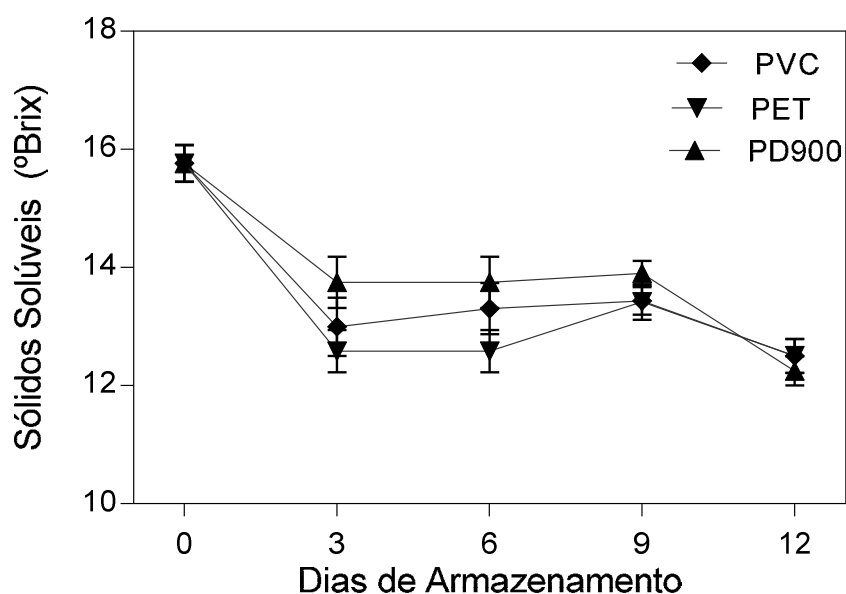
As frutas embaladas em PVC e PD900 apresentaram aumento significativo no índice de escurecimento (Figura 6). As embalagens de PVC possuem taxas de transmissão de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  de respectivamente  $13,46$  e  $89,60 \text{ mL m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , enquanto que em embalagens de PD900 essas taxas são de  $3,14$  e  $19,33 \text{ mL m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , tanto a PD900 quanto a PVC, possuem maior permeabilidade ao oxigênio que a embalagem PET, assim, o oxigênio está mais disponível para as reações de oxidação como o escurecimento enzimático.

Alguns autores observaram comportamento semelhante ao descrito neste experimento: Gonzalez-Aguilar, Wang e Buta (2000) observaram em mangas ‘Haden’ minimamente processadas que a atmosfera modificada formada passivamente dentro

da embalagem e o uso de antioxidantes, ajudam na redução do escurecimento do produto, isso porque as embalagens controlam a entrada e saída de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Djioua et al. (2010) estudaram a influência de pré-tratamentos em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas embaladas armazenadas em embalagens de polietileno tereftalato e observaram redução no escurecimento dos produtos que receberam pré-tratamentos como recobrimento de quitosana.

Observou-se que o tipo de embalagem não apresentou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) sobre o teor de SS das mangas minimamente processadas, enquanto que houve diferenças significativas para o tempo de armazenamento (Figura 7). Comportamento similar foi observado por mangas de diferentes cultivares armazenadas em temperaturas de 4-5 °C por períodos de 8 a 14 dias (GIL; AGUAYO; KADER, 2006; GONZÁLES-AGUILAR; ZAVELETA-GATICA; TIZINADO-HERNANDEZ., 2007a; DJIOUA et al., 2010).

Essa redução no SS pode ser consequência da continuidade do processo de maturação dos produtos, onde o amido presente na manga se desdobra em glicose para ser utilizada como precursora do processo respiratório (KOBBLITZ, 2008). O aumento do processo respiratório, provocado pelas etapas do processamento mínimo do produto, possivelmente tenha acelerado o consumo dos açúcares reduzindo, assim, o SS.

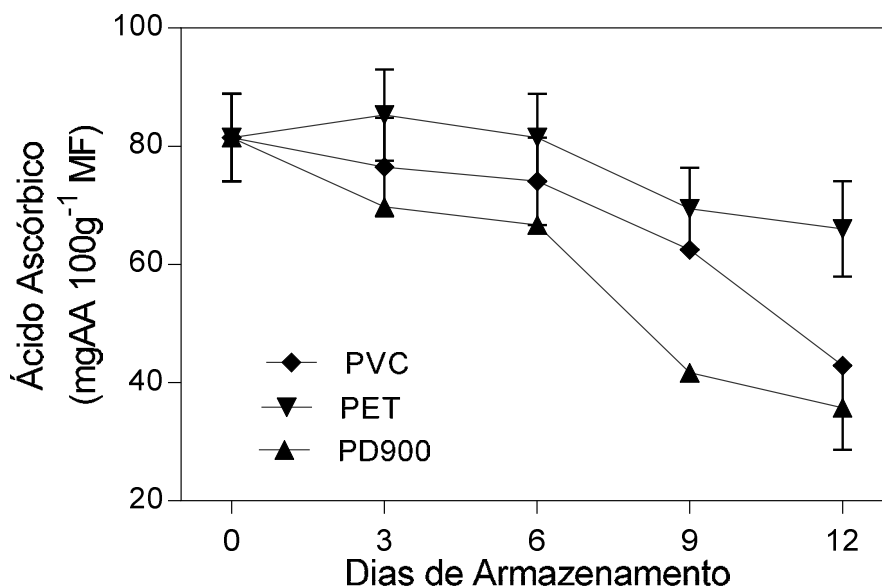


**Figura 7.** Teor de sólidos solúveis em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Embora tenha ocorrido decréscimo não significativo, observou-se que em embalagem de PD900 essa redução ocorreu de forma menos acelerada. A embalagem de PD900 possui permeabilidade ao oxigênio ligeiramente maior que da embalagem PET, então as frutas processadas podem ter consumido todo oxigênio presente na embalagem PET o que resultou no início de um processo de anaerobiose onde ocorre maior consumo dos açúcares e conseqüente redução no SS. De acordo com Sothornvit e Rodsamran (2008) quanto menor o decréscimo no teor de sólidos solúveis maior será a vida útil do vegetal.

O conteúdo de AA decresceu em todos os produtos ao longo dos 12 dias de armazenamento (Figura 8), apresentando inicialmente uma média de 81,48 mg AA  $100g^{-1}$  MF e ao final do 12º dia esses valores descaíram para 42,91; 35,76; 64,38 nas respectivas embalagens de PVC, PD900 e PET. Observa-se que nas amostras armazenadas em embalagens do tipo PET, apesar de não significativo, o processo oxidativo do ácido ascórbico ocorreu de forma mais lenta, possivelmente, por esta embalagem apresentar maior barreira ao oxigênio do que as demais. O processo oxidativo ocorre mais rapidamente em produtos minimamente processados se

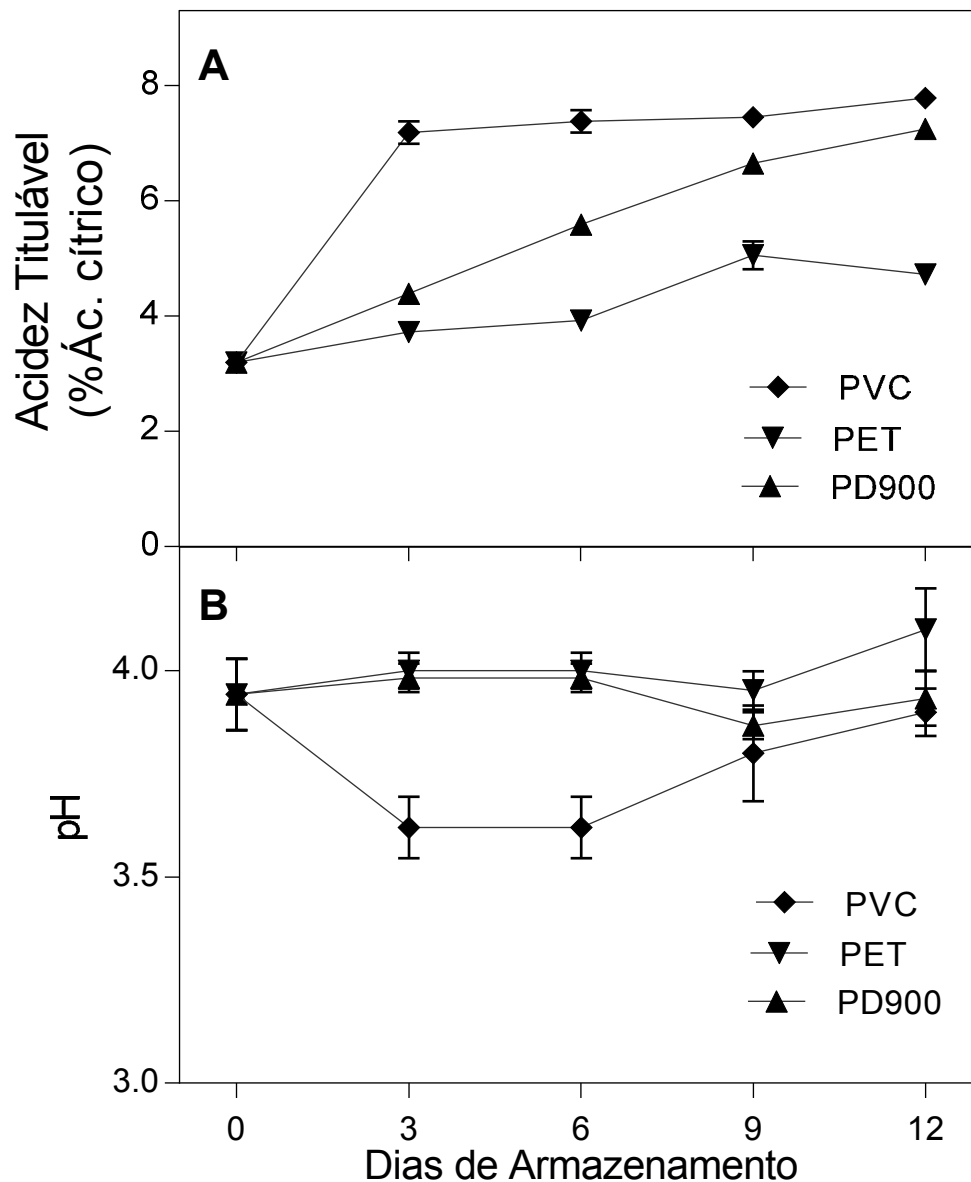
comparado aos vegetais inteiros, pois, em produtos MP ocorrem os processos de descascamento e corte, que expõem o conteúdo celular ao oxigênio do ambiente (ALLONG; WICKHAM; MOHAMMED, 2000).



**Figura 8.** Teor de ácido ascórbico em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Gonzalez-Aguilar et al. (2008) também observaram em mangas 'Kent', 'Keitt' e 'Ataulfo' redução nos teores de AA ao longo de 12 dias de armazenamento. Os autores observaram que os frutos nos quais foi utilizado recobrimento comestível a oxidação da vitamina C foi significativamente menor, pois criou uma atmosfera passiva com menor teor de O<sub>2</sub>.

A acidez total foi afetada nas mangas MP armazenadas em embalagens PD900 e PVC (Figura 9A). Observou-se aumento brusco nos três primeiros dias de armazenamento nos produtos armazenados em PVC, com valores variando de 3 a 7,5% de ácido cítrico, permanecendo constante até o final do experimento. Para as mangas armazenadas em PD900 o aumento da acidez ocorreu em proporção similar, no entanto, de forma mais lenta ao longo dos 12 dias de armazenamento.



**Figura 9.** Teor de Acidez Titulável e pH em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Liu et al. (2013) reportaram que em mangas minimamente processadas, o ácido orgânico predominante varia de acordo com a espécie, dentre os ácidos orgânicos, os de maior expressividade foram os ácidos cítrico e málico, estes autores, não

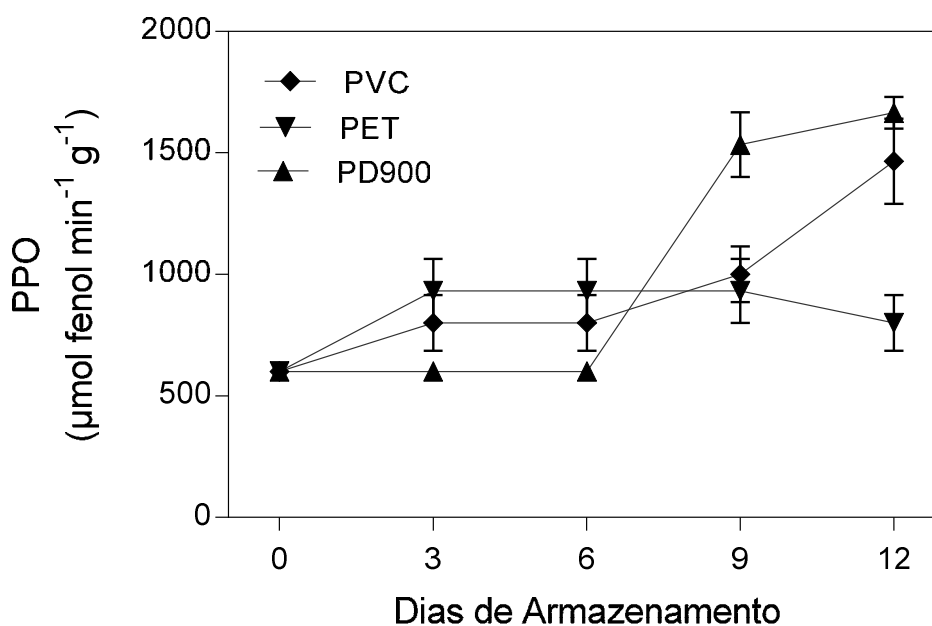
observaram alterações significativas no teor de ácido ascórbico ou pH em mangas inteiras ao longo do armazenamento.

O aumento no percentual de ácidos orgânicos em frutas e hortaliças em maturação podem ser resultado do processo fermentativo que se inicia na completa ou parcial ausência do oxigênio (WILEY, 1994). No presente experimento, as embalagens utilizadas, representam a barreira ao O<sub>2</sub> responsável pelo início do processo fermentativo.

Diversos autores estudaram o efeito dos recobrimentos e películas comestíveis, que funcionam como barreira à troca de gases, em mangas minimamente processadas (DJIOUA et al., 2010; PLOTTO et al., 2010; DEA et al., 2010). Estes observaram redução no teor de acidez, comportamento oposto ao visualizado neste estudo, o que pode ter acontecido por que os filmes comestíveis possuem maior permeabilidade à troca de gases, possibilitando a redução no teor de oxigênio em contato com a amostra, mais também liberando o CO<sub>2</sub> com maior facilidade que as embalagens utilizadas no presente trabalho.

O tipo de embalagem influenciou significativamente o pH dos produtos. Em embalagens PET os valores permaneceram inalterados durante 12 dias de experimento, diferentemente do observado em embalagens de PD900 nas quais, houve redução a partir do sexto dia (Figura 9B).

Como observado na Figura 10, a atividade da PPO foi significativamente maior ( $P < 0,05$ ) em mangas armazenadas em embalagens de PD900, estando em concordância com os dados de compostos fenólicos e índice de escurecimento (Figuras 4 e 5) obtidos neste experimento.



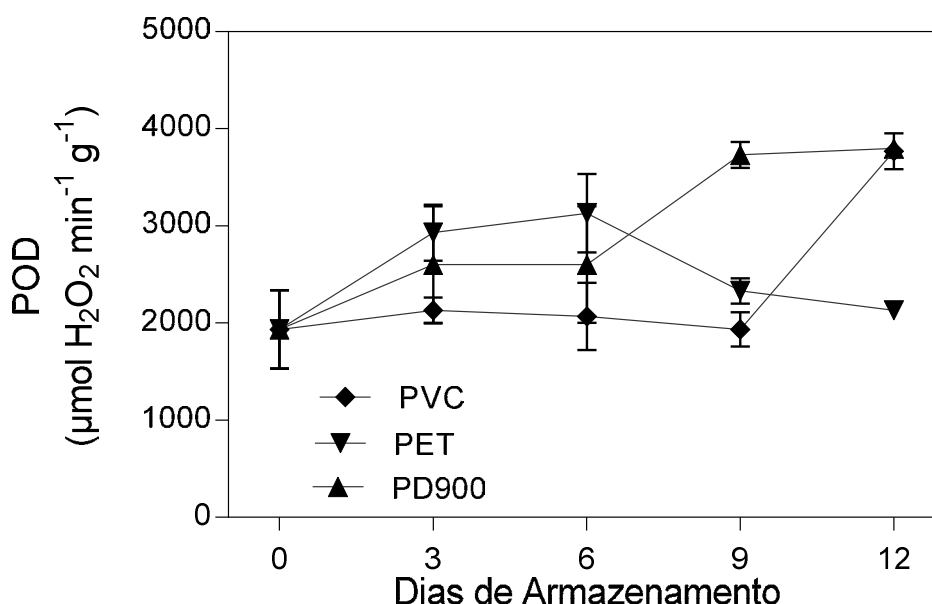
**Figura 10.** Atividade da polifenol oxidase (PPO) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Em embalagens de PVC a atividade da PPO aumenta desde o início do experimento, no entanto, esses valores permanecem inferiores aos observados nas embalagens de PD900, a partir do 9º dia (Figura 10).

O aumento da atividade da PPO e a necessidade de tratamentos físicos e/ou químicos além de embalagens adequadas foi reportado por diversos autores: Jang e Moon (2011) observaram o aumento da atividade da PPO em amostras de maçãs não tratadas e armazenadas em polipropileno; Xiao et al. (2010) observaram, em peras mimamente processadas, que a atividade da PPO aumentou apenas em frutos não tratados com extratos de alecrim.

A PPO, uma enzima que contém cobre, pode promover o escurecimento enzimático nos tecidos vegetais pois catalisa a oxidação de mono- e difenois em o-quinonas, que se polimerizam para produzir pigmentos escuros, também conhecidos como melaninas (GUERRERO-BELTRAN, 2004). No presente trabalho observou-se que a embalagem PET, por possuir permeabilidade mais baixa ao O<sub>2</sub> apresentou condição não favorável para a PPO catalizar a reação de escurecimento.

A atividade das enzimas POD foi afetada significativamente pelo armazenamento em diferentes embalagens (Figura 11). Nas embalagens PET, ocorreu aumento na atividade da POD até o 6º dia de armazenamento após este período, observou-se redução na atividade da POD até o 12º dia de armazenamento, a atividade enzimática desses produtos variou de 1933,33 a 2133,33  $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ; Em embalagens PD900 ocorreu aumento na atividade da POD do 1º ao último dia de armazenamento, apresentando valores entre 1933,33 a 3466,66  $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ; Em embalagens PVC a atividade enzimática permaneceu constante até o 9º dia de armazenamento, apresentando aumento a partir deste, os valores da atividade enzimática neste produtos variou em média de 1933,33 a 3800,00  $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ .



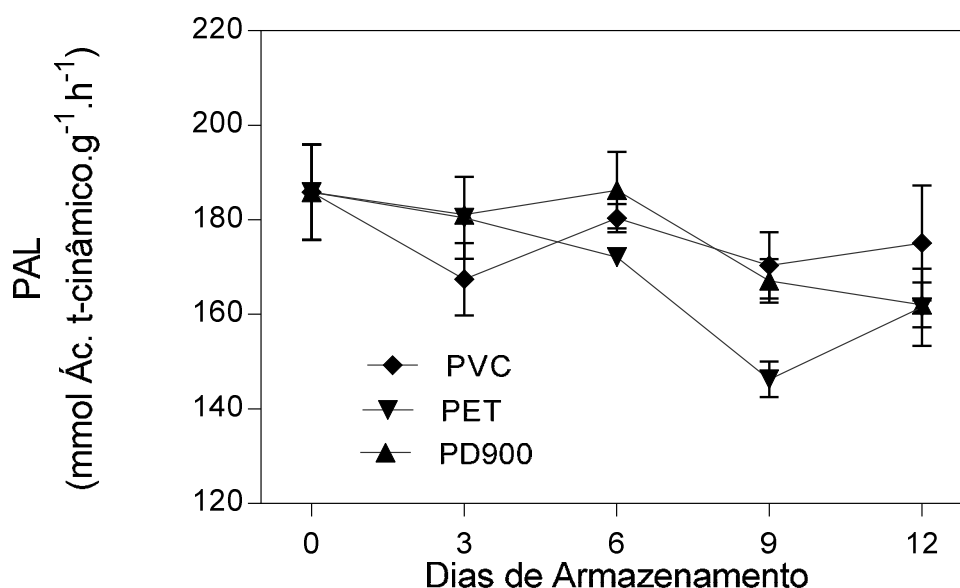
**Figura 11.** Atividade da peroxidase (POD) em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5 \pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Enzimas antioxidantes (superóxido dismutases, catecolases e peroxidases) são consideradas importantes no processo de neutralização dos oxi - radicais em tecidos vegetais (HAN et al., 2006; MITTLER, 2002). Toivonen e Sweeney (1998) observaram que a proteção antioxidante oferecida pela POD é importante na manutenção da cor em frutas e hortaliças, e que o aumento a atividade dessa enzima



provavelmente se deve a uma resposta ao aumento na produção de radicais contendo oxigênio. Embalagens e tratamentos pós-colheita podem modificar a atividade dessas enzimas (HAN et al., 2006). As embalagens utilizadas em frutas minimamente processadas, funcionam como proteção contra danos e como barreira para a troca de gases (SOARES; GERALDINE, 2007), limitam o contato da amostra com o oxigênio, fazendo com que, este não esteja presente para a formação do peróxido de hidrogênio (FU et al., 2007).

A atividade da PAL não apresentou diferença significativa em relação à embalagem utilizada. A atividade dessa enzima manteve-se constante ao longo de 12 dias de armazenamento em todas as embalagens (Figura 12).



