

EDSON FÁBIO DA SILVA

MARCADORES BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS ENVOLVIDOS NA  
CONSERVAÇÃO DE INHAME (*DIOSCOREA* SPP.) MINIMAMENTE PROCESSADO

Serra Talhada – PE

2014

EDSON FÁBIO DA SILVA

MARCADORES BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS ENVOLVIDOS NA  
CONSERVAÇÃO DE INHAME (*DIOSCOREA* SPP.) MINIMAMENTE PROCESSADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. DSc. Adriano do Nascimento Simões.

Co-orientadores: Prof. Dr. Sérgio Luiz Ferreira da Silva e Prof. Dr. Aurélio Paes Barros Júnior.

Serra Talhada – PE  
2014

Com base no disposto na **Lei Federal Nº 9.610**, de 19 de fevereiro de 1998. [...] Autorizo para fins acadêmicos e científico a UFRPE/UAST, a divulgação e reprodução PARCIAL, desta dissertação “Mudanças de marcadores fisiológicos e bioquímicos envolvidos na conservação de inhame minimamente processado”, sem ressarcimento dos direitos autorais, da obra, a partir da data abaixo indicada ou até que manifestação em sentido contrário de minha parte determine a cessação desta autorização.

---

Assinatura

---

Data

#### Ficha catalográfica

S586m Silva, Edson Fábio da.

Marcadores bioquímicos e fisiológicos envolvidos na conservação de inhame (*Dioscorea* spp.) minimamente processado / Edson Fábio da Silva. – 2014.

110 f.: il.

Orientador: Adriano do Nascimento Simões.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2014.

Referências.

1. *Dioscorea* spp. – marcadores bioquímicos - mudanças. 2. *Dioscorea* spp. – marcadores fisiológicos - mudanças. 3. Inhame - escurecimento enzimático 4. Inhame – qualidade pós-colheita. I. Simões, Adriano do Nascimento, orientador. II. Silva, Sérgio Luiz Ferreira da, coorientador. III. Barros Júnior, Aurélio Paes, coorientador. IV. Título.

CDD 631

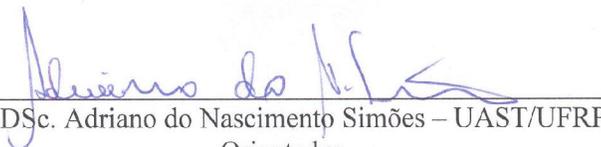
EDSON FÁBIO DA SILVA

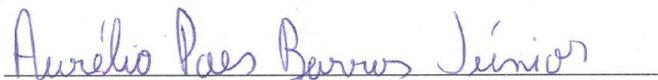
MARCADORES BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS ENVOLVIDOS NA  
CONSERVAÇÃO DE INHAME (*Dioscorea* spp.) MINIMAMENTE PROCESSADO

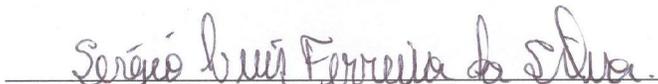
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

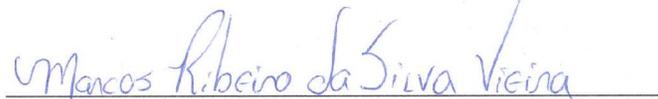
APROVADA em: 02/05/2014.

Banca Examinadora

  
Prof. DSc. Adriano do Nascimento Simões – UAST/UFRPE  
Orientador

  
Prof. Dr. Aurélio Paes Barros Júnior – DCV/UFERSA  
Co-orientador, Examinador Interno

  
Prof. Dr. Sérgio Luiz Ferreira da Silva – UAST/UFRPE  
Co-orientador, Examinador Interno

  
Prof. Dr. Marcos Ribeiro da Silva Vieira – UAST/UFRPE  
Examinador Externo

À minha mãe Ednalva Maria da Silva, a minha esposa Jussara Dayana Lima Cordeiro, a minha tia Hildete Maria aos demais familiares, e a todos que acreditaram e me deram apoio nesta batalha.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me guiado sempre no caminho certo e me dado forças para superar as dificuldades.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST).

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

A CAPES pelo apoio financeiro com a bolsa concedida.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Fisiologia e Pós-colheita de Frutas e Hortaliças (NEFP), Clarissa, Luiz, Fred, Rúbia, Valécia, Maria José, Daniel, Domingos e Mohabe, pela ajuda na execução desse trabalho.

Ao professor Adriano do Nascimento Simões, pela orientação, amizade, contribuições e paciência para meu crescimento profissional e pessoal.

Ao professor Aurélio Paes Barros Júnior, por ter sido uma pessoa que despertou novamente os meus objetivos que estavam adormecidos.

A professora Lindomar Maria da Silveira, pela parceria e contribuição nos diversos trabalhos acadêmicos.

Ao professor Sérgio Luiz, pelas contribuições para a realização desse trabalho.

Aos amigos do mestrado André, Ênio e Rodolfo pela boa convivência contribuições.

Agradeço também aos integrantes e ex-integrantes grupo SEMEAR, Manoel Galdino, Ygor, Falkner, Bruno Novaes dentre outros que trabalhamos juntos.