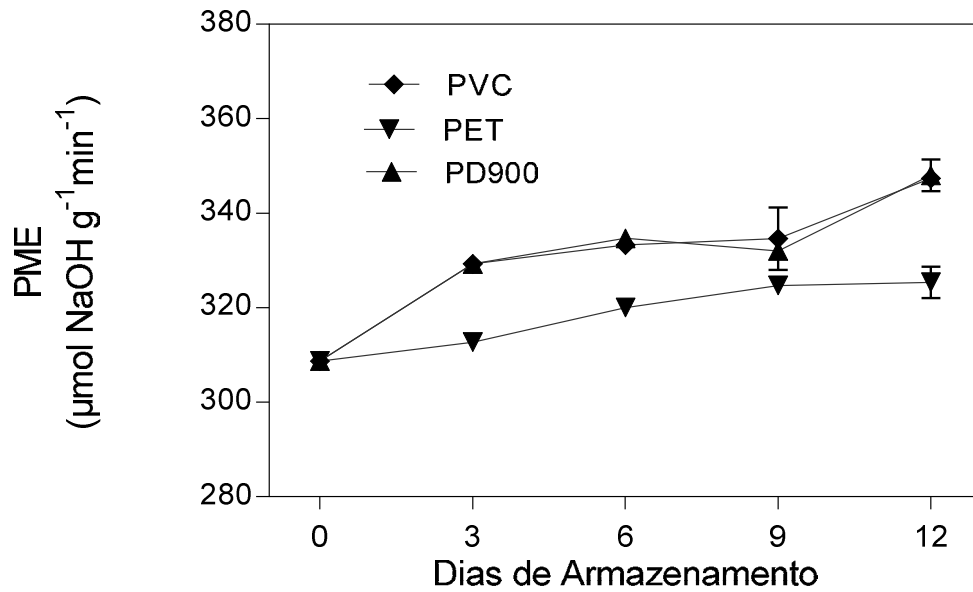
**Figura 12.** Atividade da fenilalanina amônia liase (PAL) em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1^\circ\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Danos físicos produzidos durante a colheita, pós-colheita e processamento mínimo, desencadeiam diversas mudanças nos processos fisiológicos e bioquímicos dos vegetais. Essas mudanças, incluem aumento na taxa respiratória e produção de etileno, indução da síntese de metabolitos secundários, ruptura das membranas, e ativação de genes relacionados à defesa (CAMPOS-VARGAS et al., 2005; KARAKURT; HUBER, 2007). Mudanças produzidas no acúmulo e oxidação dos

compostos fenólicos são comumente associadas com o danos no tecido (VILAS-BOAS; KADER, 2006). A fenilalanina amônia liase (PAL; EC 4.3.1.5) é a primeira enzima envolvida na biossíntese dos compostos fenólicos (CHARLES et al., 2013; DIXON; PAIVA, 1995). Em frutas e hortaliças minimamente processadas, o ferimento ocasionado pelo corte, leva a um aumento na síntese da PAL (CAMPOS-VARGAS et al., 2005). Neste experimento observa-se que a atividade da enzima PAL não aumentou ao longo do experimento, ocorrendo conseqüente redução no teor de compostos fenólicos dos produtos (Figura 5).

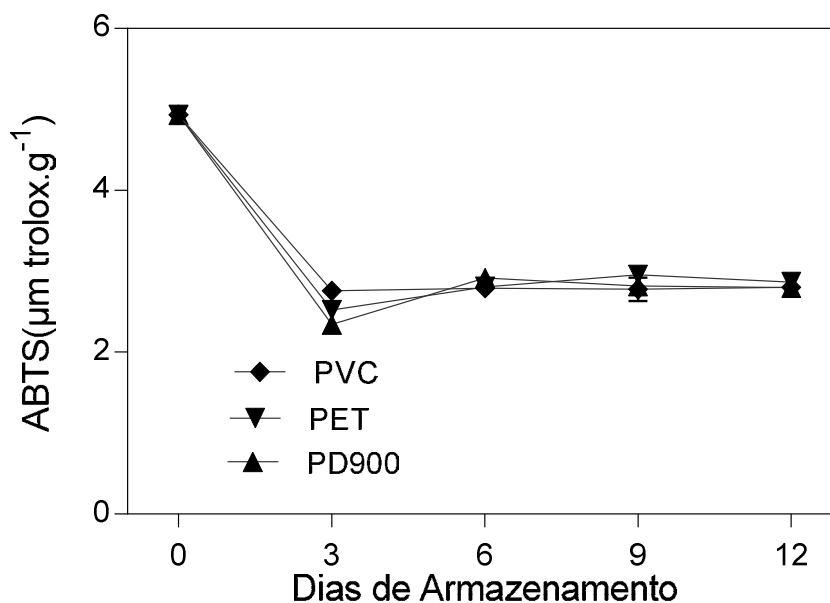
Os resultados do presente trabalho diferem daqueles encontrados por Chen et al. (2009) em bananas minimamente processadas armazenadas a 22°C, em que o autor observou aumento na atividade da PAL, desde a primeira hora de armazenamento. A temperatura de armazenamento no presente experimento foi de 5±1°C, o que pode justificar a estabilidade da atividade da PAL.

Diferenças significativas foram observadas ( $P < 0,05$ ) na atividade da PME em mangas armazenadas nas três embalagens (Figura 13). Nas mangas armazenadas em embalagens PET a atividade da PME permaneceu constante durante 12 dias de armazenamento, enquanto nas embalagens de PD900 e PVC a atividade da enzima aumentou. A atividade da enzima PME possui um importante papel no amolecimento e aumento da viscosidade em mangas (ZHI et al., 2008). Quanto maior a atividade da enzima, maior será o amolecimento dos tecidos, portanto, a embalagem que oferecer a maior atividade para esta enzima, possivelmente será a menos apropriada ao armazenamento deste produto.



**Figura 13.** Atividade da pectina metil esterase (PME) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1^\circ\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Não ocorreram diferenças significativas entre as embalagens estudadas (PET, PVC e PD900) para a atividade antioxidante das mangas minimamente processadas (Figura 14). Somente o tempo de armazenamento foi significativo para esse parâmetro, observando-se redução de aproximadamente 48% na atividade antioxidante dos produtos nos três primeiros dias de experimento, permanecendo constantes até o final do armazenamento.



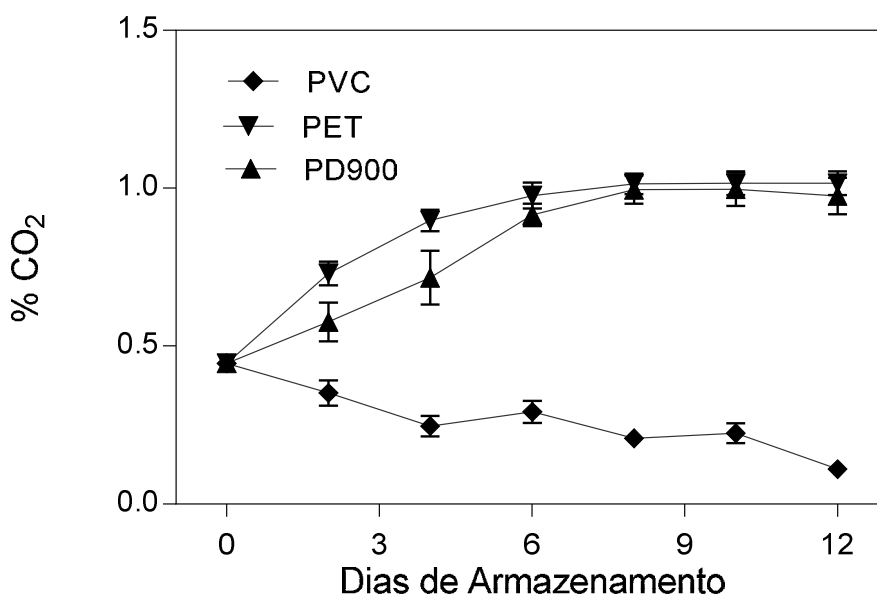
**Figura 14.** Atividade antioxidante total (ABTS) em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Sogi et al. (2012) reportaram capacidade antioxidante em mangas minimamente processadas inicialmente de  $450 \mu\text{M Trolox } 100\text{g}^{-1}$  MF similar ao encontrado neste experimento. Nilsson et al. (2005) observaram em mangas inteiras capacidade antioxidante de  $400\mu\text{M Trolox } 100 \text{ g}^{-1}$  MF. Robles-Sanchez et al (2011) reportaram que o potencial antioxidante inicial em mangas inteiras é maior do que em frutas processadas, mas decresce durante o armazenamento. Embora não existam dados relacionados às embalagens estudadas, os resultados de ABTS foram similares reportados por estes autores.

O estresse físico causado pelo corte durante o processamento mínimo aumenta a taxa respiratória da manga. Mudanças na concentração de  $\text{CO}_2$  no espaço vazio das embalagens (*headspace*) de PVC, PET e PD900 estão demonstradas na Figura 15.

Foi verificada uma tendência de aumento na concentração de  $\text{CO}_2$  em embalagens PET e PD900, representando um acréscimo de aproximadamente 50% em relação ao valor inicial. Possivelmente o aumento na taxa de respiração, resultou

no consumo de  $O_2$  e liberação de  $CO_2$ . Essa liberação de  $CO_2$  aliado ao fato de as embalagens PET e PD900 apresentarem menores taxas de transmissão de  $CO_2$  do que a embalagem de PVC, resultou em um maior acúmulo desse gás.



**Figura 15.** Porcentagem de  $CO_2$  nas embalagens de PVC, PET e PD900 contendo mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas armazenadas a  $5 \pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

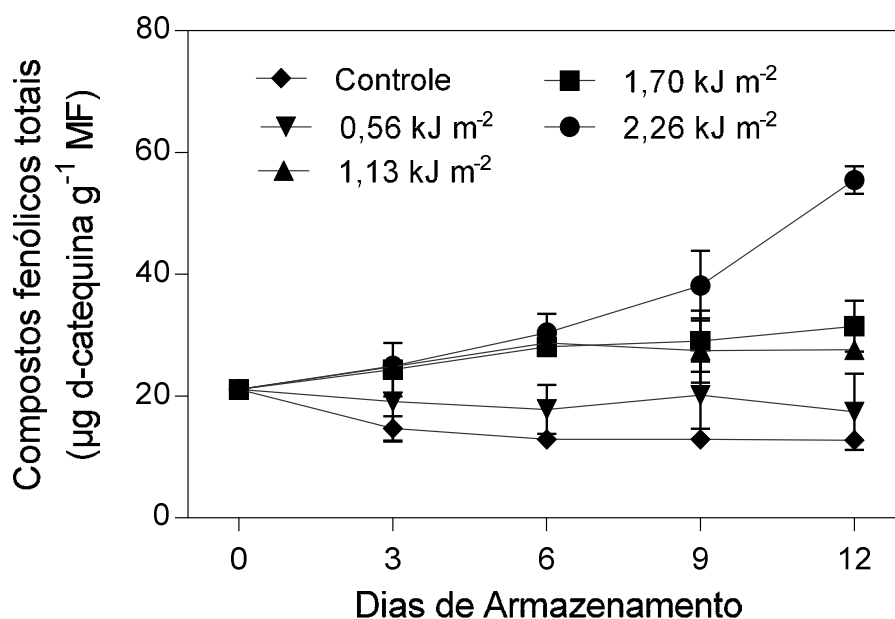
Nas embalagens PVC observou-se que a concentração de  $CO_2$  apresentou comportamento inverso ao observado em embalagens PET e PD900 (Figura 15), ocorrendo redução da concentração de  $CO_2$  de aproximadamente 50% no valor inicial. Considerando que todas as embalagens foram armazenadas sob as mesmas condições de pressão, temperatura e umidade relativa, presume-se que houve a influência da alta taxa de transmissão de  $CO_2$  desta embalagem, resultando na liberação do  $CO_2$ .

Rossle et al. (2010) ao estudarem o efeito de revestimentos comestíveis no acúmulo de  $O_2$  e  $CO_2$  em fatias de maçã, observaram que em embalagem com baixa permeabilidade ao  $O_2$  e  $CO_2$ , semelhantes à embalagem PET, ocorreram aumentos na concentração de  $CO_2$ , até o 15º dia de armazenamento.

## 4.2 Efeito do tratamento UV-C na qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas

O teor de compostos fenólicos totais nas mangas minimamente processadas expostas aos tratamentos com UV-C foi maior do que o dos produtos controle (Figura 16).

Enquanto, os produtos não tratados (controle) apresentaram um decréscimo significativo nos teores de fenóis totais ao longo do armazenamento, nas mangas MP tratadas com  $0,56 \text{ kJ m}^{-2}$  esses valores decresceram em apenas 5% até o terceiro dia de armazenamento, permanecendo constante após este período, até o final do armazenamento.



**Figura 16.** Compostos fenólicos totais em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

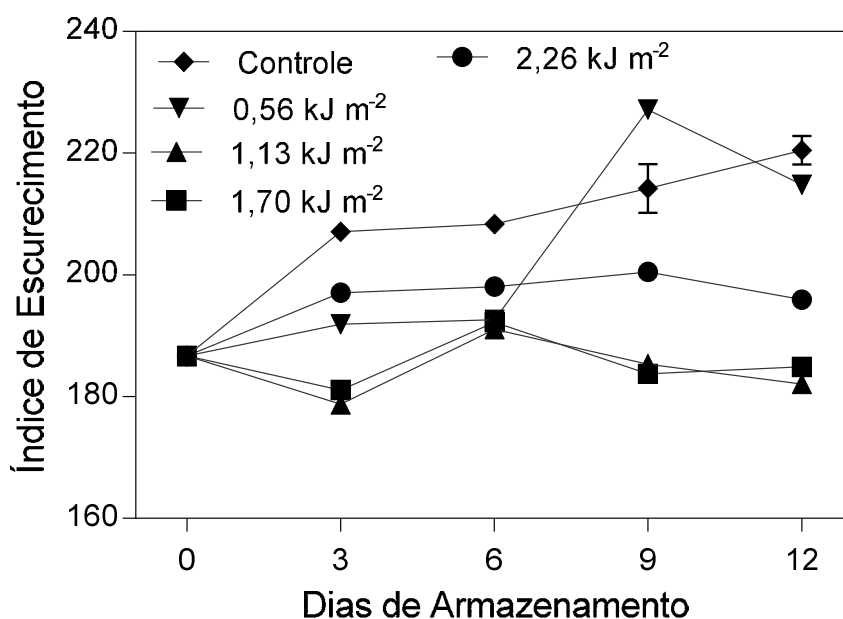
Os produtos tratados com as três doses mais elevadas de UV-C (1,13; 1,70;  $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$ ), apresentaram aumento significativo no teor de fenóis solúveis totais, diretamente proporcional ao aumento na intensidade do tratamento, apresentando valor inicial em média de  $21,0 \text{ } \mu\text{g D-catequina g}^{-1} \text{ MF}$ . Após 12 dias de

armazenamento, os produtos tratados com  $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$  apresentaram  $57,7 \text{ } \mu\text{g D-catequina g}^{-1} \text{ MF}$ , 174% a mais que o valor inicial ( $21,0 \text{ } \mu\text{g D-catequina g}^{-1} \text{ MF}$ ). O fator tempo de armazenamento foi significativo ao nível de  $P < 0,01$ .

Esse aumento pode ser justificado pois a radiação UV-C induz ao acúmulo de compostos fenólicos e flavonóides em plantas, como um mecanismo de defesa contra a esse tratamento. O aumento no teor de fenóis solúveis totais após o tratamento com UV-C, foi observado por diversos autores: Gonzáles-Aguilar, Zaveleta-Gatica e Tizinado-Hernandez (2007a) e Gonzáles-Aguilar et al. (2007b), em mangas Haden, Alothman, Bhat e Karim (2009), em frutas tropicais como mangas e goiabas, Shen et al. (2013), em tangerina Satsuma, González-Barrio et al. (2005), em uvas, Guan, Fan e Yan (2012) em cogumelos.

Esse aumento, também pode ser atribuído à atividade da enzima fenilalanina amonioliase (PAL), que é uma das enzimas chave na síntese de compostos fenólicos nos tecidos das plantas (ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009). Assim como observado neste trabalho, a correlação existente entre o aumento dos fenóis totais e o aumento na atividade da PAL (Figura 22) ativada pela exposição ao UV-C, também foi observada por autores como Gonzáles-aguilar, Zaveleta-Gatica e Tizinado-Hernandez, (2007a) em mangas e por Stevens et al. (1998) em peras.

As mudanças observadas no índice de escurecimento (IE) das amostras de manga minimamente processada (Figura 17), demonstraram que o tratamento com luz UV-C foi efetivo no controle do escurecimento do produto.



**Figura 17.** Índice de escurecimento em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Não foi verificado escurecimento nas amostras de manga MP tratadas com doses de 1,13 e 1,70 kJ m<sup>-2</sup> (Figura 17). Comportamento esse, que pode ser explicado pela associação do tratamento com luz UV-C a temperaturas acima de 25 °C no momento do tratamento. Ambos são responsáveis pela desnaturação das enzimas na superfície do produto tratado, sendo a PPO a principal enzima responsável pela síntese de compostos com coloração marrom nos produtos vegetais. No presente trabalho observou-se que 1,13 e 1,70 kJ m<sup>-2</sup> foram doses ótimas para o controle do índice de escurecimento.

Nos produtos não tratados houve aumento significativo nos valores do índice de escurecimento respectivamente a partir do 3º dia de armazenamento após o processamento, demonstrando que não ocorreu desnaturação da PPO, implicando no escurecimento enzimático.

Observou-se ainda que as mangas minimamente processadas tratadas com doses de 2,26 kJ m<sup>-2</sup> apresentaram maior índice de escurecimento durante dias de análise quando comparada com as amostras tratadas em doses inferiores de luz UV-C (Figura 17). Esse escurecimento de vegetais tratados com as chamadas hiper-

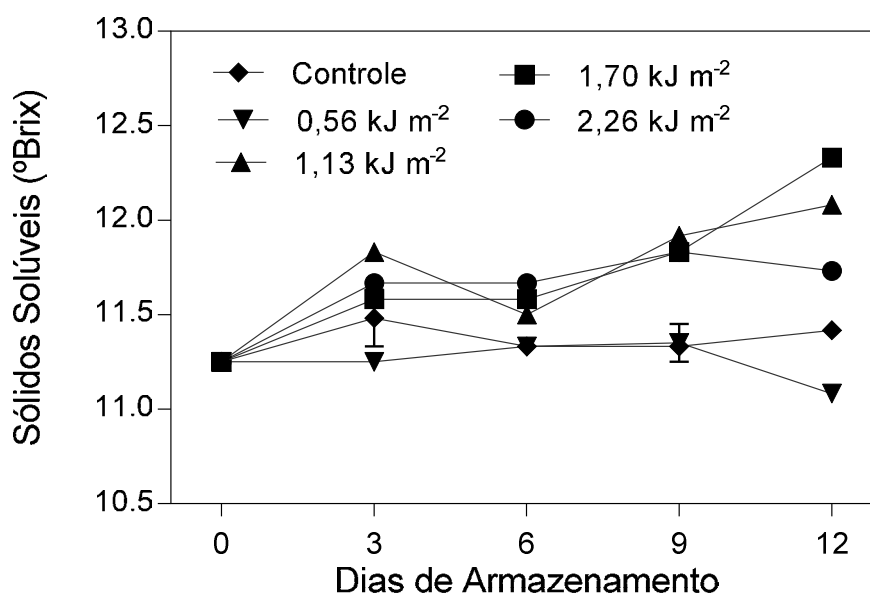


doses de luz UV-C, pode ser uma reação de estresse resultante da alta dose aplicada, que provavelmente causa danos irreversíveis à membrana e provavelmente expõe maior número de enzimas PPO ativas. Isso propicia a reação de escurecimento enzimático, que resulta na produção de coloração marrom (MAHARAJ; ARUL; NADEAU, 2010).

Os resultados obtidos neste experimento apresentaram a mesma tendência que os encontrados por Manzocco et al. (2011a) em maçãs minimamente processadas e tratadas com diferentes doses de UV-C (1,2; 6,0; 12,0 e 24,0 kJ m<sup>-2</sup>). Os autores observaram, que ao longo do armazenamento de 14 dias, as amostras não tratadas com luz UV-C apresentaram aumento significativo no IE. O aumento no índice de escurecimento, também foi reportado por Gómez et al. (2010) em fatias de maçã tratadas com doses de 5,6; 8,4 e 14,1 kJ m<sup>-2</sup>.

Na Figura 18 observa-se que não houve diferença significativa no teor de SS ao longo do tempo de armazenamento entre os produtos controle e tratados com 0,56 kJ m<sup>-2</sup>, com valores constantes até o 9º dia de armazenamento.

Nas mangas MPs tratadas com doses mais elevadas de UV-C (1,13; 1,70; 2,26 kJ m<sup>-2</sup>) ocorreram aumentos nos SS ao longo do armazenamento. SHEN et al. (2013) também observaram o aumento no teor de SS em tangerinas, de acordo com estes autores, doses mais altas de UV-C, provavelmente causam perda de sucos celulares e afetam a integridade das membranas celulares, resultando na perda e consequente concentração dos SS.



**Figura 18.** Teor de sólidos solúveis em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1^\circ\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

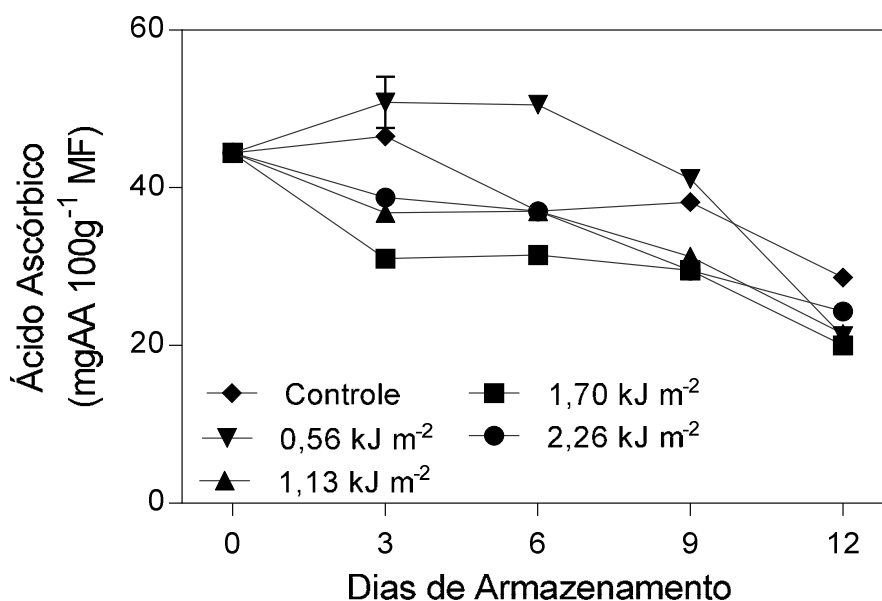
O tratamento com UV-C aparentemente é capaz de promover a desidratação de uma fina camada na superfície na manga minimamente processada sem afetar o índice de escurecimento do produto (Figura 17). Essa perda de líquidos aliado à atmosfera formada na embalagem do produto, fazem com que o teor de SS nos produtos vá aumentando ao longo do armazenamento. O mesmo fenômeno foi observado por Manzocco et al. (2011a) e Manzocco et al. (2009) em cubos de melão e maçãs minimamente processados, ao relatar que essa fina camada formada protege o produto de contaminações microbiológicas.

O conteúdo de ácido ascórbico decresceu significativamente em todos os produtos ao longo dos 12 dias de armazenamento (Figura 19). Nos frutos tratados com UV-C de menor intensidade ( $0,56 \text{ kJ m}^{-2}$ ) a oxidação do ácido ascórbico ocorreu significativamente de forma mais lenta. Isso indica de que o tempo de exposição e a temperatura que a amostra atingiu após o tratamento (acrécimo de aproximadamente  $10^\circ\text{C}$ ) não foram suficientes para que a oxidação ocorresse de forma acelerada como observado nas amostras tratadas com doses mais elevadas de UV-C. Contudo, nas

condições avaliadas verificou-se que independente da dose ao final dos 12 dias de armazenamento ocorreu a oxidação do ácido ascórbico.

O ácido ascórbico é um composto bioativo, sensível ao calor, que em presença do oxigênio é degradado pelo processo oxidativo, que é estimulado pela luz, oxigênio e enzimas como a ascorbatoxidase ou a peroxidase (DAVEY et al., 2000). No presente experimento a radiação UV-C foi aplicada em presença de ar, a oxidação do ácido ascórbico, pode ter ocorrido, contribuindo para a redução observada.

Outra explicação para essa redução, é que durante o elevado tempo de exposição (20, 30 e 40 min) a temperatura pode ter se elevado contribuindo ainda mais para a redução do ácido ascórbico. Outros autores observaram efeitos negativos similares da aplicação de UV-C em banana, goiaba e abacaxi (ALOTHMAN; BHAT; KARIM, 2009) e manga 'Tommy Atkins' (GONZALEZ –AGUILAR et al., 2007b).



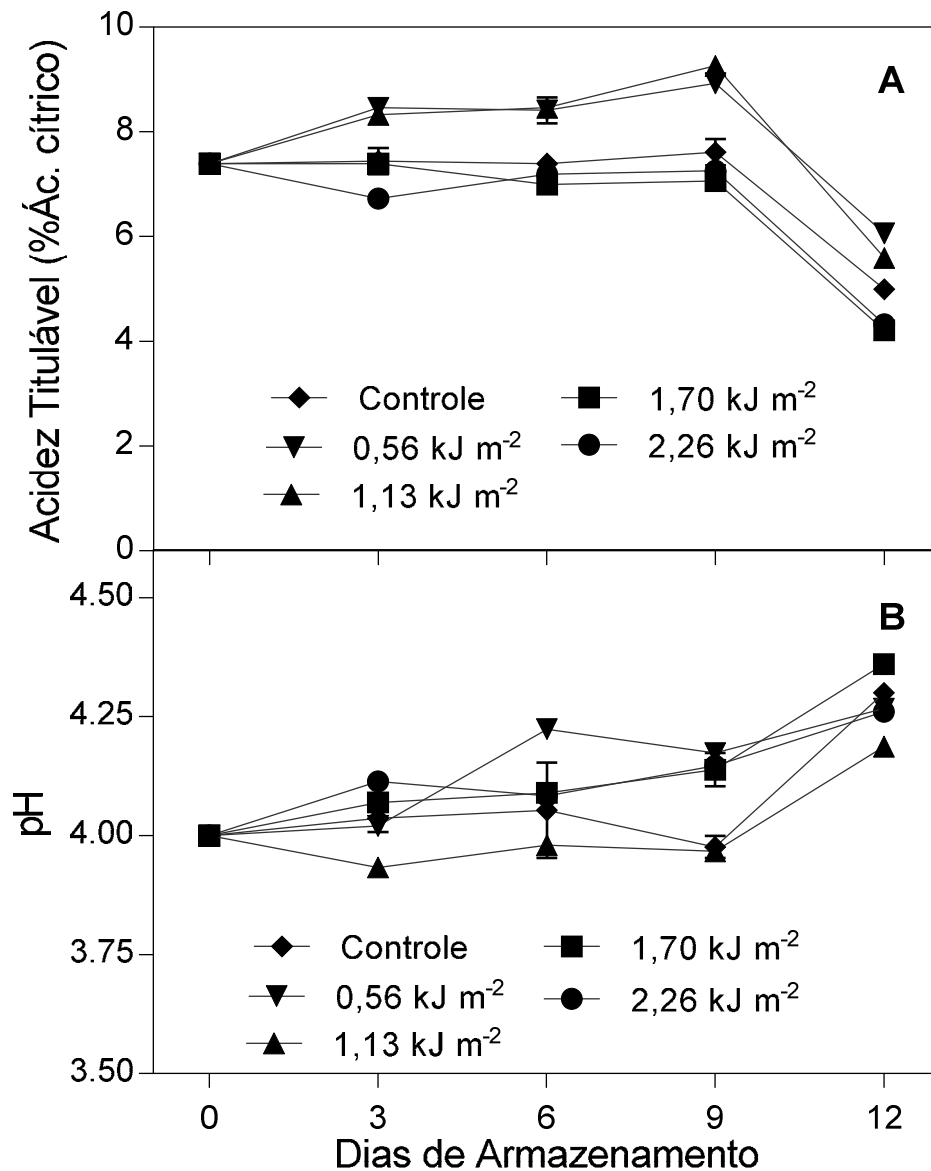
**Figura 19.** Teor de ácido ascórbico em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5 \pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Por outro lado, observou-se o aumento no teor de ácido ascórbico, até o 3º dia de armazenamento dos produtos tratados com  $0,56 \text{ kJ m}^{-2}$  pode ser explicado pela a baixa intensidade do UV-C utilizada. Isso pode ter contribuído com a síntese “de novo” do ácido L-ascórbico (L-AA), a partir do monodehidroascorbato (MDHA). O MDHA é o

primeiro produto da oxidação do ácido L-AA, sendo considerado um radical muito estável. A síntese “de novo” do L-AA a partir do MDHA, pode ocorrer pela ação de enzimas como a monodehidroascorbato redutase ou por reações de transferência de elétrons (ROSE, 1987) ocorrendo aumento significativo observado no teor de ácido ascórbico observado nos três primeiros dias de armazenamento dos produtos.

O pH e a acidez, não foram afetados pelo tratamento ou armazenamento (Figuras 20A e 20B). Houve tendência de manutenção do teor de ATT até o 9º dia de armazenamento, quando ocorreu redução, em todos os tratamentos. As frutas expostas às mais baixas doses de UV-C (0,56 e 1,13 kJ m<sup>-2</sup>) apresentaram maiores valores para de acidez total titulável (Figura 20A).

A redução na acidez dos produtos, é um dos indicadores de que o produto está entrando em fase de senescência, o que pode ser observado em frutos minimamente processados ao longo do armazenamento, pois os ácidos orgânicos vão sendo utilizados como substrato na atividade respiratória (MAGHOUMI et al., 2013).



**Figura 20.** Teor de Acidez titulável e pH em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5 \pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Os diferentes tratamentos com UV-C não afetaram significativamente o pH do produto (Figura 20B) até 9 dias de armazenamento, verificando-se acréscimo nos valores de pH das mangas até o final do armazenamento. Neste estudo, o tratamento UV-C, não demonstrou efeito nos parâmetros pH e AT.

Resultados similares foram observados em tangerinas Satsuma por Shen et al. (2013), onde os atributos de qualidade, como pH e acidez, não foram afetados pelo tratamento com luz UV-C. Djoua et al. (2010) também observaram que o pH e a acidez, em mangas minimamente processadas, não foram influenciados por tratamento térmico.

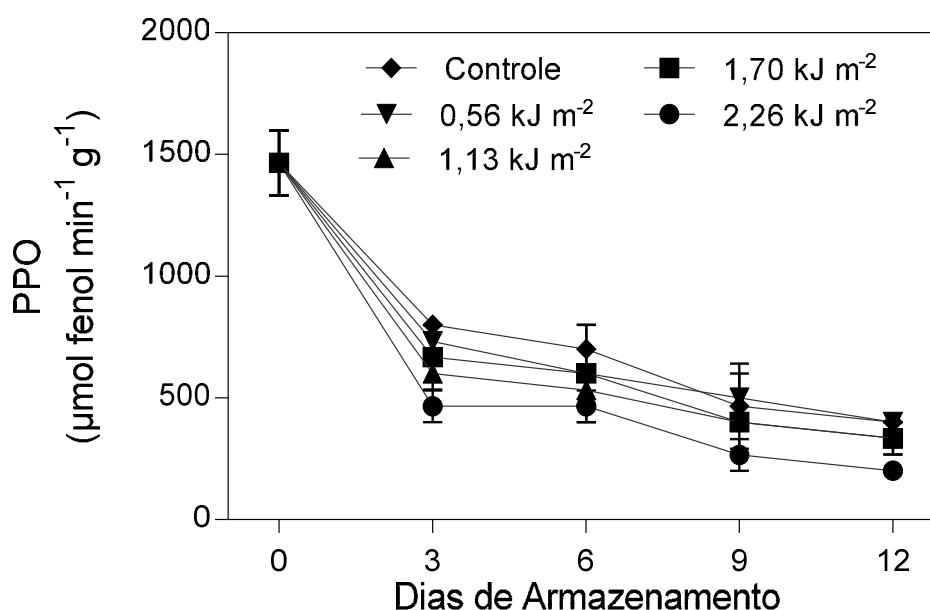
A manutenção da aparência, assim como de atributos de qualidade, é muito importante para a manutenção da vida de prateleira de produtos minimamente processados, já que estes são mais susceptíveis à deterioração; uma vez que estão sem a proteção da casca, sendo a aplicação de tratamentos, como a luz UV-C de baixa intensidade uma importante ferramenta para a manutenção desses produtos.

A atividade da enzima PPO na manga minimamente processada decresceu continuamente ao longo do armazenamento para todos os tratamentos (Figura 21). Observa-se ainda que essa redução foi proporcional ao aumento das doses de radiação UV-C empregadas no produto, demonstrando que o tratamento com UV-C aliado à baixa temperatura de armazenamento, reduz significativamente a atividade da PPO. Comportamento similar foi observado por Pongprasert et al. (2011) na cascas de banana tratadas com diferentes doses de luz UV-C de baixa intensidade.

O escurecimento causado pela PPO resulta da oxidação dos  $\sigma$ -difenóis em presença de oxigênio a compostos altamente reativos chamados  $\sigma$ -quinonas. As  $\sigma$ -quinonas reagem com outros compostos fenólicos e proteínas para formar a coloração marrom característica do processo de escurecimento enzimático (WALKER; FERRAR, 1998).

A correlação existente entre o índice de escurecimento e atividade da PPO demonstra que com o aumento da dose do UV-C, menor foi o índice de escurecimento dos produtos, provavelmente devido a desnaturação das enzimas PPO em detrimento da intensidade do tratamento utilizado. Sampedro et al. (2014) observaram efeito combinado das temperaturas (25, 35 e 45°C) e de doses de UV-C (5,82 a 58,2 mJ cm<sup>-2</sup>) sobre a atividade da enzima PPO, no qual aplicações de UV-C por 10 minutos desnaturam enzimas, independentemente da temperatura de armazenamento, e o efeito é diretamente proporcional à dose aplicada.

A inativação da PPO pela exposição ao tratamento de UV-C, pode ocorrer pela desnaturação das enzimas, e o efeito do tratamento com luz UV-C poder ser potencializado, pelo desdobramento das cadeias proteicas em temperatura ambiente, o que aumenta a possibilidade da luz UV-C ser absorvida pelas ligações duplas conjugadas o que leva à desnaturação dessas enzimas (GUERRERO-BELTRAN, 2004).



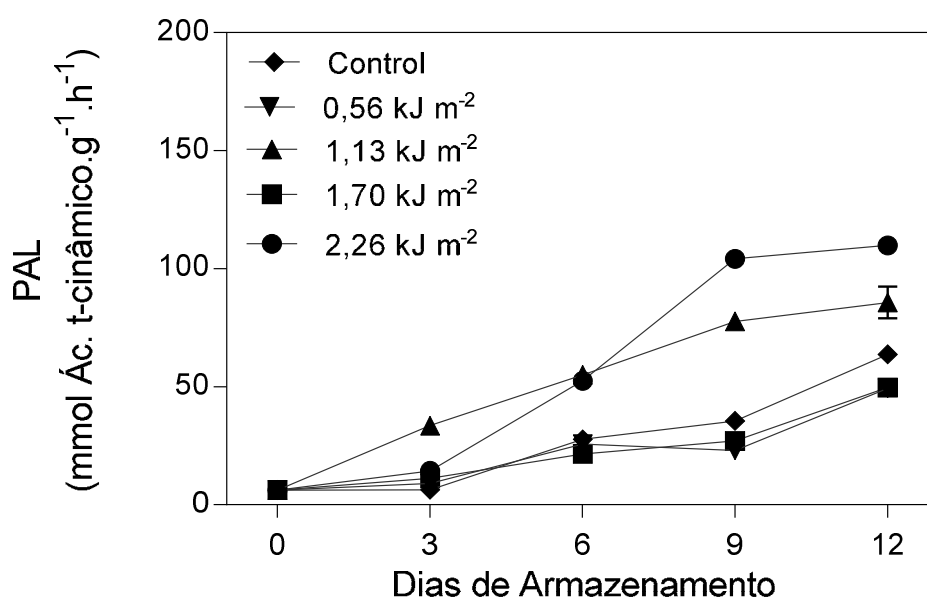
**Figura 21.** Atividade da polifenol oxidase (PPO) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Após o processamento e tratamento das mangas MP com UV-C verificou-se que a atividade da enzima PAL, aumentou significativamente até o 12º dia de armazenamento em todos os produtos, independentemente da aplicação de UV-C (Figura 22). O acréscimo de atividade da PAL, nos frutos controle ao longo do armazenamento, demonstra que o estresse causado pelo processamento mínimo (corte) também pode ser o responsável pela ativação da enzima. A fenilalanina amônia-ase (PAL) é uma enzima crucial no metabolismo do fenilpropanoide, catalisando a formação do ácido trans-cinâmico pela L-deaminação da fenilalanina. A PAL é induzida por fatores de estresse bióticos e abióticos, conduzindo ao acúmulo

de fenilpropanoides como os ácidos fenólicos e os flavonoides (LEMOINE; CHAVES; MARTÍNEZ, 2010; DIXON; PAIVA, 1995).

As mangas minimamente processadas tratadas com  $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$ , apresentaram maior atividade enzimática entre os produtos tratados com UV-C. Quando comparados ao controle, os produtos tratados com doses de  $0,56$  a  $1,70 \text{ kJ m}^{-2}$  aumentam a atividade da enzima em aproximadamente 10%, enquanto que os produtos expostos a  $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$  aumentaram 20%.

A indução da atividade da PAL já foi demonstrada por Gonzáles-Aguilar et al. (2007a) que observaram o aumento da atividade da enzima em mangas 'Haden' tratadas com  $2,46$  a  $4,93 \text{ kJ m}^{-2}$ . Se comparado com o presente estudo, observa-se que as doses relativamente menores de UV-C utilizadas são suficientes para potencializar a atividade da PAL. Essas diferenças observadas podem ser explicadas pela condição de exposição das frutas ao UV-C (processada ou inteira), gerando respostas fisiológicas distintas.

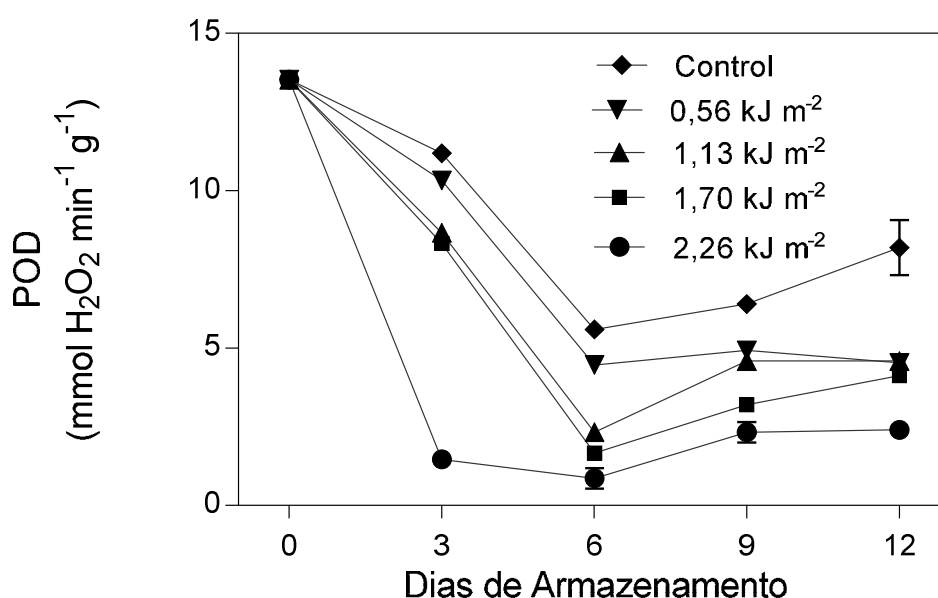


**Figura 22.** Atividade da enzima fenilalanina amônia liase (PAL) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1^\circ\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).



A atividade das enzimas POD foi afetada significativamente pelas diferentes doses de radiação UV-C. Observa-se decréscimo na atividade da enzima proporcional à dose aplicada (Figura 23). As porcentagens de decréscimo dessas médias aos 12 dias de armazenamento, foram de 26; 66,5; 66, 66 e 82,26% em relação ao valor inicial para os tratamentos de 0; 0,56; 1,13; 1,70; 2,26  $\text{kJ m}^{-2}$  respectivamente.

A atividade enzimática depende da estrutura nativa da proteína, a atividade biológica dessa proteína pode ser afetada por fatores como a luz, que ocasiona a foto-oxidação (DAVIES; TRUSCOTT, 2001; EDWARDS; SILVA, 2001).



**Figura 23.** Atividade da enzima peroxidase (POD) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Neste estudo, a POD e a PPO, enzimas tipicamente envolvidas no escurecimento enzimático dos alimentos, apresentaram comportamentos similares em relação às diferentes intensidades de tratamento. A maior dose de UV-C ( $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$ ) provocou uma redução brusca na atividade dessas enzimas, enquanto que as mangas do tratamento controle, apresentaram as maiores atividades enzimáticas dentre as amostras estudadas (Figuras 21 e 23). Observa-se ainda que em termos de valores, o decréscimo na atividade da PPO mostrou-se menos acentuado do que o

observado para a POD, demonstrando que essas enzimas possivelmente possuem susceptibilidade a diferentes fatores. Este resultado está de acordo com Sampedro et al. (2014) que estudaram a utilização do binômio tratamento com UV-C x temperatura em enzimas oxidativas como a POD, POD e lipoxigenase (LOX), os autores observaram que dentre estas enzimas, a POD foi a mais susceptível ao tratamento com UV-C a 25°C (temperatura ambiente), enquanto que a PPO, foi muito mais susceptível ao aumento da temperatura do que ao tratamento com UV-C.

As amostras tratadas com doses de 1,13; 1,70 e 2,26 kJ m<sup>-2</sup>, apresentaram aumento na atividade da POD a partir do 6º dia de armazenamento. O aumento na atividade dessa enzima, demonstra, que nem todas as peroxidases presentes nos produtos foram inativadas pelo UV-C. Esse comportamento pode ter ocorrido pela intensidade das doses utilizadas, pois quando as doses de UV-C aplicadas são elevadas (>10 kJ m<sup>-2</sup>), resultam na inativação das enzimas, associadas a alterações não reversíveis. Esse efeito é diferente de materiais tratados com baixa irradiância de UV-C, que possivelmente estão associados à alteração na conformação do sítio ativo da enzima, sem comprometer sua atividade catalítica (MANZOCCO; DRI; QUARTA, 2009).

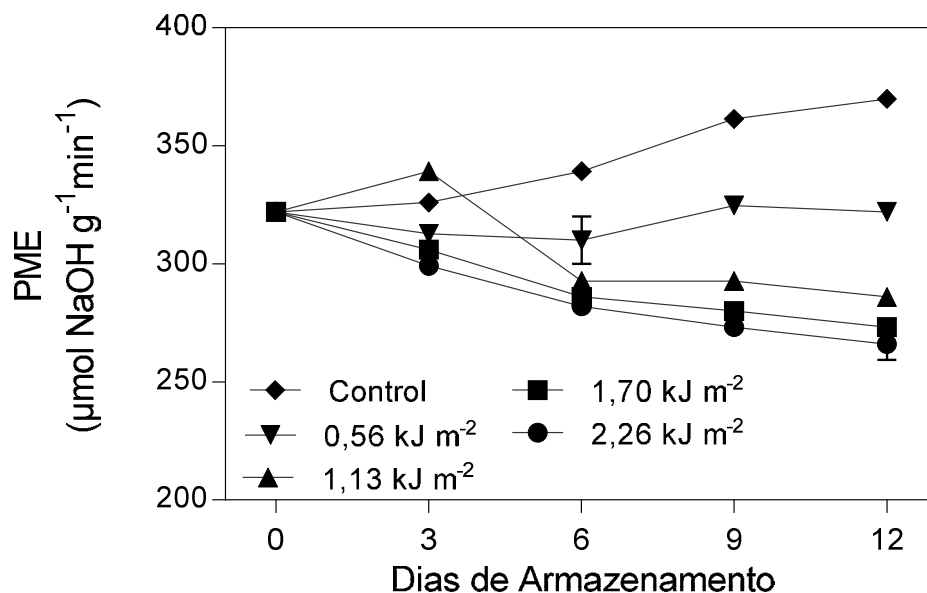
Verificou-se aumento significativo nos produtos não tratados (Controle) ao longo dos 12 dias de armazenamento (Figura 24). Houve redução da atividade da PME nas 3 primeiras doses de UV-C.

O presente trabalho demonstrou que a aplicação de UV-C foi efetivo para prevenir o aumento da atividade da enzima PME, responsável pelo amolecimento dos tecidos, amadurecimento dos frutos é acompanhado por um aumento da síntese de hidrolases da parede celular, como a PME, PG e outras. Essas evidências também foram observadas por autores como Bu et al. (2013); Tieman e Handa (1994); Barka et al. (2000) em tomates; Pombo et al. (2009) em morangos; Outros autores observaram redução no amolecimento dos tecidos vegetais de produtos tratados com UV-C em diferentes doses: Gonzalez-Aguilar et al. (2001) em mangas 'Tommy Atkins'; Pongprasert et al., (2011) em bananas; Martínez-Hernández et al., (2011) em brocoli.

Essa redução no amolecimento dos tecidos ocorre provavelmente pela desnaturação de enzimas como a PME, pois, esta enzima está relacionada com a

manutenção da firmeza dos tecidos vegetais e o aumento em sua atividade pode representar o amolecimento dos tecidos vegetais resultando na perda da qualidade dos produtos (TIEMAN; HANDA, 1994; KING; O'DONOGHUE, 1995).

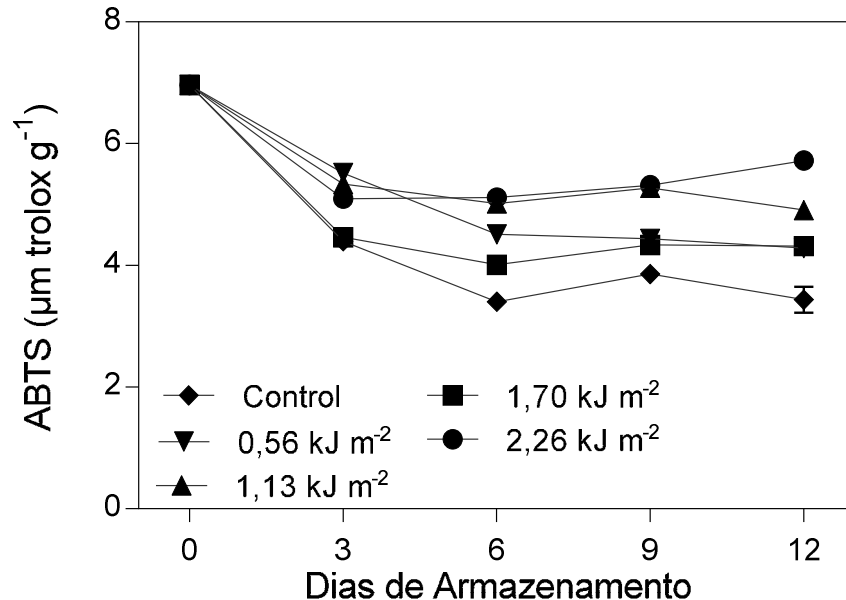
A PME tem papel importante no amaciamento de frutos pelo aumento *in vivo* da suscetibilidade das pectinas à PG durante o amadurecimento (KOCH; NEVINS, 1989). Essa enzima catalisa a desmetilação do C6 do grupo carboxílico dos resíduos de galactosil, desesterificando-os. Assim, a PG só catalisa a hidrólise das ligações  $\alpha$ ,1-4 do ácido galacturônico quando desesterificados (FISCHER; BENNETT, 1991). Portanto, a hidrólise da pectina depende da ação da PME, que está presente em todos os estádios de desenvolvimento das frutas, porém, o aumento em sua atividade só ocorre durante o amadurecimento (PRESSEY; AVANTS, 1982).



**Figura 24.** Atividade da enzima pectina metil esterase (PME) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Na Figura 25 está demonstrado que a atividade antioxidante foi maior nas amostras tratadas com UV-C em comparação ao controle. Apesar dos frutos tratados e não tratados apresentarem decréscimo significativo nos valores até o terceiro dia de armazenamento, observa-se que a partir deste dia, houve influência significativa do

tratamento UV-C na capacidade antioxidante, onde a dose de  $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$  apresentou a maior capacidade antioxidante.



**Figura 25.** Atividade antioxidante (ABTS) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias ( $N=3$ ).

Esse aumento na capacidade antioxidante também foi observado por Robles-Sánchez et al. (2011), cujo potencial antioxidante de mangas minimamente processadas foi maior que em mangas inteiras. Isso demonstra que as mangas minimamente processadas, sofrem maior estresse, pois o corte, além de ocasionar aumentos da atividade metabólica devido à injúria, aumenta a superfície de exposição dos tecidos ao UV-C.

As mangas são ricas fontes de compostos bioativo ( $\beta$ -caroteno, ácido ascórbico, e fenólicos totais total) e possuem uma alta capacidade antioxidante (MAISUTHISAKUL; GORDON, 2009; DORTA; LOBO; GONZÁLEZ, 2012). Os principais componentes que contribuem com a atividade antioxidante dos frutos são os carotenóides, ácido ascórbico e compostos fenólicos (JAGADEESH et al., 2011). Baseando-se no baixo conteúdo de licopeno de algumas frutas tratadas com UV-C (PERKINS-VEAZIE et al., 2001; ARTÉS-HERNÁNDEZ et al., 2010; JAGADEESH et al., 2011) e baixo conteúdo de licopeno em mangas (OLIVEIRA et al., 2011) assume-

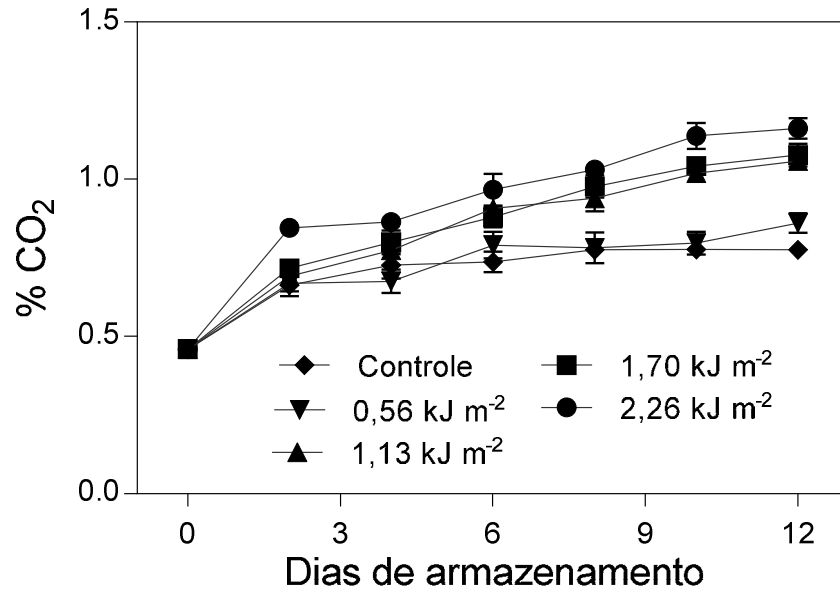
se a hipótese de que a atividade antioxidante da fração lipofílica da qual o licopeno é o mais significativa, poderia ser reduzida. No entanto, no presente estudo, optou-se por estudar antioxidantes solúveis em água, que são basicamente o ácido ascórbico e os compostos fenólicos. Como tendência geral, neste experimento, ocorreu um aumento no teor dos compostos fenólicos (Figura 16) e redução do ácido ascórbico (Figura 19) nas mangas tratadas com UV-C. Dessa forma, observa-se que o aumento nos teores de compostos fenólicos totais, pode ter sido o principal responsável pela manutenção da capacidade antioxidante, se for levado em consideração que o teor de ácido ascórbico foi significativamente reduzido ao longo dos dias de armazenamento.

Os dados observados no presente experimento estão de acordo com os obtidos por Ma et al. (2011), que estudaram a capacidade antioxidante de diferentes variedades de mangas. Segundo os autores, a capacidade antioxidante em mangas parece ser largamente influenciada pelos compostos fenólicos. Em outro estudo, Siddiq et al. (2013) observaram que a capacidade antioxidante de mangas minimamente processadas tratadas com ácido cítrico, ácido ascórbico, cloreto de cálcio e radiação infravermelha, variaram de 0,55 à 0,1 mmol TE 100g<sup>-1</sup> de matéria fresca, valores menores do que os observados neste experimento. Essa diferença pode ser explicada pelas variações de cultivo as mangas e pelos diferentes tratamentos utilizados.

A interação entre os parâmetros tratamento UV-C e tempos de armazenamento foi significativa (Figura 26). A concentração de CO<sub>2</sub> aumentou rapidamente nos 2 primeiros dias de armazenamento, no entanto, em amostras tratadas com 2,26 kJ m<sup>-2</sup> (dose mais elevada) esse aumento foi muito acentuado, cerca de 25% nos primeiros dias de armazenamento, se comparado às amostras do controle. Verificou-se nesse trabalho que o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens foi diretamente proporcional ao aumento da dose de exposição, indicando que doses mais elevadas provocam aumento da taxa respiratória nas mangas.

Os resultados obtidos, coincidem com os encontrados com por Lamikanra et al. (2005) que estudaram o efeito do UV-C na concentração de CO<sub>2</sub> em embalagens

contendo melões minimamente processados. Segundo os autores, a exposição à luz UV-C não afetou a taxa respiratória em melões minimamente processados.



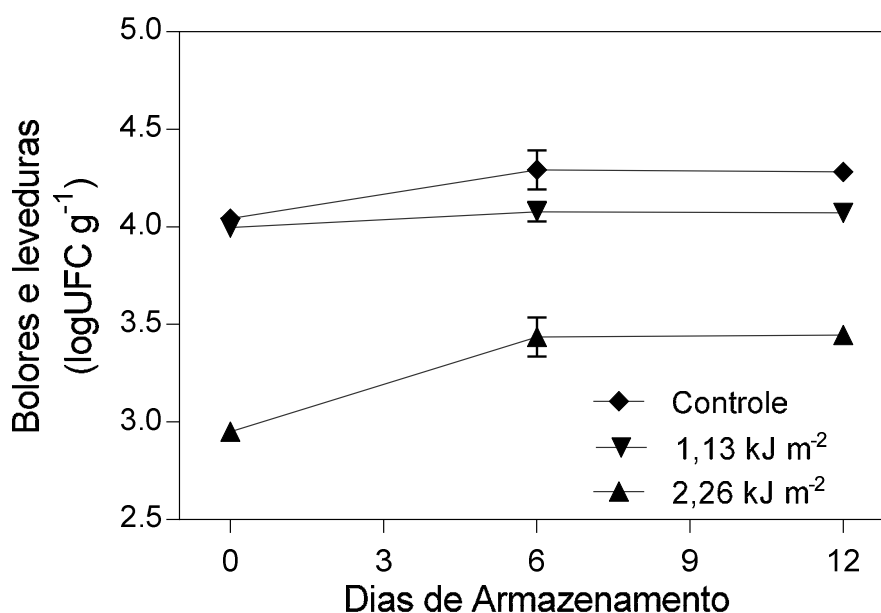
**Figura 26.** Porcentagem de CO<sub>2</sub> nas embalagens contendo mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas, tratadas com UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

### **4.3 Efeito do tratamento UV-C na Microbiota contaminante da manga 'Tommy Atkins' minimamente processada**

Nos produtos submetidos à doses de 2,26 kJ m<sup>-2</sup> apresentaram inicialmente um ciclo logarítmico a menos do que amostras do controle ou tratadas com 1,13 kJ m<sup>-2</sup> (Figura 27). Embora não exista legislação preconizando a contagem ideal para o parâmetro bolores e leveduras, sabe-se que em frutas o ideal é que esta contagem não ultrapasse 10<sup>6</sup> UFC g<sup>-1</sup> (BUCK; WALCOTT; BEUCHAT, 2003). Neste trabalho todas as amostras ficaram abaixo desse valor, incluído as amostras do controle. ABADIAS et al. (2008) reportaram que em frutas minimamente processadas, a contagem de bolores e leveduras variou entre 1,7–4,9 logUFC g<sup>-1</sup>, valores similares aos encontrados neste trabalho.

Frutas minimamente processadas possuem uma flora microbiana natural de 10<sup>4</sup>-10<sup>5</sup> UFC g<sup>-1</sup> e, normalmente, com o crescimento microbiano esses valores aumentam para 10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup> UFC g<sup>-1</sup> quando o produto fica com características normais prejudicadas (MARTÍNEZ-FERRER et al., 2002). O baixo pH das frutas é o principal fator que influencia no desenvolvimento dos bolores e leveduras. Estes por sua vez, com o desenvolvimento de suas colônias são os principais responsáveis pela deterioração visual das frutas (JAY, 2005).

Djioua et al. (2010) verificaram que em mangas 'Tommy Atkins' processadas a contagem inicial de bolores e leveduras nas amostras do controle, foi em torno de 2,5 log UFC g<sup>-1</sup>, valores menores do que os encontrados neste experimento. Essa diferença pode ser explicada por JAY (2005), pois, segundo esse autor, a carga microbiana inicial é devido a fatores como: exposição solar, cultivar, pH do vegetal entre outros.



**Figura 27.** Contagem de bolores e leveduras em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

A carga microbiana inicial das bactérias aeróbias mesófilas foi de  $2,772 \log\text{UFC g}^{-1}$  em amostras sem tratamento UV-C e  $2,6639 \log\text{UFC g}^{-1}$  em amostras tratadas com  $1,13 \text{ kJ m}^{-2}$ . O aumento na intensidade do tratamento para  $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$  resultou na redução de 1 log da população, se comparada ao controle (Figura 28). Diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) foram observadas entre as amostras tratadas com UV-C de maior intensidade e não tratadas, ao longo dos 12 dias de armazenamento. O efeito antimicrobiano do UV-C apresentou-se mais efetivo em doses mais elevadas ( $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$ ) e após 6 dias de armazenamento, a população mesófilica alcançou valores de  $2,8576 \log\text{UFC g}^{-1}$ , permanecendo constante até o final do experimento.

As amostras tratadas com doses de  $1,13 \text{ kJ m}^{-2}$  apresentaram comportamento similar às amostras do controle, apresentando crescimento de, aproximadamente, um ciclo logarítmico até o 12º dia de armazenamento.

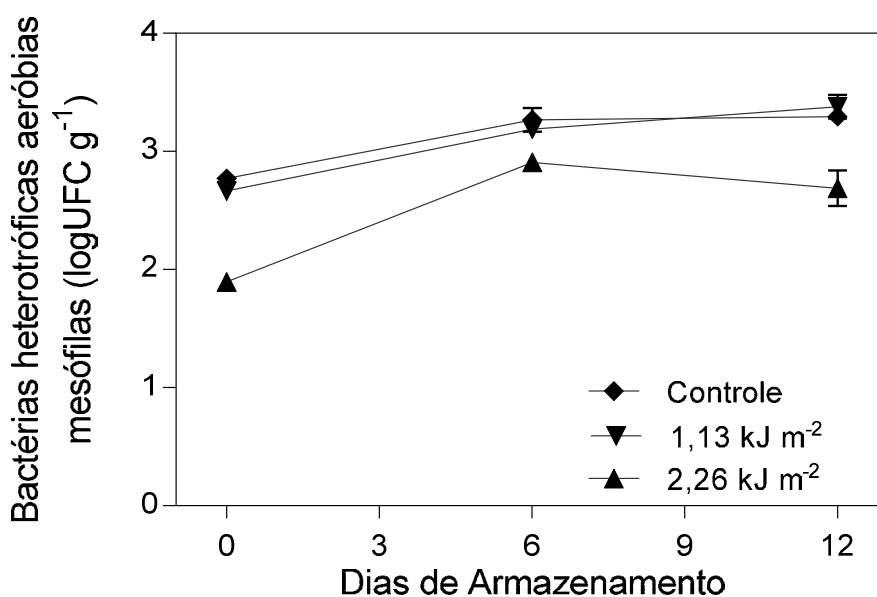
O efeito inicial da dose de  $2,26 \text{ kJ m}^{-2}$  não se manteve até o final do experimento quanto constatou-se um aumento de 1 ciclo logarítmico mesmo com o



armazenamento refrigerado. No entanto, esses valores ainda mantiveram-se muito abaixo dos valores encontrados para os tratamentos controle e  $1,13 \text{ kJ m}^{-2}$ . Como esperado, a população microbiana cresceu mais rápido no tratamento controle.

Bactérias mesófilas geralmente variam de 3 a  $9 \text{ logUFC g}^{-1}$  em vegetais intactos e de 3 a  $6 \text{ logUFC g}^{-1}$  para vegetais minimamente processados (ZAGORY, 1999). Nesse estudo, observou-se que todas as amostras de manga minimamente processadas, ficaram abaixo de  $4 \text{ logUFC g}^{-1}$ , indicando que o processo de sanitização foi realizado de forma adequada e que o tratamento UV-C pode ser utilizado para potencializar esse efeito.

O UV-C causa uma quebra na fita de DNA em bactérias, fungos e células humanas, o que resulta na inibição da replicação do DNA (SOMMERS; COOKE, 2009). Os fatores mais importantes a afetar a letalidade do UV-C incluem o equipamento e parâmetros de tratamento, as características físico-químicas do meio e o tipo de micro-organismo (GAYAN et al., 2011).



**Figura 28.** Contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5 \pm 1^\circ \text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

A baixa contagem de microrganismos encontradas nas amostras tratadas com UV-C são atribuídas à desnaturação das proteínas e perda da capacidade de multiplicação dos micro-organismos (LAMIKANRA; RICHARD; PARKER, 2002). Erkan, Wang e Wanga (2008) relataram que a exposição de frutos ao UV-C pode ser uma forma de eliminar bactérias sem danificar a qualidade das frutas, os mesmos autores observaram que doses de 2,15 e 4,3 kJ m<sup>-2</sup> retardam a perda de qualidade em morangos se comparados com frutos não tratados. Fonseca e Rushing (2006) estudaram a utilização do UV-C em cubos de melancia e observaram que a dose 4,1 kJ m<sup>-2</sup> manteve a população microbiológica menor do que 1 logUFC g<sup>-1</sup> por toda a vida útil do produto.

Verificou-se que não houve diferença significativa na contagem da microbiota contaminante nas doses de UV-C testadas, todas as amostras apresentaram valores <3,0 NMP g<sup>-1</sup>. Mesmo nas amostras sem tratamento (controle), a população de coliformes a 45 °C e de *Salmonella* ficou dentro dos padrões exigidos pela legislação para este tipo de produto (coliformes a 45 °C ≤ 10<sup>2</sup> NMP g<sup>-1</sup> e ausência de *Salmonella* em 25 g).

Os resultados obtidos, podem ser justificados pela adoção de boas práticas durante as etapas do processamento mínimo e da utilização de matéria prima de boa qualidade.

Os resultados obtidos na presente pesquisa estão de acordo com os obtidos por Amaral (2010), ao observar que em melões minimamente processados tratados com água ozonizada e doses de UV-C, não houve detecção de *E. coli* e de *Salmonella* spp.

CHEIGH et al. (2012) observaram que a utilização da luz UV-C em doses de 0,63 a 2,5 kJ m<sup>-2</sup> foram responsáveis pela redução, de até 4 ciclos logarítmicos da *E. coli*, sendo esta, proporcional à dose utilizada.

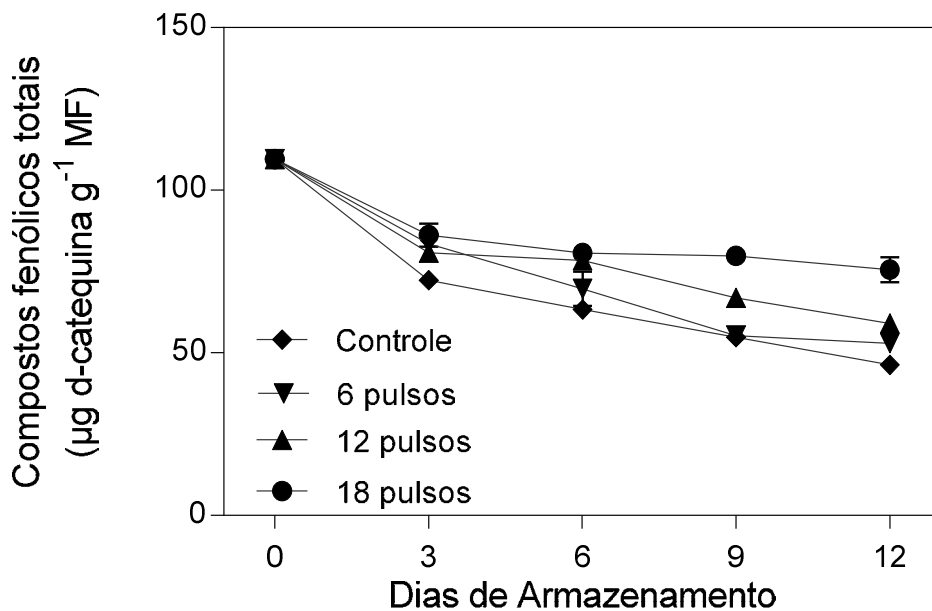
Não foi verificada a presença de *Salmonella* sp. nas amostras de manga tratadas com UV-C e analisadas ao longo de 12 dias de armazenamento. Resultados similares foram descritos por Vitti et al. (2004), Pereira et al. (2003) e Paula et al. (2009) ao estudarem beterraba, goiaba e alface, respectivamente. Por outro lado, a

incidência de *Salmonella* sp. foi verificada por Pinheiro et al. (2005) mamão, melão, abacaxi, goiaba e manga minimamente processadas.

A *Salmonella* e a *Escherichia coli* O157:H7 são os patógenos comumente relacionados à surtos alimentares associados à produtos vegetais (WARRINER et al., 2009), sendo importante a manutenção dos alimentos minimamente processados livres desses micro-organismos.

#### 4.4 Aplicação de luz pulsada na manutenção da qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas.

A aplicação de luz pulsada (LP) em amostras de manga minimamente processadas provocou redução significativa ( $P < 0,05$ ) nos teores de compostos fenólicos totais ao longo do armazenamento. Observa-se que os produtos tratados com doses mais elevadas (36 e 54 kJ m<sup>-2</sup>) preservaram maior quantidade de compostos fenólicos do que aqueles tratadas com menores doses de UV-C (0 e 18 kJ m<sup>-2</sup>) (Figura 29).



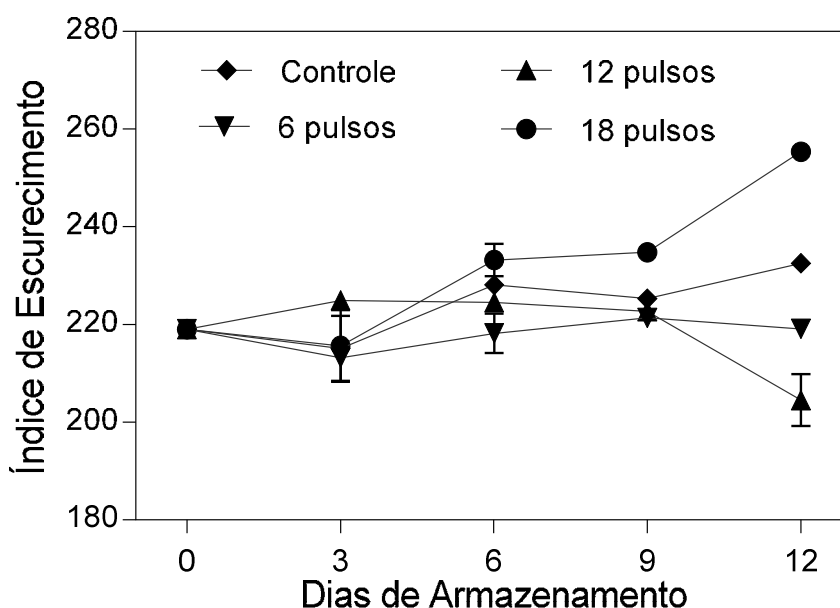
**Figura 29.** Compostos fenólicos totais em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5 \pm 0,9$  °C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Aparentemente, reservatórios contendo altos níveis de compostos fenólicos inicialmente presentes na amostra podem fazer com que somente parte desses fenóis sejam atingidos pelos tratamentos com LP. Segundo Charles et al. (2013) o UV-C pulsado atinge apenas a superfície da amostra, não atingindo parte dos fenóis que está localizada no vacúolo da célula vegetal. Além disso, o fato desses compostos

serem produzidos constantemente no ciclo dos fenilpropanóides pela PAL, faz com que esses níveis mantenham-se ao longo do armazenamento.

Os compostos fenólicos são conhecidos como antioxidantes e suas propriedades biológicas resultam da sua capacidade para atuar como captadores de espécies reativas do oxigênio e terminar as reações em cadeia de radicais que ocorrem durante a oxidação de gorduras insaturadas. Devido a essa propriedade antioxidante, sua manutenção em frutas e hortaliças durante o armazenamento é de extrema importância (LIU et al., 2000).

O índice de escurecimento não apresentou diferença significativa em relação ao tempo de armazenamento da manga processada. Mesmo sendo não significativo, verificou-se que as amostras tratadas com 18 pulsos ( $54 \text{ kJ m}^{-2}$ ) apresentaram aumento no índice de escurecimento a partir do 3º dia de armazenamento, atingindo no 12º dia de experimento valores maiores que todos os outros produtos (Figura 30).



**Figura 30.** Índice de escurecimento em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^\circ\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

As mangas minimamente processadas tratadas com 6 e 12 pulsos não apresentaram aumento no índice de escurecimento, por outro lado, os produtos sem tratamento (controle) apresentaram aumento significativo para esse parâmetro. A

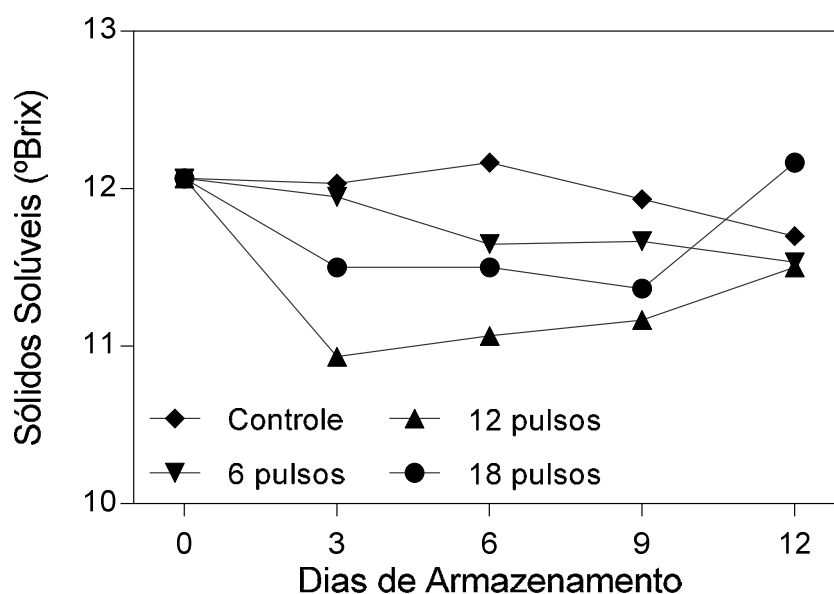
exposição de maçãs minimamente processadas à luz pulsada em doses de 4,4; 22,1; 44,2; 132,7 e 221,1 J cm<sup>-2</sup>, foi responsável aumento no índice de escurecimento das amostras (GÓMEZ et al., 2012).

O comportamento verificado no presente experimento difere do observado por Charles et al. (2013) em mangas minimamente processadas e tratadas com UV-C pulsado na dose de 8 J cm<sup>-2</sup> (80 kJ m<sup>-2</sup>), pois estas apresentaram menor escurecimento global do que as amostras do controle, durante 7 dias de armazenamento. Ao comparar estes dados com os do presente experimento, observa-se que a utilização de doses de 54 kJ m<sup>-2</sup> promoveram aumento no índice de escurecimento das amostras quando comparadas com as amostras do controle.

O aumento no índice de escurecimento das mangas minimamente processadas pode ser explicado pela provável descompartimentação da parede celular pela exposição à altas doses de UV-C, provocando a liberação de compostos fenólicos para o meio, disponibilizando-os como substrato para a atividade da PPO, resultando na formação de coloração escura (GONZÁLES-AGUILAR; ZAVELETA-GATICA; TIZINADO-HERNANDEZ., 2007a).

Observa-se que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos utilizados ao longo do tempo de armazenamento no teor de sólidos solúveis (Figura 31). Verificou-se que quanto maior o número de pulsos aplicado, menor foi o teor de SS dos produtos. Para aqueles não tratadas (controle) esse teor permaneceu constante ao longo do armazenamento.

A redução nos sólidos solúveis pode representar o consumo dos açúcares como substrato de reações metabólicas como a respiração, processo comum à senescência dos frutos (FAGUNDES; CARCIOFI; MONTEIRO, 2013). Nos produtos tratados com luz pulsada, possivelmente ocorreu o aumento da temperatura das amostras, o que contribuiu para o aumento na taxa respiratória do produto e consequente consumo dos açúcares.



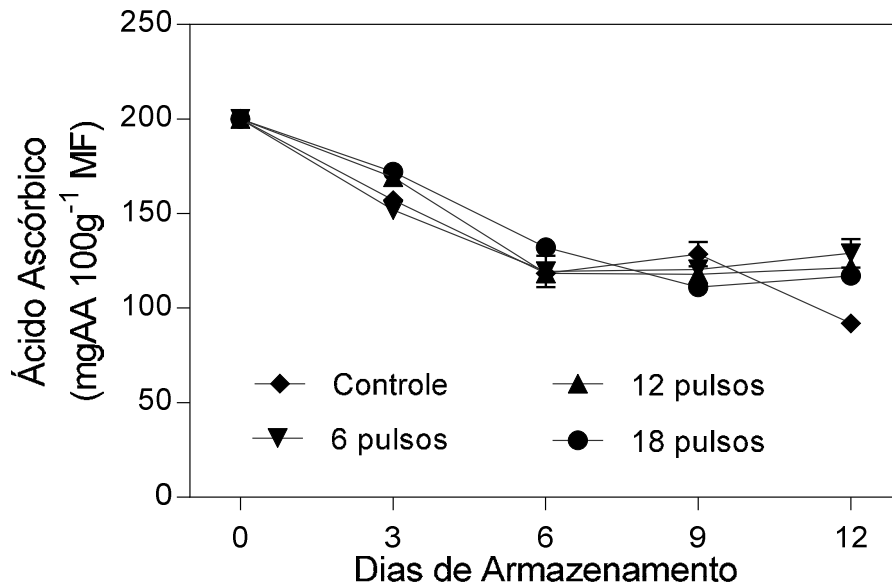
**Figura 31.** Teor de sólidos solúveis em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^{\circ}\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias ( $N=3$ ).

O teor de AA decresceu significativamente ( $P \leq 0,05$ ) em todos os tratamentos até o sexto dia de armazenamento, apresentando valor inicial de aproximadamente  $200 \text{ mg AA } 100\text{g}^{-1} \text{ MF}$  e no sexto dia de armazenamento em torno de  $118,51$ ;  $111,11$ ;  $118,85$  e  $136,29 \text{ mg AA } 100\text{g}^{-1} \text{ MF}$  para os tratamentos 0, 6, 12 e 18 pulsos, respectivamente (Figura 32). Observou-se uma redução de aproximadamente 45% do teor AA em todos os produtos tratados ou não tratados com LP. Após essa redução brusca, o teor de AA manteve-se constante até o 12º dia de armazenamento para os tratamentos 6, 12, 18 pulsos, enquanto o AA das mangas MP do controle apresentaram redução de conteúdo.

Os resultados obtidos neste experimento são similares aos encontrados por Charles et al. (2013), que demonstraram que não houveram diferenças significativas entre amostras tratadas e não tratadas com LP, os autores observaram que o ácido ascórbico sofreu oxidação independente se a amostra foi tratada com luz pulsada ou não.

Alguns autores reportam que a luz UV-C pulsada provoca um aumento na oxidação dos componentes da amostra devido ao aumento de temperatura provocado

pelo tratamento (ELMNASSER et al., 2007). Jun et al. (2003) ao tratarem grãos de milho por 100s com UV-C pulsado para a inativação de *A. Niger*, verificaram que as amostras atingiram picos de 120°C. Fine e Gervais (2004) falharam ao tentar reduzir em 1 ciclo logaritmico o crescimento da *Saccharomyces cerevisiae* em pimentas, pois os tratamentos com LP provocaram queimadiuras no tecido vegetal da amostra.



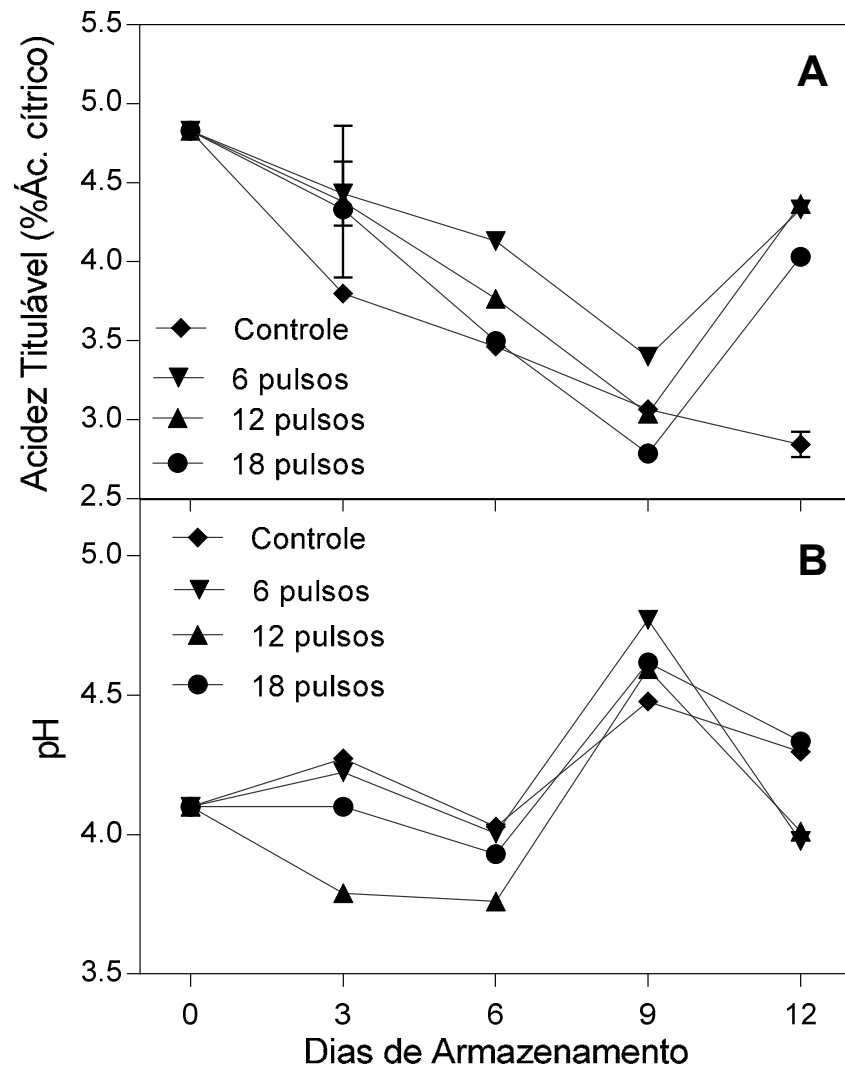
**Figura 32.** Teor de ácido ascórbico em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^{\circ}\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

A figura 33A demonstra a redução significativa da AT ao longo do armazenamento. As frutas tratadas com 6, 12 e 18 pulsos apresentaram acidez similar às fatias de manga não tratadas, indicando que os pulsos de UV-C não apresentaram efeito sobre o teor de acidez da amostra.

Em relação ao pH, somente o tempo de armazenamento foi parâmetro significativo, ocorrendo aumento de pH em todos os produtos, inclusive os do controle (Figura 33B), comportamento esperado devido a redução da acidez do produto observada previamente.

Os resultados obtidos nesse estudo coincidem com os de Rodoni et al. (2012) e Vicente et al. (2005), que estudaram aplicação de UV-C em pimentas. Segundo os autores, o tratamento com UV-C não afetou o teor de AT ou de açúcares dos produtos.





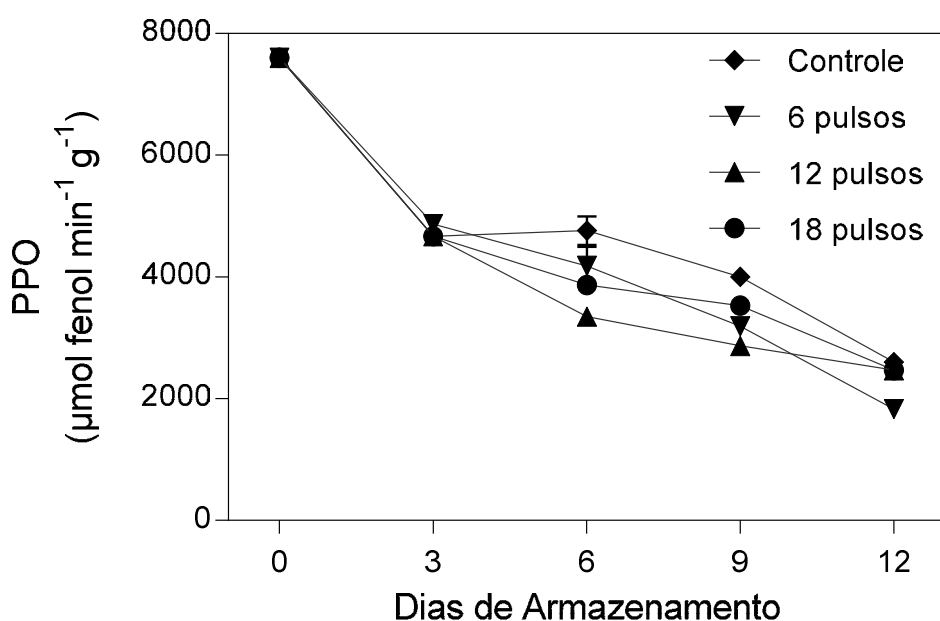
**Figura 33.** Teor de Acidez Titulável e pH em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^{\circ}\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Verificou-se redução na atividade da PPO ao longo do armazenamento, cujos valores médios passaram de iniciais  $7600 \mu\text{mol fenol min}^{-1} \text{g}^{-1}$  para em média 2300 após 12 dias para todos os produtos (Figura 34). Observa-se ainda que as mangas controle conservaram a atividade da PPO mais elevada que em amostras tratadas com 6, 12 e 18 pulsos.

Enzimas oxidativas como a PPO e a POD, relacionadas com a manutenção da qualidade das frutas e hortaliças minimamente processadas, desempenham papel

importante quanto se busca um novo tratamento para a preservação da qualidade desses. Esses tratamentos, luz pulsada ou UV-C, devem proporcionar certo grau de desnaturação dessas enzimas para evitar a perda de qualidade do produto (SAMPEDRO; PHILLIPS; FAN, 2014). A PPO é a principal responsável pela oxidação dos compostos fenólicos que resulta no escurecimento enzimático (LUDI KHUYZE et al., 2003).

A redução na atividade desta enzima dependerá de fatores como: estrutura tridimensional e da resistência ao processamento e do tipo da composição do alimento (SAMPEDRO; PHILLIPS; FAN, 2014). No presente trabalho verificou-se que a aplicação dos pulsos não demonstrou diferença significativa em relação aos produtos do controle. Estes por sua vez também apresentaram redução na atividade da PPO, corroborando a hipótese de que a redução na atividade dessa enzima pode ser resultante de fatores como baixo pH encontrado na amostra (Figura 33B) e da baixa disponibilidade de oxigênio na embalagem PET.

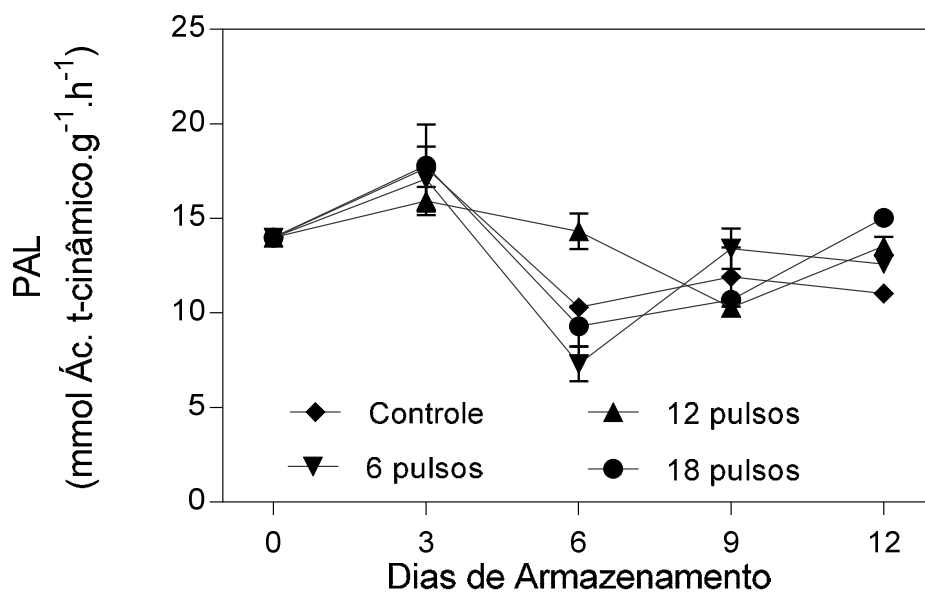


**Figura 34.** Atividade da polifenol oxidase (PPO) em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^{\circ}\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

A atividade da PAL neste trabalho não foi significativa em relação aos tratamentos com LP ou tempo de armazenamento. Embora não significativo, verificou-

se um pico na atividade dessa enzima no 3º dia de armazenamento, provavelmente ocasionado pelo estresse provocado pelo corte no momento do processamento. A partir do 3º dia de armazenamento, observa-se redução da atividade da enzima PAL (Figura 35).

Charles et al. (2013) verificaram que em mangas processadas tratadas com luz pulsada de  $8 \text{ J cm}^{-2}$  a atividade da PAL apresentou valores iniciais semelhantes aos encontrados no presente trabalho. O autor demonstrou ainda que ao longo do armazenamento ocorreu redução na atividade dessa enzima.

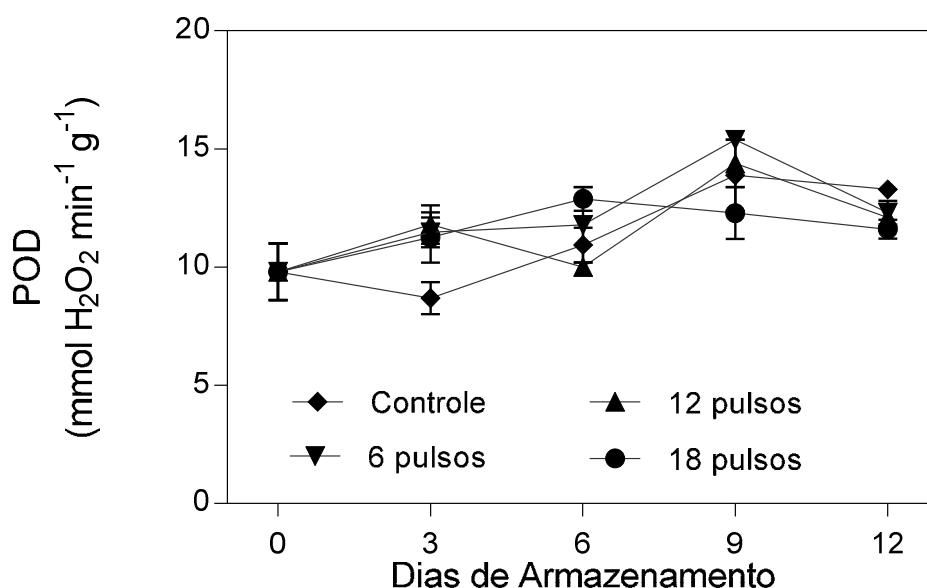


**Figura 35.** Atividade da fenilalanina amônia liase (PAL) em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5 \pm 0,9^\circ\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

No presente trabalho não houve diferença significativa na atividade da POD em relação ao tempo de armazenamento e aplicação de luz pulsada (0, 6, 12, 18 pulsos). Verificou-se apenas uma tendência de aumento até o 9º dia de armazenamento em todos os produtos (Figura 36). A média dos valores da atividade da POD no tempo 0 foi de  $8600 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , no último dia de experimento esses valores aumentaram atingindo médias de 13,300; 12,400; 12,000 e 11,600  $\text{mmol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1}$  nas amostras do controle, 6, 12 e 18 pulsos respectivamente.

Neves, Vieira e Silva (2012) estudaram a cinética de desnaturação da peroxidase pelo aquecimento (branqueamento) e utilização de baixas doses de UV-C e verificaram que esta enzima é desnaturada a uma temperatura de 95°C e que a aplicação do UV-C em baixas doses, considerado um tratamento apenas de superfície, sozinho, não foi capaz de inativar a POD.

A peroxidase (POD) é uma enzima encontrada em vegetais que catalisa reações de oxidação usando peróxidos ou oxigênio como aceptores de hidrogênio, essa enzima pode ser relacionada a processos de formação de *off-flavours* e *off-colors* em legumes crus não branqueados (LÓPEZ et al., 1994; LUDIKHUYZE et al., 2003), conseqüentemente, a inativação dessa enzima aumenta a vida útil dos vegetais.

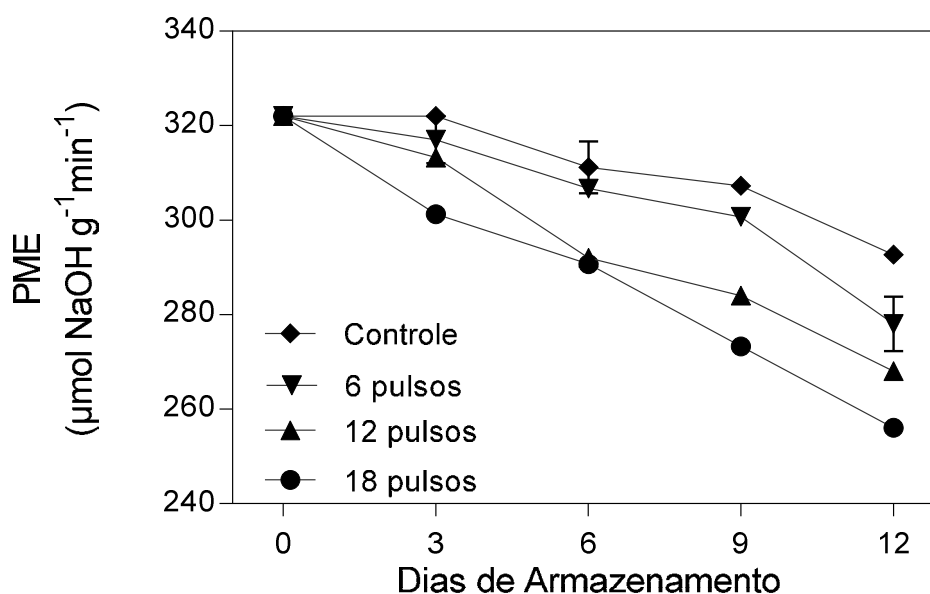


**Figura 36.** Atividade da peroxidase (POD) em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a 5±0,9°C durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

No presente estudo, observou-se que o tratamento UV-C reduziu significativamente a atividade da enzima PME e que quanto maior a dose ou número de pulsos aplicados maior a redução na atividade da enzima no decorrer dos 12 dias de armazenamento (Figura 37). Bu et al. (2013) observaram em tomates comportamento similar ao observado neste experimento, com redução da atividade da PME após tratamento com 4,2 kJ m<sup>-2</sup>.

A degradação da parede celular é primordialmente resultado da atividade das enzimas que degradam a parede celular, dentre estas estão a PME, a PG e a celulase (BRUMMELL; HARPSTER, 2001).

A inibição da atividade da PME pela radiação UV-C está associada com a preservação da firmeza dos frutos (BU et al., 2013; PHAN et al., 2007).

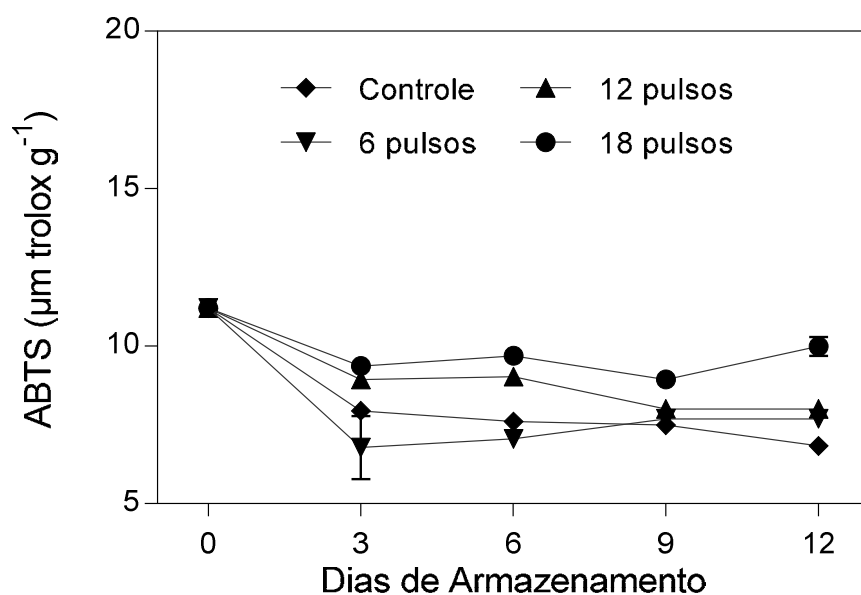


**Figura 37.** Atividade da pectina metil esterase (PME) das mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^{\circ}\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

Os tratamentos (0, 6, 12, 18 pulsos) e os tempos de armazenamento não demonstraram efeito significativo ( $P < 0,05$ ) na capacidade antioxidante das frutas. Observou-se redução na capacidade antioxidante até o terceiro dia de experimento e manutenção desses valores até o final do experimento (Figura 38). Verifica-se que nos produtos tratados com 18 pulsos ocorreu redução menos acentuada variando de 11,79 a 9,69  $\mu\text{M Trolox g}^{-1}\text{ MF}$ , se comparados aos produtos controle (0 pulsos) que demonstraram a maior perda na capacidade antioxidante dentre todos os produtos, apresentando valores entre 11,79 a 6,72  $\mu\text{M Trolox g}^{-1}\text{ MF}$ .

OMS-OLIUI et al. (2010) verificaram que a capacidade antioxidante em cogumelos foi significativamente afetada pelos tratamentos com LP aplicados em

doses de 4.8 e 12 J cm<sup>-2</sup>, sendo a capacidade antioxidante e a síntese de compostos fenólicos proporcionais à dose aplicada. Comportamento diferente do observado neste experimento. Apesar desses resultados, a redução na capacidade antioxidante está associada à redução no teor de compostos fenólicos totais (Figura 29) e de ácido ascórbico (Figura 32).



**Figura 38.** Atividade antioxidante das mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas tratadas com luz e armazenadas a  $5\pm 0,9^{\circ}\text{C}$  durante 12 dias. Barras indicam o desvio padrão das médias (N=3).

## 5. CONCLUSÕES

A embalagem PET foi a que melhor conservou as mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas por 12 dias a 5°C, permitindo maior acúmulo de CO<sub>2</sub>, menor atividade da PPO, POD e PAL, e, redução do índice de escurecimento.

O tratamento com UV-C provocou aumento nos compostos fenólicos, na atividade da enzima PAL; redução da atividade das enzimas PPO, POD e PME. A aplicação da dose de 1,70 kJ m<sup>-2</sup> contribuiu para uma melhor conservação da manga 'Tommy Atkins' minimamente processada.

A luz pulsada não alterou o pH e os teores de acidez titulável, sendo que a utilização de 12 pulsos em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processada resultou em menor índice de escurecimento, baixa atividade da enzima PME e elevada atividade antioxidante.

O tratamento com UV-C contínuo foi mais eficiente do que o tratamento com luz pulsada na manutenção da qualidade pós-colheita da manga minimamente processada.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIAS, M. et al. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. **International Journal of Food Microbiology**, v.123, p.121–129, 2008.

AGRIFANUAL 2014: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2014. p. 328-334.

ALLENDE, A.; ARTÉS, F. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of minimally processed lettuce. **LWT - Food Science and Technology**, v. 36, p. 779–786., 2003a.

ALLENDE, A.; ARTÉS, F. UV radiation as a novel technique to preserve quality of minimally processed 'Lollo Rosso' lettuce. **Food Research International**, v. 36, p. 739–746, 2003b.

ALLONG, R.; WICKHAM, L. D.; MOHAMMED, M. The effect of cultivar, fruit ripeness, storage temperature and duration on quality of fresh-cut mango. **Acta Horticulturae**, v. 509, p. 487–494, 2000.

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. UV radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, p. 512-516, 2009.

ALTUNKAYA, A.; GOKMEN, V. Purification and characterization of polyphenol oxidase, peroxidase and lipoxygenase from freshly cut lettuce (*L. sativa*). **Food Technology and Biotechnology**, v. 49, n. 2, p. 249, 2011.



AMARAL, R. D. A. Utilização de água ozonizada e radiação ultravioleta C na sanitização de melão minimamente processado. 2010. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

AMARO, A. L.; FUNDO, J. F.; OLIVEIRA, A. A.; BEAULIEU, J. C.; FERNANDEZ-TRUJILLO, J. P.; ALMEIDA, D. P. F. 1-Methylcyclopropene effects on temporal changes of aroma volatiles and phytochemicals of fresh-cut cantaloupe. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.93, p.828–837, 2012.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Estabelece padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 67p. 2001.

AOAC. **Association of Official Analytical Chemists International**. 16. ed. Gaithersburg: AOAC, 1997. Cap. 37, v. 2, p.

ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; ROBLES, P. A.; GÓMEZ, P. A.; TOMÁS-CALLEJASA, A.; ARTÉ, F. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, p. 114-120, 2010.

ASSIS, J. S. D. Colheita e pós-colheita. In: MOUCO, M.A.C. (Ed.). Cultivo da Mangueira. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica, 2004.

AYDEMIR, T. Partial purification and characterization of polyphenol oxidase from artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads. **Food Chemistry**, v. 87, n. 1, p. 59–67, 2004.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; GÓNGORA-NIETO, M. M.; SWANSON, B. G. Nonthermal electrical methods in food preservation. **Food Science and Technology International**, v. 4, n. 5, p. 363-370, 1998.

BARBOSA-CANOVAS, G. V.; SCHAFFNER, D.; PIERSON, M. D.; ZHANG, Q. H. Pulsed light technology. **Journal of Food Science**, p.82–85 (Suppl.). 2004.

BARKA, E. A.; KALANTARI, S.; MAKHLOUF, J.; ARUL, J. Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. **Journal of agricultural food chemistry**, v. 48, p. 667-671, 2000.

BERARDINI, N.; FEZER, R.; CONRAD, J.; BEIFUSS, U.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Screening of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol O- and xanthone C-glycosides, anthocyanins, and pectin. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 53, p. 1563-1570, 2005.

BINTSIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBINSON, R. K. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry—a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 6, p. 637–645, 2000.

BOLTON, J.; LINDEN, K. G. Standardization of methods for fluence (UV dose) determination in bench-scale UV experiments. **Journal of Environmental Engineering**, v. 129, p. 209-215, 2003.

BRUMMELL, D. A.; HARPSTER, M. H. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. **Plant Molecular Biology**, v. 47, p. 311-339, 2001.

BU, J.; YU, Y.; AISIKAER, G.; YING, T. Postharvest UV-C irradiation inhibits the production of ethylene and the activity of cell wall-degrading enzymes during softening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. **Postharvest biology and technology**, v. 86, p. 337-345, 2013.

BUCK, J. W.; WALCOTT, R. R.; BEUCHAT, L. R. Recent trends in microbiological safety of fruits and vegetables. **Plant Health Progress**, Minnesota, 2003. Disponivel em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/review/2003/safety/>>.

CAMPOS-VARGAS, R.; NONOGAKI, H.; SUSLOW, T.; SALTVEIT, M. E. Heat shock treatments delay the increase in wound-induced phenylalanine ammonia-ammonia-lyase activity by altering its expression, not its induction in Romaine lettuce (*Lactuca sativa*) tissue. **Physiologia Plantarum**, v. 132, p. 82-91, 2005.

CHARLES, F. G. C.; GONTARD, N. Effect of passive and active modified atmosphere packaging on quality changes of fresh endives. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, p. 22-29, 2008.

CHARLES, F.; VIDAL, V.; OLIVE, F.; FILGUEIRAS, H.; SALLANON, H. Pulsed light treatment as new method to maintain physical and nutritional quality of fresh-cut mangoes. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 18, p. 190–195, 2013.

CHEIGH, C.; PARK, M.; CHUNG, M.; SHIN, J.; PARK, Y. Comparison of intense pulsed light- and ultraviolet (UVC)-induced cell damage in *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7. **Food Control**, 25, 2012. 654-659.

CHEN, J.; HE, L.; JIANG, Y.; KUANG, J.; LU, C.; JOYCE, D. C.; MACNISH, A.; HE, Y.; LU, W. Expression of PAL and HSPs in fresh-cut banana fruit. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66 , n. 1, p. 31–37, 2009.

CHIUMARELLI, M.; FERRARI, C. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; HUBINGER, M. D. Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 3, p. 381–387, 2011.

DAVEY, M. W.; MONTAGU, M. V.; INZÉ, D.; SANMARTIN, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I. J. J.; STRAIN, J. J.; FAVELL, D.; FLETCHER, J. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 825-860, 2000.

DAVIES, M. J.; TRUSCOTT, R. J. W. Photo-oxidation of proteins and its role in cataractogenesis. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 63, p. 114-125, 2001. ISSN 1011-1344.

DEA, S.; BRECHTA, J. K.; NUNES, M. C. N.; BALDWIN, E. A. Quality of fresh-cut 'Kent' mango slices prepared from hot water or non-hot water-treated fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 56, p. 171-180, 2010.

DEGL'INNOCENTI, E.; PARDOSSI, A.; TOGNONI, F.; GUIDI, L. Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in 'lettuce', 'escarole' and 'rocket salad' when stored as fresh-cut products. **Food Chemistry**, v. 104, p. 209-215, 2007.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism. **The plant cell**, v. 7, p. 1085-1097, 1995.

DJIOUA, T.; CHARLES, F.; FREIRE JR, M.; FILGUEIRAS, H.; DUCAMP-COLLIN, MARIE-NOËLLE.; SALLANON, H. Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh-cut mangoes (*Mangifera indica* L.). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, p. 849-855, 2010.

DONADON, J. R.; SOUZA, B. S.; DURIGAN, J. F. Processamento mínimo de manga. In: MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. Cap. 14, p. 274-282.

DORTA, E.; LOBO, M. G.; GONZÁLEZ, M. Using drying treatments to stabilise mango peel and seed: Effect on antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 45, n. 2, p. 261-268, 2012.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington: 2001. p.357-380; 209-215; 69-80;

DUMAS, Y.; DADOMO, M.; LUCCA, G.D.; GROLIER, P.; DI LUCCA, G. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes.. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, p. 369–382, 2003.

DUNN, J. E.; CLARK, R. W.; ASMUS, J. F.; PEARLMAN, J. S.; BOYERR, K.; PAINCHAUD, F. **Methods for preservation of foodstuffs**. US4871559 A, 03 outubro 1989. Disponível em: <<http://www.google.com/patents/US4871559>>.

EDWARDS, A. E.; SILVA, E. Effect of visible light on selected enzymes, vitamins and amino acids. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 63, p. 126-131, 2001.

ELMNASSER, N.; GUILLOU, S.; LEROI, F.; ORANGE, N.; BAKHROUF, A.; FEDERIGH, N. Pulsed-light system as a novel food decontamination technology: a review. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 53, p. 813-821, 2007.

ERKAN, M.; WANG, C. Y.; KRIZEK, D. T. UV-C radiation reduces microbial populations and deterioration in Cucurbita pepo fruit tissue. **Environmental and Experimental Botany**, v. 45, p. 1-9, 2001.

ERKAN, M.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, p. 163-171, 2008.

ESPÍN, J. C.; GARCÍA-RUIZ, P.A.; TUDELA, J.; VARÓN, R.; GARCÍA-CÁNOVAS, F. Monophenolase and diphenolase reaction mechanisms of apple and pear polyphenol oxidases. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 2968–2975, 1998.

FAGUNDES, C.; CARCIOFI, B. A. M.; MONTEIRO, A. R. Estimate of respiration rate and physicochemical changes of fresh-cut apples stored under different temperatures. **Food Science Technology**, v. 33, n. 1, p. 60-67, 2013.

FAO, 2012. **Food and Agricultural commodities production**. Food and agriculture organization of the United Nations, 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>

FESKANICH, D.; ZIEGLER, R. G.; MICHAUD, D. S.; GIOVANNUCCI, E. L.; HAEGELE, A. D.; GILLETTE, C.; O'NEILL, C.; WOLFE, P.; HEIMENDINGER, J.; SEDLACEK, S.; THOMPSON, H. J. Plasma xanthophyll carotenoids correlate inversely with indices of oxidative DNA damage and lipid peroxidation. **Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention**, v. 9 , p. 421–425, 2000.

FDA. Code of Federal Regulations - Sec. 179.41 Pulsed light for the treatment of food, 1996. Disponível em: <<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfCFR/CFRSearch.cfm?fr=179.41>>.

FINE, F.; GERVAIS, P. Efficiency of pulsed UV light for microbial decontamination of food powders. **Journal of Food Protection**, v.67, p.787-792, 2004.

FISCHER, R. L.; BENNETT, A. B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review Physiology Plant Molecular Biology**, v. 42, p. 675-703, 1991.

FONSECA, J. M.; RUSHING, J. W. Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. **Postharvest Biology and Technology**, v. 40, p. 256-261, 2006.

FU, L.; CAO, J.; LI, Q.; LIN, L.; JIANG, W. Effect of 1-methylcyclopropene on fruit quality and physiological disorders in Yali pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) during storage. **Food Science and Technology International**, v. 13, n. 1, p. 49-54, 2007.

GALDI, M. R. et al. Production of active PET films: evaluation of scavenging activity. **Packaging Technology Science**, v.21, n. 5, p. 257–268, 2008.

GAYAN, E.; MONFORT, S.; ALVAREZ, I.; CONDON, S. UV-C inactivation of *Escherichia coli* at different temperatures. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.12, n. 4, p. 531-541, 2011.

GIESE, N.; DARBY, J. Sensitivity of microorganisms to different wavelengths of UV light: implications on modeling of medium pressure UV systems. **Water Research**, v. 34, n. 16, p. 4007–4013, 2000.

GIL, M. I.; AGUAYO, E.; KADER, A. A. Quality Changes and Nutrient Retention in Fresh-Cut versus Whole Fruits during Storage. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.54, p.4284–4296, 2006.

GÓMEZ, P.; SALVATORI, D.; GARCÍA LOREDO, A.; ALZAMORA, S. M. Pulsed light treatment of cut apple: dose effect on color, structure and microbiological stability. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, p. 2311–2322, 2012.

GÓMEZ, P. L.; ALZAMORA, S. M.; CASTRO, M. A.; SALVATORI, D. M. Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior. **Journal of food engineering**, v. 98, p. 60-70, 2010.

GÓMEZ-LÓPEZ, V. M.; RAGAERT, P.; DEBEVERE, J.; DEVLIEGHERE, F. Pulsed light for food decontamination: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, p. 464-473, 2007.

GONZÁLES-AGUILAR, G. A.; ZAVELETA-GATICA, R.; TIZINADO-HERNANDEZ. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 108-116, 2007a.

GONZALEZ -AGUILAR, G. A.; VILLEGAS-OCHOA, M. A.; MARTINEZ-TELLEZ, M. A.; Gardea, A. A.; AYALA-ZAVALA, F. J. Improving Antioxidant Capacity of Fresh-Cut Mangoes Treated with UV-C. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 3, p. 197-202, 2007b.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; WANG, C. Y.; BUTA, J. G.; KRIZEK, D. T. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. **International Journal of Food Science and Technology**, 36, n. 7, p. 767-773, 2001.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; CELIS, J.; SOTELO-MUNDO, R. R.; DE LA ROSA, L. A.; RODRIGO-GARCIA, J.; ALVAREZ-PARRILLA, E. Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5°C. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, p. 91–101, 2008.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; WANG, C. Y.; BUTA, J. G. Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agents and modified atmosphere packaging. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.48, n. 9, p. 4204 -4208, 2000.



GONZÁLEZ-BARRIO, R.; SALMENKALLIO-MARTTILA, M.; TOMÁS-BABERÁN, F.; CANTOS, E. Etiology of UV-C- Induced Browning in Var. Superior White Table Grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 5990-5996, 2005.

GRUNDHOFER, P.; NIEMETZ, R.; SCHILLING, G.; GROSS, G. G. Biosynthesis and sub cellular distribution of hydrolysable tannins. **Phytochemistry**, v. 57, p. 915–927, 2001.

GUAN, W.; FAN, X.; YAN, R. Effects of UV-C treatment on inactivation of Escherichia Coli O157:H7, microbial loads, and quality of button mushrooms. **Postharvest Biology and Technology**, v. 64, p. 119-125, 2012.

GUERRERO-BELTRAN, J.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. Review: advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food Science and Technology International**, v. 10, n. 3, p. 137-147, 2004.

GUERRERO-BELTRÀN, J. A.; BARBOSA-CÀNOVAS, G. V. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and polyphenoloxidase in mango nectar treated with UV light. **Journal of Food Protection**, v. 69, p. 362–368, 2006.

HAN, J. H.; TAO, W. Y.; HAO, H. K.; ZHANG, B. L.; JIANG, W. B.; NIU, T. G. Physiology and quality responses of fresh-cut broccoli florets pretreated with ethanol vapor. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 5, p. S385–S389, 2006.

HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, n. 1, p. 19-32, 1999.

JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C.; MOREIRA, R. C.; KLUGE, R. A. **Processamento mínimo de frutas no Brasil**. Simposium “Estado actual del mercado de frutos y vegetales cortados en Iberoamérica. San José, Costa Rica: 2004.

JAGADEESH, S. L.; CHARLES, M. T.; GARIEPY, Y.; GOYETTE, B.; RAGHAVAN, G. S. V.; VIGNEAULT, C. Influence of Postharvest UV-C Hormesis on the Bioactive Components of Tomato during Post-treatment Handling. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, p. 1463-1472, 2011.

JANG, J.; MOON, K. Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. **Food Chemistry**, 124, 2011. 444–449.

JAY, J. M. Fatores intrínsecos e extrínsecos ao desenvolvimento dos microorganismos. In: \_\_\_\_\_ **Microbiologia de Alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 712.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, v. 49, p. 1045-1087, 1984.

JERONIMO, E. M.; BRUNINI, M. A.; ARRUDA, M. C.; CRUZ, J. C. S.; GAVA, G. J. C.; SILVA, M. A. Qualidade de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob atmosfera modificada. **Ciência agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1122-1130, 2007.

JUN, S.; IRUDAYARAJ, J.; DEMIRCI, A.; GEISER, D. Pulsed UV-light treatment of corn meal for inactivation of *Aspergillus niger* spores. **International Journal of Food Science Technology**, v. 38, p. 883-888, 2003.

KAHKONEN, M. P.; HOPIA, A. I.; HEINONEN, M. Berry phenolics and their antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4076–4082, 2001.

KARAKURT, Y.; HUBER, D. J. Characterization of wound-regulated cDNAs and their expression in fresh-cut and intact papaya fruit during low-temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, p. 179-183, 2007.

KE, D.; SALTVEIT, M. E. J. Effects of Calcium and Auxin on Russet Spotting and Phenylalanine Ammonia lyase Activity in Iceberg Lettuce. **HortScience**, v. 21, p. 1169-1171, 1986.

KEYSER, M.; MÜLLER, I. A.; CILLIERS, F. P.; NEL, W.; GOUWS, P. A. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, p. 348–354, 2008.

KING, G. A.; O'DONOGHUE, E. M. Unravelling senescence: New opportunities for delaying the inevitable in harvested fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, p. 385-389, 1995.

KOBLITZ, M. G. B. Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas. Rio de Janeiro: Guanabara KOOGAN 2008. p.125-136.

KOCH, J. L.; NEVINS, D. J. Tomato fruit cell wall. Use of purified tomato polygalacturonase and pectinmethylesterase to identify developmental changes in pectins. **Plant Physiology**, v. 91, p. 816-822, 1989.

KUBOTA, N. Phenolic content and L-phenylalanine ammonialyase. In: F. L. H.; JACKSON, J. **Modern Methods of Plant Analyses- Fruit Analyses**. nova york: Springer-Verlang, v. 18, p. 81-94, 1995.

LAMIKANRA, O.; CHEN, J. C.; BANKS, D.; HUNTER, P. A. Biochemical and microbial changes during the storage of minimally processed Cantaloupe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 12, p. 5955-5961, 2000.

LAMIKANRA, O.; KUENEMAN, D.; UKUKU, D.; BETT-GARBER, K. L. Effect of processing under ultraviolet light on the shelf life of fresh-cut cantaloupe melon. **Journal Food Science**, v. 70, n. 9, p. C534-C539, 2005.

LAMIKANRA, O.; RICHARD, O. A. Storage and ultraviolet-induced tissue stress effects on fresh-cut pineapple. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, n. 14, p. 1812–1816, 2004.

LAMIKANRA, O.; RICHARD, O. A.; PARKER, A. Ultraviolet induced stress response in fresh cut cantaloupe. **Phytochemistry**, v. 60, p. 27-32, 2002.

LEJA, M.; MARECZEK, A.; BEN, J. Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. **Food Chemistry**, v. 80, p. 303-307, 2003.

LEMOINE, M. L.; CHAVES, A. R.; MARTÍNEZ, G. A. Influence of combined hot air and UV-C treatment on the antioxidant system of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 1313-1319, 2010.

LENUCCI, M. S. et al. Carotenoid content during tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit ripening in traditional and high-pigment cultivars. **Italian Journal of Food Science**, v. 4, p. 461–472, 2009.

LI, F.; BO-TAO, X.; XIANG-RONG, X.; REN-YOU, G.; YUAN, Z.; EN-QIN, X.; HUA-BIN, L. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. **Food Chemistry**, v. 129, p. 345-350, 2011.

LIU, F.; FU, S.; BI, X.; CHEN, F.; LIAO, X.; HU, X.; WU, J. Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. **Food Chemistry**, v. 138, p. 396–405, 2013.

LIU, S.; MANSON, J. E.; LEE, I. M.; COLE, S. R.; HENNEKENS, C. H.; WILLETT, W. C.; BURING, J. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: the Women's Health Study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, p. 922–928, 2000.

LÓPEZ, P.; SALA, F. J.; FUENTE, J. L.; CONDÓN, S.; RASO, J.; BURGOS, J. Inactivation of peroxidase, lipoxygenase, and polyphenol oxidase by manothermosonication. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 252–256, 1994.

LÓPEZ-RUBIRA, V.; CONESA, A.; ALLENDE, A.; ARTÉS, F. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. **Postharvest Biology and Technology**, v. 37, p. 174–185, 2005.

LUCENA, E. M. P. et al. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas 'Tommy Atkins' no Vale do São Francisco, Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 96–101, 2007.

LUDI KHUYZE, L.; VAN LOEY, A.; INDRAWATI.; SMOUT, C.; HENDRICKX, M. Effects of Combined Pressure and Temperature on Enzymes Related to Quality of Fruits and Vegetables: From Kinetic Information to Process Engineering Aspects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 43, n. 5, p. 527–586, 2003.

MA, X.; WU, H.; LIU, L.; YAO, Q.; WANG, S.; ZHAN, R.; XING, S.; ZHOU, Y. Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 129, p. 102–107, 2011.

MAGHOUMI, M.; GÓMEZ, P. A.; ARTÉS-HERNANDES, F.; MOSTOFI, Y.; ZAMANI, Z.; ARTÉS, F. Hot water, UV-C and superatmospheric oxygen packaging as hurdle techniques for maintaining overall quality of fresh-cut pomegranate arils. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, p. 1162-1168, 2013.

MAHARAJ, R.; ARUL, J.; NADEAU, P. UV-C irradiation of tomato and its effects on color pigments. **Advances in Environmental Biology**, v. 4, n. 2, p. 308-315, 2010.

MAISUTHISAKUL, P.; GORDON, M. H. Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. **Food Chemistry**, v. 117, n. 2, p. 332-341, 2009.

MANGARAJ, L.; GOSWAMI, T. K.; MAHAJAN, P. V. Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. **Food Engineering Reviews**, v.1, p. 133–158, 2009.

MANZOCCO, L.; DA PIEVE, S.; BERTOLINI, A.; BARTOLOMEOLI, I.; MAIFRENI, M.; VIANELLO, A.; NICOLI, M. C. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, colour and sensory properties. **Postharvest Biology and Technology**, v. 61, p. 165-171, Agosto 2011a.

MANZOCCO, L.; DA PIEVE, S.; MAIFRENI, M. Impact of UV-C light on safety and quality of fresh-cut melon. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, n. 12, p. 13-17, 2011b.

MANZOCCO, L.; DRI, A.; QUARTA, B. Polyphenoloxidase inactivation by light exposure in model systems and. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, p. 500-505, 2009.

MARQUENIE, D.; MICHIELS, C. W.; GEERAERD, A. H.; SCHENK, A.; SOONTJENS, C.; VAN IMPE, J. F.; NICOLAI, B. M. Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. **International Journal of Food Microbiology**, v. 73, p. 187–196, 2002.

MARTÍNEZ-FERRER, M.; HARPER, C.; PÉREZ - MUNTOZ, F.; CHAPARRO, M. Modified Atmosphere Packaging of Minimally Processed Mango and Pineapple Fruits. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 9, p. 3365–3371, 2002.

MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B.; GÓMEZ, P. A.; PRADAS, I.; ARTÉS, F. Moderate UV-C pretreatment as a quality enhancement tool in fresh-cut Bimi broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, v.62, p. 327–337, 2011.

MDLULI, K. M. Partial purification and characterisation of polyphenol oxidase and peroxidase from marula fruit (*Sclerocarya birrea* subsp. Caffra). **Food Chemistry**, v.92, n. 2, p. 311-323, 2005.

MERCIER, J.; ROUSSEL, D.; CHARLES, M. D.; ARUL, J. Systemic and local responses associated with UV-induced and pathogen induced resistance to *Botrytis cinerea* in stored carrot. **Phytopathology**, v.90, p. 981–986, 2000.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 7, n. 9, p. 405–410, 2002.

MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa hortaliças, 2007. 531 p.

NEVES, F. I. G.; VIEIRA, M. C.; SILVA, C. L. M. Inactivation kinetics of peroxidase in zucchini (*Cucurbita pepo* L.) by heat and UV-C radiation. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 13, p. 158–162, 2012.

NILSSON, J.; PILLAI, D.; ÖNNING, G.; PERSSON, C.; NILSSON, A.; ÅKESSON, B. Comparison of the 2,2'-azinobis-3-ethylbenzotiazol-6-sulfonic acid (ABTS) and ferric reducing anti-oxidant power (FRAP) methods to assess the total antioxidant capacity in extracts of fruit and vegetables. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 49, n. 3, p. 239–246, 2005.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, v.33, p. 89-98, 2011.

OMS-OLIU, G.; AGUILÓ-AGUAYO, I.; MARTÍN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Effects of pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of fresh-cut mushrooms (*Agaricus bisporus*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 56, p. 216-222, 2010.

PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J.; SWANSON, B. G. Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree. **Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 42-45, 1999.

PAULA, N. R. F.; VILAS BOAS, E. V. B.; RODRIGUES, L. J.; CARVALHO, R. A.; PICCOLI, R. H. Qualidade de produtos minimamente processados e comercializados em gôndolas de supermercados nas cidades de Lavras – MG, Brasília – DF e São Paulo – SP. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 219-227, 2009.

PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, A. C. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; JUNQUEIRA, V. C. A.; CARDELLO, H. M. A.B.; HUBINGER, M. D. Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 427-433, 2003.



PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K.; PAIR, S. D.; ROBERTS, W. Lycopene content differs among red-fleshed watermelon cultivars. **Journal of the science of food and agriculture**, v.81, p. 983-987, 2001.

PHAN, T. D.; BO, W.; WEST, G.; LYCETT, G. W.; TUCKER, G. A. Silencing of the major salt-dependent isoform of pectinesterase in tomato alters fruit softening. **Plant Physiology**, v. 144, p. 1960-1967, 2007.

PINHEIRO, N. M. S. et al. Avaliação da qualidade microbiológica de frutos minimamente processados comercializados em supermercados de Fortaleza. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 153-156, 2005.

PLOTTO, A.; NARCISO, J. A.; RATTANAPANONE, N.; BALDWIN, E. A. Surface treatments and coatings to maintain fresh-cut mango quality in storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 13, p. 2333 -2341, 2010.

POMBO, M. A.; DOTTO, M. C.; MARTÍNEZ, G. A.; CIVELLO, P. M. UV-C irradiation delays strawberry fruit softening and modifies the expression of genes involved in cell wall degradation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, p. 141-148, 2009.

PONGPRASERT, N.; SEKOZAWA, Y.; SUGAYA, S.; GEMMA, H. A novel postharvest UV-C treatment to reduce chilling injury (membrane damage, browning and chlorophyll degradation) in banana peel. **Scientia Horticulturae**, v. 130, p. 73-77, 2011.

PORCU, O.M. **Fatores que influenciam na composição de carotenóides em goiaba, acerola, pitanga e seus produtos processados**. 2004. 135f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, v. 1, n. 6, p. 57-74, 1982.

RAMAYYA, N.; NIRANJAN, K.; DUNCAN, E. Effects of modified atmosphere packaging on quality of 'Alphonso' Mangoes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 6, p. 721–728, 2012.

RIBEIRO, S. M. R. **Caracterização e avaliação do potencial antioxidante de mangas (*Mangifera indica* L.) cultivadas no estado de Minas Gerais**. 2006. 149f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Bioquímica Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

RICO, D.; MARTÍN-DIANA, A. B.; BARAT, J. M.; BARRY-RYAN, C. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, p. 373-386, 2007.

RIVA, M.; FRANZETTI, L.; GALLI, L. Effect of storage temperature on microbiological quality and shelf-life of ready to use salads. **Annals of Microbiology**, v. 51, p. 39-52, 2001.

ROBLES-SÁNCHEZ, M.; ASTIAZARÁN-GARCÍA, H.; MARTÍN-BELLOSO, O.; GORINSTEIND, S.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; DE LA ROSA, L. A.; YEPIZ-PLASCENCIA, G.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Influence of whole and fresh-cut mango intake on plasma lipids and antioxidant capacity of healthy adults. **Food Research International**, v. 44, n. 2, p. 1386-1391, 2011.

RODONI, L. M.; CONCELLON, A.; CHAVES, A. R.; VICENTE, A. R. Use of UV-C Treatments to Maintain Quality and Extend the Shelf Life of Green Fresh-cut Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.). **Journal of food science**, v. 77, n. 6, p. C632 -C639, 2012

ROSE, R. C. Solubility properties of reduced and oxidized ascorbate as determinants of membrane permeation. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 924, p. 254-256, 1987.

ROSSLE, C.; WIJNGAARD, H. H.; GORMLEY, T. R.; BUTLER, F.; BRUNTON, N. 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.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAES, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNES, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS<sup>+</sup>: comunicado técnico. Embrapa: Fortaleza-CE, p. 4. 2007.

SAMPEDRO, F.; PHILLIPS, J.; FAN, X. Use of response surface methodology to study the combined effects of UV-C and thermal processing on vegetable oxidative enzymes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, p. 189-196, 2014.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagens plásticas flexíveis principais polímeros e avaliação de propriedades. Campinas, ITAL/ CETEA, p. 267, 2002.

SASTRY, S. K.; DATTA, A. K.; WOROB, R. W. Ultraviolet Light. **journal of food science**, v. 65, n. s8, p. 90-92, 2000.

SAUCO, V. G. Mango production and world market: current situation and future prospects. **Acta Horticulturae**, v. 45, p. 107–116, 2004.

SCHENK, M.; RAFFELLINI, S.; GUERRERO, S.; BLANCO, A. G.; ALZAMORA, S. M. Inactivation of *Escherichia coli*, *Listeria innocua* and *Saccharomyces cerevisiae* by UV-C light: Study of cell injury by flow cytometry. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 191-198, 2011.

SCHIEBER, A.; ULLRICH, W.; CARLE, R. Characterization of polyphenols in mango puree concentrate by HPLC with diode array and mass spectrometric detection. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 1, p. 161-166, 2000.

SHAMA, G. Process challenges in applying low doses of ultraviolet light to fresh produce for eliciting beneficial hormetic responses. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, p. 1-8, 2007.

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 2, p. 227-236, 2004.

SHEN, Y.; SUN, Y.; QIAO, L.; CHEN, J.; LIU, D.; YE, X. Effect of UV-C treatments on phenolic compounds and antioxidant capacity of minimally processed Satsuma mandarin during refrigerated storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 76, p. 50-57, 2013.

SIDDIQ, M.; SOGI, D. S.; DOLAN, K. D. Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut 'Tommy Atkins' mangoes as affected by different pre-treatments. **LWT - Food Science and Technology**, v.53, p. 156-162, 2013.

SILVA, E. **Estudo da atividade enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças “in natura” e processadas**. 1981. p. 108. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1981.

SIMÕES, A. D. N. **Alterações químicas e atividades de enzimas em folhas de couve inteiras e minimamente processadas**. 2004. 75f. **Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2004.

SIRACUSA, V. Food Packaging Permeability Behaviour: A Report. **International Journal of Polymer Science**, p.1-11, 2012.

SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M. Embalagens. In: MORETTI, C. L. **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. p. 153-156.

SOGI, D. S.; SIDDIQ, M.; ROUDOUNG, S.; DOLAN, K. D. Total Phenolics, Carotenoids, Ascorbic Acid, and Antioxidant Properties of Fresh-cut Mango (*Mangifera indica* L., cv. Tommy Atkin) as Affected by Infrared Heat Treatment. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 11, p. C1197-C1202, 2012.

SOLIVA-FORTUNAY, R. C.; MARTÍN-BELLOSO, O. New advances in extending the shelf life of fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 14, p. 341–353, 2003.

SOMMERS, C. H.; COOKE, P. H. Inactivation of avirulent *Yersinia pestis* in butterfield's phosphate buffer and frankfurters by UVC (254 nm) and gamma radiation. **Journal of Food Protection**, v. 72, p. 755-759, 2009.

SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, p. 407–415, 2008.

SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. Mango film coated for fresh-cut mango in modified atmosphere packaging. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, p. 1689–1695, 2010.

SOUZA, P. M.; CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; TEIXEIRA, J. A.; PORTO, A. L. F.; VICENTE, A. A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Polysaccharide from L. tree gum (Policaju) as a coating for Tommy Atkins mangoes. **Chemical Papers**, v. 64, n. 4, p. 475-481, 2010.

STEVENS, C.; KAN, V. A.; LU, J. Y.; WILSON, C. L.; PUSEY, L. P.; KABWE, M. K.; IGWEGBEA, E. C. K.; CHALUTZD, E.; DROBYD, S. The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. **Crop Protection**, v. 17, n. 1, p. 75-84, 1998.

SWANSON, K. M. J.; PETRAN, R. L.; HANLIN, J. H. Culture methods for enumeration of microorganisms. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington DC: American Public Health Association (APHA), 2001. p. 53-62.

TIEMAN, D. M.; HANDA, A. K. Reduction in Pectin Methyltransferase Activity Modifies Tissue Integrity and Cation levels in Ripening Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Fruits. **Plant Physiology**, v. 106, p. 429-436, 1994.

TIRPANALAN, O.; ZUNABOVIC, M.; J., DOMIG K.; KNEIFEL, W. Mini review: antimicrobial strategies in the production of fresh-cut lettuce products. 2011. **Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances**, 1, 2011. Disponivel em: <<http://www.formatex.info/microbiology3/book/176-188.pdf>>.

TLILI, I.; HDIDER, C.; LENUCCI, M. S.; ILAHY, R.; JEBARI, H.; DALESSANDRO, G. Bioactive compounds and antioxidant activities during fruit ripening of watermelon cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis** , v. 24, p. 923-928, 2011.

TOIVONEN, P. M. A.; SWEENEY, M. Differences in chlorophyll loss at 13 degrees C for two broccoli (*Brassica oleracea* L.) cultivars associated with antioxidant enzyme activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 1, p. 22-24, 1998.

TRAN, M. T. T.; FARID, M. Ultraviolet treatment of orange juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 5, p. 495-502, 2004.

VICENTE, A. R.; PINEDA, C.; LEMOINE, L.; CIVELLO, P. M.; MARTINEZ, G. A. CHAVES, A. R. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 69-78, 2005.

VILAS-BOAS, E. V. B.; KADER, A. A. Effect of atmospheric modification. 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 155-162, 2006.

VINCI, G.; BOTRE, F.; MELE, G.; RUGGIERI, G. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. **Food Chemistry**, v. 53, p. 211–214, 1995.

VITTI, M. C. D.; KLUGE, R. A.; GALLO, C. R.; SCHIAVINATO, M. A.; MORETTI, C. L.; JACOMINO, A. P. Aspectos fisiológicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 1027-1032, 2004.

WALKER, J. R.; FERRAR, P. H. Diphenol oxidases, enzyme-catalysed browning and plant disease resistance. **Biotechnology & Genetic Engineering Reviews**, v. 15, p. 457-498, 1998.

WARRINER, K.; HUBER, A.; NAMVAR, A.; FAN, W.; DUNFIELD, K. Recent advances in the microbial safety of fresh fruits and vegetables. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 27, p. 155-208, 2009.

WIJNGAARD, H. H.; ROBLE, C.; BRUNTON, N. A survey of Irish fruit and vegetable waste and by-products as a source of polyphenolic antioxidants. **Food Chemistry**, v. 116, p. 202-207, 2008.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. London: Chapman & Hall, 1994, p 127-134.

XIAO, C.; ZHUB, L.; LUO, W.; SONG, X.; DENG, Y. Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosancoating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears. **Food Chemistry**, v. 121, p. 1003-1009, 2010.

YAUN, B. R.; SUMNER, S. S.; EIFERT, J. D.; MARCY, J. E. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. **International Journal of Food Microbiology**, v. 90, p. 1-8, 2004.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 313-321, 1999.



ZHAN, L.; LI, Y.; HU, J.; PANG, L.; FAN, H. Browning inhibition and quality preservation of fresh-cut romaine lettuce exposed to high intensity light. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 14, p. 70-76, 2012.

ZHI, X.; ZHANG, Y.; HU, X. S.; WU, J. H.; LIAO, X. J. Inactivation of apple pectin methylesterase induced by dense phase carbon dioxide. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56 , p. 5394–5400, 2008.

**ANEXO 1**

**Tipo de embalagem na qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas.**

**Tabela 1.** Compostos fenólicos totais ( $\mu\text{g}$  d-catequina  $\text{g}^{-1}$  MF) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem  |            |            |
|-----------------------|------------|------------|------------|
|                       | PVC        | PET        | PD900      |
| 0                     | 92,730 aA  | 92,730 aA  | 92,730 aA  |
| 3                     | 79,218 abA | 79,483 abA | 88,121 aA  |
| 6                     | 66,833 bB  | 65,632 bcB | 83,126 aA  |
| 9                     | 64,155 bA  | 50,845 cA  | 63,374 bA  |
| 12                    | 36,540 cB  | 50,257 cA  | 49,351 bAB |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Índice de escurecimento (IE) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem  |             |            |
|-----------------------|------------|-------------|------------|
|                       | PVC        | PD900       | PET        |
| 0                     | 275,899 aA | 275,899 bA  | 275,899 aA |
| 3                     | 313,828 aA | 332,404 abA | 196,742 bB |
| 6                     | 313,102 aA | 337,340 abA | 192,808 bB |
| 9                     | 316,560 aA | 361,244 aA  | 207,866 bB |
| 12                    | 327,783 aB | 200,884 bC  | 389,982 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Teor de sólidos solúveis (°Brix) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem |            |            |
|-----------------------|-----------|------------|------------|
|                       | PVC       | PD900      | PET        |
| 0                     | 15,100 aA | 15,100 aA  | 15,100 aA  |
| 3                     | 12,500 bA | 13,750 abA | 12,583 bA  |
| 6                     | 12,500 bA | 12,583 bA  | 13,750 abA |
| 9                     | 13,416 bA | 13,416 abA | 13,900 abA |
| 12                    | 13,000 bA | 11,916 bA  | 12,500 bA  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Teor ácido ascórbico (mg de AA / 100g<sup>-1</sup> MF) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a 5±1 °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem   |           |            |
|-----------------------|-------------|-----------|------------|
|                       | PVC         | PD900     | PET        |
| 0                     | 81,481 aA   | 81,481 aA | 81,481 aA  |
| 3                     | 76,485 aA   | 85,271 aA | 69,767 aA  |
| 6                     | 74,074 aA   | 81,481 aA | 66,666 abA |
| 9                     | 62,500 abAB | 69,444 aA | 41,666 bcB |
| 12                    | 42,918 bAB  | 64,377 aA | 35,765 cB  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 5.** Acidez titulável (% ácido cítrico) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a 5±1 °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem |          |          |
|-----------------------|-----------|----------|----------|
|                       | PVC       | PD900    | PET      |
| 0                     | 3,193 cA  | 3,193 cA | 3,193 eA |
| 3                     | 7,185 bA  | 3,725 bC | 4,391 dB |
| 6                     | 7,385 abA | 3,925 bC | 5,588 cB |
| 9                     | 7,451 abA | 5,056 aC | 6,653 bB |
| 12                    | 7,784 aA  | 4,723 aC | 7,252 aB |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** pH em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a 5±1 °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem |          |          |
|-----------------------|-----------|----------|----------|
|                       | PVC       | PD900    | PET      |
| 0                     | 3,943 aA  | 3,943 aA | 3,943 aA |
| 3                     | 3,620 aB  | 4,000 aA | 3,983 aA |
| 6                     | 3,620 aB  | 4,000 aA | 3,983 aA |
| 9                     | 3,800 aA  | 3,833 bB | 3,866 aA |
| 12                    | 3,900 aA  | 3,900 aA | 4,336 bB |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 7.** Atividade da polifenol oxidase ( $\mu\text{mol fenol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem    |             |             |
|-----------------------|--------------|-------------|-------------|
|                       | PVC          | PD900       | PET         |
| 0                     | 600,000 aA   | 600,000 aA  | 600,000 bA  |
| 3                     | 800,000 aA   | 933,333 aA  | 600,000 bA  |
| 6                     | 800,000 aA   | 933,333 aA  | 600,000 bA  |
| 9                     | 1000,000 aA  | 1066,667 aA | 1400,000 aA |
| 12                    | 1266,667 aAB | 800,000 aB  | 1666,667 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 8.** Atividade da enzima peroxidase ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem    |              |             |
|-----------------------|--------------|--------------|-------------|
|                       | PVC          | PD900        | PET         |
| 0                     | 1933,333 aA  | 1933,333 aA  | 1933,333 aA |
| 3                     | 2166,667 aA  | 2333,333 aA  | 2933,333 aA |
| 6                     | 2166,667 aA  | 2333,333 aA  | 3143,333 aA |
| 9                     | 1933,333 aB  | 3433,333 aAB | 2200,000 aA |
| 12                    | 3466,667 aAB | 3933,333 aB  | 2100,000 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 9.** Atividade da enzima fenil alanina amônio Liase ( $\mu\text{mol ác.T-cinâmico g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem    |              |              |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|
|                       | PVC          | PD900        | PET          |
| 0                     | 189188,00 aA | 189188,00 aA | 189188,00 aA |
| 3                     | 164086,70 aA | 171106,70 aA | 179666,70 aA |
| 6                     | 178093,30 aA | 189026,70 aA | 169333,30 aA |
| 9                     | 173886,70 aA | 176253,30 aA | 149026,70 aA |
| 12                    | 176560,00 aA | 169188,00 aA | 168048,00 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 10.** Atividade da enzima pectina metil esterase ( $\text{nmol NaOH g}^{-1} \text{min}^{-1}$ ) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem     |              |               |
|-----------------------|---------------|--------------|---------------|
|                       | PVC           | PD900        | PET           |
| 0                     | 308666,70 bA  | 308666,70 aA | 308666,70 bA  |
| 3                     | 329333,30 abA | 312666,70 aA | 314666,70 abA |
| 6                     | 333333,30 abA | 320000,00 aA | 312666,70 abA |
| 9                     | 338000,00 abA | 334666,70 aA | 322000,00 abA |
| 12                    | 347333,30 aA  | 342000,00 aA | 324666,70 aA  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 11.** Atividade antioxidante ( $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$ ) em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens de PVC, PET e PD900 a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagem |          |          |
|-----------------------|-----------|----------|----------|
|                       | PVC       | PD900    | PET      |
| 0                     | 4,932 aA  | 4,932 aA | 4,932 aA |
| 3                     | 2,525 cAB | 2,758 bA | 2,343 cB |
| 6                     | 2,809 bcA | 2,790 bA | 2,919 bA |
| 9                     | 2,957 bA  | 2,809 bA | 2,818 bA |
| 12                    | 2,867 bA  | 2,800 bA | 2,797 bA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 12.** Acúmulo de  $\text{CO}_2$  nas embalagens de PVC, PET e PD900 contendo mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Embalagens |          |           |
|-----------------------|------------|----------|-----------|
|                       | PET        | PVC      | PD-900    |
| 0                     | 0,443 aA   | 0,443 Aa | 0,443 Aa  |
| 2                     | 0,987 cB   | 0,180 bB | 0,594 aCD |
| 4                     | 0,921 bB   | 0,143 bB | 0,829 aD  |
| 6                     | 0,984 bB   | 0,120 bB | 0,839 aCD |
| 8                     | 1,029 bB   | 0,106 bB | 0,911 aBC |
| 10                    | 1,065 bB   | 0,115 bB | 1,015 aAB |
| 12                    | 1,112 bB   | 0,110 bB | 1,015 aA  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Efeito do tratamento UV-C na qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’  
minimamente processadas**

**Tabela 13.** Compostos Fenólicos totais ( $\mu\text{g D-catequina g}^{-1}$  MF) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C ( $\text{kJ m}^{-2}$ ) |           |           |            |           |
|-----------------------|--|-----------|-----------|------------|-----------|
|                       | Controle                                   | 0,56      | 1,13      | 1,70       | 2,26      |
| 0                     | 21,075 aA                                  | 21,075 aA | 21,075 aA | 21,075 aA  | 21,075 bA |
| 3                     | 14,695 aA                                  | 19,121 aA | 24,810 aA | 24,351 aA  | 25,310 bA |
| 6                     | 12,914 aA                                  | 17,856 aA | 28,776 aA | 28,080 aA  | 30,443abA |
| 9                     | 12,914 aB                                  | 21,845 aA | 29,316aAB | 39,730 aA  | 38,144abA |
| 12                    | 12,454 aB                                  | 20,454 aB | 34,351aAB | 35,077 aAB | 44,753 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 14.** Índice de escurecimento (IE) em mangas cv. Tommy Atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C ( $\text{kJ m}^{-2}$ ) |             |            |            |            |
|-----------------------|--|-------------|------------|------------|------------|
|                       | Controle                                   | 0,56        | 1,13       | 1,70       | 2,26       |
| 0                     | 186,678 aA                                 | 186,678 aA  | 186,678 aA | 186,678 aA | 186,678 aA |
| 3                     | 205,927 bB                                 | 180,109 aA  | 178,770 aA | 181,116 bA | 202,102 aA |
| 6                     | 208,356 bA                                 | 189,624 aA  | 191,111 aA | 192,245 cA | 203,133 aA |
| 9                     | 210,255 aC                                 | 222,164 aAB | 185,365 aA | 183,742 aA | 212,477 aA |
| 12                    | 218,141 aA                                 | 219,816 aA  | 189,101 aA | 194,875 aA | 219,988 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 15.** Teor de sólidos solúveis ( $^{\circ}\text{BRIX}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C ( $\text{kJ m}^{-2}$ ) |           |            |            |            |
|-----------------------|--|-----------|------------|------------|------------|
|                       | Controle                                   | 0,56      | 1,13       | 1,70       | 2,26       |
| 0                     | 11,250 aA                                  | 11,250 aA | 11,250 bcA | 11,250 bcA | 11,250 bA  |
| 3                     | 11,333 aB                                  | 11,250 aB | 11,083 cB  | 12,583 aA  | 11,166 bB  |
| 6                     | 11,333 aB                                  | 11,333 aB | 11,000 cB  | 11,000 cB  | 12,166 aA  |
| 9                     | 11,333 aA                                  | 11,250 aA | 11,916 abA | 11,833 abA | 11,833 abA |
| 12                    | 11,416 aBC                                 | 11,083 aC | 12,083aAB  | 12,333 aA  | 11,333 bBC |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 16.** Teor ácido ascórbico (mg de AA 100g<sup>-1</sup> MF) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C (kJ m <sup>-2</sup> ) |           |             |            |            |
|-----------------------|---|-----------|-------------|------------|------------|
|                       | Controle                                  | 0,56      | 1,13        | 1,70       | 2,26       |
| 0                     | 44,444 aA                                 | 44,444 aA | 44,444 aA   | 44,444 aA  | 44,444 aA  |
| 3                     | 45,822 aAB                                | 54,263 aA | 36,821 abAB | 31,007 abB | 38,759 aAB |
| 6                     | 37,037 aAB                                | 51,851 aA | 37,037 abAB | 31,481 abB | 37,037 aAB |
| 9                     | 38,194 aA                                 | 41,666 aA | 31,250 abA  | 29,513 abA | 29,513 aA  |
| 12                    | 28,612 aA                                 | 21,459 bA | 21,459 bA   | 20,028 bA  | 24,320 aA  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**Tabela 17.** Acidez titulável (% ácido cítrico) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C (kJ m <sup>-2</sup> ) |          |           |           |           |
|-----------------------|---|----------|-----------|-----------|-----------|
|                       | Controle                                  | 0,56     | 1,13      | 1,70      | 2,26      |
| 0                     | 7,396aA                                   | 7,396 aA | 7,396 abA | 7,396 aA  | 7,396 aA  |
| 3                     | 7,196 aA                                  | 8,462 aA | 8,329 abA | 6,996 abA | 6,730 aA  |
| 6                     | 7,396 aAB                                 | 8,662 aA | 8,462 abA | 5,264 abB | 7,196 aAB |
| 9                     | 7,862 aA                                  | 8,928 aA | 9,262 aA  | 7,063 abA | 7,263 aA  |
| 12                    | 4,997 aA                                  | 6,063 aA | 5,597 bA  | 4,064 bA  | 4,331 aA  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 18.** pH em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas e submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C (kJ m <sup>-2</sup> ) |          |          |          |          |
|-----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
|                       | Controle                                  | 0,56     | 1,13     | 1,70     | 2,26     |
| 0                     | 3,973 aA                                  | 3,973 aA | 3,973 aA | 3,973 aA | 3,973 aA |
| 3                     | 4,006 aA                                  | 4,000 aA | 3,933 aA | 4,070 aA | 4,113 aA |
| 6                     | 3,953 aA                                  | 4,223 aA | 3,980 aA | 4,090 aA | 4,083 aA |
| 9                     | 4,000 aA                                  | 4,173 aA | 3,966 aA | 4,103 aA | 4,146 aA |
| 12                    | 4,300 aA                                  | 4,266 aA | 4,186 aA | 4,360 aA | 4,260 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.



**Tabela 19.** Atividade da polifenol oxidase ( $\mu\text{mol fenol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C ( $\text{kJ m}^{-2}$ ) |             |             |             |             |
|-----------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                       | Controle                                   | 0,56        | 1,13        | 1,70        | 2,26        |
| 0                     | 1433,333 aA                                | 1433,333 aA | 1433,333 aA | 1433,333 aA | 1433,333 aA |
| 3                     | 733,333 bA                                 | 726,333 bA  | 633,333 bA  | 628,666 bA  | 466,666 bA  |
| 6                     | 600,000 bA                                 | 600,000 bA  | 490,000 bA  | 498,000 bA  | 466,666 bA  |
| 9                     | 466,666 bA                                 | 400,000 bA  | 433,333 bA  | 404,333 bA  | 266,666 bA  |
| 12                    | 438,666 bA                                 | 400,000 bA  | 333,333 bA  | 333,333 bA  | 226,656 bA  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 20.** Atividade da enzima fenilalanina amônio liase ( $\mu\text{mol ác.T-cinâmico g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C ( $\text{kJ m}^{-2}$ ) |             |              |             |                |
|-----------------------|--|-------------|--------------|-------------|----------------|
|                       | Controle                                   | 0,56        | 1,13         | 1,70        | 2,26           |
| 0                     | 6280,00 aA                                 | 628,00 aA   | 6280,00 aA   | 6280,00 aA  | 6280,00 cA     |
| 3                     | 67420,00 aAB                               | 9006,67 aB  | 33660,00 aAB | 11266,67 aB | 140380,00 abA  |
| 6                     | 27386,67 aA                                | 73013,34 aA | 55066,67 aA  | 21513,33 aA | 22526,67 bcA   |
| 9                     | 35606,67 aB                                | 23120,00 aB | 77726,66 aAB | 27133,33 aB | 104280,00 aA   |
| 12                    | 3720,00 aA                                 | 49460,00 aA | 30366,67 aA  | 49826,67 aA | 129840,00 abcA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 21.** Atividade da enzima peroxidase ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5\pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C ( $\text{kJ m}^{-2}$ ) |               |              |              |              |
|-----------------------|--|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                       | Controle                                   | 0,56          | 1,13         | 1,70         | 2,26         |
| 0                     | 14533,330 aA                               | 14533,330 aA  | 14533,330 aA | 14533,330 aA | 14533,330 aA |
| 3                     | 12353,330 aA                               | 11333,330 aAB | 9000,000 aAB | 8933,333 aAB | 1466,667 aB  |
| 6                     | 6533,330 aA                                | 4466,667 aAB  | 2333,333 aB  | 2000,000 aB  | 833,333 aB   |
| 9                     | 6933,330 aA                                | 5033,333 aAB  | 4600,000 aAB | 3200,000 aB  | 2500,000 aB  |
| 12                    | 7533,330 aA                                | 5333,333 aAB  | 4600,000 aAB | 3533,333 aAB | 2400,000 aB  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 22.** Atividade da enzima pectina metil esterase ( $\text{nmol NaOH g}^{-1} \text{min}^{-1}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5 \pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C ( $\text{kJ m}^{-2}$ ) |               |               |                |               |
|-----------------------|--|---------------|---------------|----------------|---------------|
|                       | Controle                                   | 0,56          | 1,13          | 1,70           | 2,26          |
| 0                     | 322000,00 bA                               | 322000,00 aA  | 322000,00 abA | 322000,00 aA   | 322000,00 aA  |
| 3                     | 326000,00 bAB                              | 312666,70 aAB | 339333,30 aA  | 306000,00 abAB | 286666,70 abB |
| 6                     | 339333,30 abA                              | 320000,00 aAB | 292666,70 bB  | 286000,00 abB  | 282000,00 abB |
| 9                     | 364666,70 abA                              | 324666,70 aAB | 292666,70 bBC | 280000,00 abBC | 273333,30 bC  |
| 12                    | 378000,00 aA                               | 322000,00 aB  | 286000,00 bBC | 273333,30 bC   | 272666,70 bC  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 23.** Capacidade antioxidante ( $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas, submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a  $5 \pm 1$  °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C ( $\text{kJ m}^{-2}$ ) |           |           |           |          |
|-----------------------|--|-----------|-----------|-----------|----------|
|                       | Controle                                   | 0,56      | 1,13      | 1,70      | 2,26     |
| 0                     | 6,960 aA                                   | 6,960 aA  | 6,960 aA  | 6,960 aA  | 6,960 aA |
| 3                     | 4,498 bA                                   | 5,518 abA | 5,339 abA | 4,463 bA  | 5,099 aA |
| 6                     | 3,405 bA                                   | 4,374 bA  | 5,019 abA | 5,012 abA | 5,118 aA |
| 9                     | 3,853 bA                                   | 4,439 bA  | 5,274 abA | 4,339 bA  | 5,314 aA |
| 12                    | 3,649 bA                                   | 4,282 bA  | 4,311 bA  | 4,319 bA  | 5,720 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 24.** Acúmulo de CO<sub>2</sub> nas embalagens contendo mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas, tratadas com UV-C e armazenadas a 5±2°C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C (kJm <sup>-2</sup> ) |                  |                   |                  |                  |
|-----------------------|--|------------------|-------------------|------------------|------------------|
|                       | Controle                                 | 0,56             | 1,13              | 1,70             | 2,26             |
| 0                     | 0,459897 cA                              | 0,459897 cA      | 0,459897 cA       | 0,459897 cA      | 0,459897 cA      |
| 2                     | 0,6626158 cB                             | 0,6699018<br>aBC | 0,6916928<br>bcB  | 0,716528<br>abB  | 0,845049 aB      |
| 4                     | 0,7272693 cB                             | 0,6760253<br>aCD | 0,7737585<br>bcBC | 0,7993123<br>abB | 0,864992 aBC     |
| 6                     | 0,7371555 cB                             | 0,790623 aB      | 0,9064528 cC      | 0,8799068<br>cC  | 0,966967 bCD     |
| 8                     | 0,775024 bB                              | 0,7818315<br>aCD | 0,9396003 bC      | 0,9763748<br>bC  | 1,031232<br>aBCD |
| 10                    | 0,7762555<br>bB                          | 0,7972595 aD     | 1,0198873 bC      | 1,041541 bC      | 1,138608 aD      |
| 12                    | 0,7762213 cB                             | 0,861229 aD      | 1,057619 bcC      | 1,0771523<br>cC  | 1,161989 abD     |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Efeito do tratamento UV-C na Microbiota contaminante da manga ‘Tommy Atkins’ minimamente processada**

**Tabela 25.** Contagem de bolores e leveduras (logUFC g<sup>-1</sup>) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C (kJ m <sup>-2</sup> ) |            |           |
|-----------------------|---|------------|-----------|
|                       | Controle                                  | 1,13       | 2,26      |
| 0                     | 4,0422 aA                                 | 3,9965 aA  | 2,9515 aB |
| 6                     | 4,1931 aA                                 | 4,0288 aAB | 3,3374 aB |
| 12                    | 4,2831 aA                                 | 4,0711 aAB | 3,4015 aB |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 26.** Contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas (logUFC g<sup>-1</sup>) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas submetidas a intensidades de luz UV-C e armazenadas a 5±1 °C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Intensidade de UV-C (kJ m <sup>-2</sup> ) |           |           |
|-----------------------|---|-----------|-----------|
|                       | Controle                                  | 1,13      | 2,26      |
| 0                     | 2,7720 bA                                 | 2,6639 bA | 1,8953 bB |
| 6                     | 3,1671 aA                                 | 3,1398 aA | 2,8576 aA |
| 12                    | 3,2960 aA                                 | 3,2794 aA | 2,8392 aB |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Aplicação de luz pulsada (LP) na manutenção da qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas.**

**Tabela 27.** Compostos fenólicos totais ( $\mu\text{g D-catequina g}^{-1}$  MF) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^\circ\text{C}$  durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |             |             |            |
|-----------------------|------------------|-------------|-------------|------------|
|                       | 0 (Controle)     | 6           | 12          | 18         |
| 0                     | 112,843 aB       | 112,843 aB  | 112,843 aB  | 112,843 aB |
| 3                     | 77,052 bA        | 83,546 bA   | 80,845 bA   | 86,190 bA  |
| 6                     | 63,259 bcB       | 69,006 bcAB | 78,431 bAB  | 80,730 bA  |
| 9                     | 54,868 cB        | 55,971 cB   | 65,213 bcAB | 79,810 bA  |
| 12                    | 46,362 cB        | 54,971 cB   | 59,121 cB   | 79,236 bA  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 28.** Índice de escurecimento (IE) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^\circ\text{C}$  durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |             |            |            |
|-----------------------|------------------|-------------|------------|------------|
|                       | 0 (Controle)     | 6           | 12         | 18         |
| 0                     | 223,165 aA       | 223,165 aA  | 223,165 aA | 223,165 aA |
| 3                     | 216,217 aA       | 213,166 aA  | 224,946 aA | 222,952 aB |
| 6                     | 228,112 aA       | 222,213 aA  | 224,573 aA | 236,582 aA |
| 9                     | 225,299 aA       | 221,400 aA  | 222,675 aA | 234,783 aC |
| 12                    | 232,572 aAB      | 219,085 aBC | 199,191 aC | 255,389 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 29.** Teor de sólidos solúveis ( $^\circ\text{BRIX}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^\circ\text{C}$  durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |             |           |           |
|-----------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|
|                       | 0 (Controle)     | 6           | 12        | 18        |
| 0                     | 12,066 aA        | 12,033 aA   | 10,800 bB | 11,633 bA |
| 3                     | 12,033 aA        | 11,667 abAB | 10,933 bC | 11,500 bB |
| 6                     | 12,166 aA        | 11,366 bB   | 11,066 bB | 12,366 aA |
| 9                     | 11,333 bA        | 11,666 abA  | 11,166 bA | 11,366 bA |
| 12                    | 11,766 abA       | 11,133 bB   | 11,766 aA | 12,233 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 30.** Teor ácido ascórbico (mg de AA 100g<sup>-1</sup> MF) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a 5±0,9°C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |             |            |             |
|-----------------------|------------------|-------------|------------|-------------|
|                       | 0 (Controle)     | 6           | 12         | 18          |
| 0                     | 200,000 aA       | 200,000 aA  | 200,000 aA | 200,000 aA  |
| 3                     | 157,278 bA       | 151,938 bA  | 170,542 aA | 159,689 bA  |
| 6                     | 118,518 cdA      | 111,111 cA  | 118,518 bA | 136,296 bcA |
| 9                     | 122,222 cA       | 118,055 bcA | 118,055 bA | 111,111 cA  |
| 12                    | 85,836 dA        | 121,602 bcA | 121,602 bA | 114,449 cA  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 31.** Acidez total titulável (% ácido cítrico) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a 5±0,9°C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |          |           |           |
|-----------------------|------------------|----------|-----------|-----------|
|                       | 0 (Controle)     | 6        | 12        | 18        |
| 0                     | 4,864 aB         | 4,864 aB | 4,864 aB  | 4,864 aB  |
| 3                     | 3,798 aA         | 4,797 aA | 4,864 bA  | 4,331 aA  |
| 6                     | 3,464 aA         | 4,133 aA | 3,764 bcA | 3,498 abA |
| 9                     | 3,065 aA         | 2,398 bA | 3,038 cA  | 2,785 bA  |
| 12                    | 2,732 aB         | 4,331 aA | 4,297 bcA | 4,031 abA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 32.** pH em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a 5±0,9°C durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |           |           |           |
|-----------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
|                       | 0 (Controle)     | 6         | 12        | 18        |
| 0                     | 4,350 abA        | 4,040 cC  | 3,966 bC  | 4,213 bcB |
| 3                     | 4,273 bA         | 4,223 bAB | 3,790 cC  | 4,100 cB  |
| 6                     | 4,026 cA         | 3,510 dC  | 3,760 cB  | 3,930 dA  |
| 9                     | 4,476 aC         | 4,770 aA  | 4,593 aBC | 4,616 aB  |
| 12                    | 4,296 bA         | 3,976 cB  | 4,010 bB  | 4,333 bA  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 33.** Atividade da polifenol oxidase ( $\mu\text{mol fenol min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^\circ\text{C}$  durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |             |             |             |
|-----------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|
|                       | 0 (Controle)     | 6           | 12          | 18          |
| 0                     | 7600,000 aA      | 7600,000 aA | 7600,000 aA | 7600,000 aA |
| 3                     | 4666,667 aA      | 4866,667 aA | 4666,667 aA | 4666,667aA  |
| 6                     | 4533,333 aA      | 3866,667 aA | 3200,000 aA | 3866,667 aA |
| 9                     | 4000,000 aA      | 3266,667 aA | 2866,667 aA | 3533,333 aA |
| 12                    | 2600,000 aA      | 1933,333 aA | 2466,667 aA | 2466,667 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 34.** Atividade da enzima fenilalanina amônio liase ( $\mu\text{mol ác. t-cinâmico g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^\circ\text{C}$  durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |              |               |              |
|-----------------------|------------------|--------------|---------------|--------------|
|                       | 0 (Controle)     | 6            | 12            | 18           |
| 0                     | 13266,670 aA     | 13266,670 aA | 13266,670 aA  | 13266,670 aA |
| 3                     | 17333,330 aA     | 17806,670 aA | 14366,670 aA  | 17293,330 aA |
| 6                     | 10626,670 aA     | 8060,000 aA  | 13293,330 aA  | 10626,670 aA |
| 9                     | 11680,000 aA     | 11346,670 aA | 10046,670 aA  | 11613,330 aA |
| 12                    | 11586,670 aA     | 10920,000 aA | 112253,330 aA | 13773,333 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 35.** Atividade da enzima peroxidase ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5\pm 0,9^\circ\text{C}$  durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |              |              |              |
|-----------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
|                       | 0 (Controle)     | 6            | 12           | 18           |
| 0                     | 9800,000 aA      | 9800,000 aA  | 9800,000 aA  | 9800,000 aA  |
| 3                     | 8700,000 aA      | 11466,667 aA | 11800,000 aA | 11266,670 aA |
| 6                     | 10933,333 aA     | 11800,000 aA | 10000,000 aA | 12900,000 aA |
| 9                     | 13900,000 aA     | 15400,000 aA | 14400,000 aA | 12300,000 aA |
| 12                    | 13300,000 aA     | 12300,000 aA | 12100,000 aA | 11600,000 aA |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 36.** Atividade da enzima pectina metil esterase ( $\text{nmol NaOH g}^{-1} \text{min}^{-1}$ ) em mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5 \pm 0,9^\circ\text{C}$  durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |                |                |                |
|-----------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
|                       | 0 (Controle)     | 6              | 12             | 18             |
| 0                     | 322000,00 aA     | 322000,00 aA   | 322000,00 aA   | 322000,00 aA   |
| 3                     | 322000,00 aA     | 322000,00 aA   | 313333,30 abA  | 301333,30 abA  |
| 6                     | 316666,70 aA     | 306666,70 aA   | 292000,00 abcA | 290666,70 abcA |
| 9                     | 307333,30 aA     | 300666,70 abAB | 284000,00 bcAB | 273333,30 bcB  |
| 12                    | 292666,70 aA     | 288000,00 bAB  | 268000,00 cAB  | 256000,00 cB   |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 37.** Atividade antioxidante ( $\mu\text{m Trolox g}^{-1}$ ) das mangas cv. Tommy atkins minimamente processadas tratadas com luz pulsada e armazenadas a  $5 \pm 0,9^\circ\text{C}$  durante 12 dias.

| Dias de armazenamento | Número de Pulsos |           |           |           |
|-----------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|
|                       | 0 (Controle)     | 6         | 12        | 18        |
| 0                     | 11,798 aA        | 11,798 aA | 11,798 aA | 11,798 aA |
| 3                     | 7,839 aA         | 5,784 aA  | 8,939 aA  | 9,367 acA |
| 6                     | 7,602 aA         | 7,060 aA  | 9,029 bA  | 9,695 aA  |
| 9                     | 7,749 bA         | 7,695 cA  | 8,003 aA  | 8,944 bA  |
| 12                    | 6,726 aA         | 9,522 aA  | 8,003 bA  | 9,695 aA  |

\*As médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.