Enfim, a todos os funcionários, professores, técnicos, amigos da UFRPE/UAST.

## RESUMO GERAL

O inhame (*Dioscorea* spp.) é uma hortaliça tuberosa com importantes atributos nutricionais e medicinais, porém, a forma de comercialização proporciona pouco valor agregado. Além disso, o rápido escurecimento logo após ser cortado deteriora esse produto. Trabalho recente realizado com inhame minimamente processado, utilizando filme de cloreto de polivinila como embalagem e diferentes temperaturas, a conservação é reduzida a poucos dias. Acredita-se que embalagens com maiores espessuras podem proporcionar menores alterações bioquímicas, fisiológicas e microbiológicas, refletindo na melhor qualidade do inhame minimamente processado. Assim, os objetivos desse trabalho foram: 1) avaliar as alterações bioquímicas, fisiológicas e microbiológicas de inhame minimamente processado em três embalagens. 2) avaliar a influência de duas temperaturas ( $5$  e  $10 \pm 2^\circ\text{C}$ ) nas mudanças bioquímicas, fisiológicas e microbiológicas de inhame minimamente processado. O inhame foi selecionado, lavado e mantido em câmara fria a  $8 \pm 2^\circ\text{C}$  por 24 horas; cortados em rodela com aproximadamente 3cm de espessura; imersas em água a  $5 \pm 2^\circ\text{C}$ ; sanitizadas; enxaguadas em água clorada e drenadas em escorredores. Foram realizados os seguintes estudos sequenciais: No primeiro experimento, aproximadamente 300 gramas de inhame em rodela foram acondicionadas nas embalagens de Polipropileno 12  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 12), Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  (PP 4) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15), todas as embalagens tinham dimensões de 15 cm de largura e 20 cm de comprimento. As embalagens foram pesadas e mantidas a  $5 \pm 2^\circ\text{C}$  por 14 dias. Avaliou-se a perda de massa fresca; tempo de cocção; pH os sólidos solúveis totais; atividade da polifenoloxidase, peroxidase e catalase; proteína solúvel; peróxido de hidrogênio; peroxidação de lipídeos; fenóis solúveis totais; incidência de *Pseudomonas* sp. e análise visual. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial  $3 \times 8$  (3 embalagens e 8 dias de análises) com três repetições. As médias entre as embalagens foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) e as médias ao longo do tempo foram ajustada quando possível à equação de regressão. No segundo experimento, aproximadamente 300 gramas de inhame em rodela, foi embalado em Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15) nas dimensões de 15 cm de largura e 20 cm de comprimento, e mantido a  $5$  e  $10 \pm 2^\circ\text{C}$  por 14 dias. Foi avaliada a perda de massa fresca; tempo de cocção; pH; açúcares solúveis totais e sólidos solúveis totais; atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e catalase; fenóis solúveis totais; capacidade antioxidante; incidência de *Pseudomonas* sp. e análise visual. O delineamento experimental

utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 8 (2 temperaturas e 8 dias de análises) com três repetições. As médias entre as embalagens foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) e ao longo do tempo foram ajustadas quando possível à equação de regressão. Houve interação entre o fator embalagens e os dias de análises para a análise visual e a atividade da polifenoloxidase. A embalagem de NY 15  $\mu\text{m}$  registrou os menores tempos de cocção, menor perda de massa fresca, maiores notas para a análise visual. Proporcionou menores atividades da polifenoloxidase, peroxidase e catalase, menores proteínas solúvel e peroxidação de lipídeos, além de maiores teores de fenóis solúveis totais e capacidade antioxidante. Não proporcionou incidência de *Pseudomonas* sp. e as maiores notas para análise visual. A temperatura de 5 °C proporcionou menores perda de massa fresca, tempo de cocção, pH, menores incrementos nos açúcares solúveis totais, sólidos solúveis totais, atividades da polifenoloxidase e peroxidase, e maiores atividade da catalase, teores de fenóis solúveis totais e capacidade antioxidante. Além disso, apresentou menor perda de qualidade visual. Não houve incidência de *Pseudomonas* nos inhames mantidos nas duas temperaturas. A embalagem NY 15 foi mais indicada para conservação de inhame minimamente processado, mantido a  $5 \pm 2$  °C. A temperatura de  $10 \pm 2$  °C associado à embalagem de NY 15  $\mu\text{m}$ , pode ser utilizada para conservar o inhame minimamente processado por até 6 dias.

**Palavras-chave:** processamento mínimo, qualidade pós-colheita, escurecimento enzimático.

## GENERAL ABSTRACT

The yam (*Dioscorea* spp.) is a tuberous vegetable with important nutritional and medicinal attributes, however, the way marketing provides little added value. Furthermore, the rapid browning deteriorates after being cut this product. Recent work performed with minimally processed yam, using film polyvinyl chloride packaging and different temperatures, conservation is reduced to a few days. It is believed that packaging with larger thicknesses can provide minor biochemical, physiological and microbiological changes, reflecting the better quality of minimally processed yam. The objectives of this study were: 1) to evaluate the biochemical, physiological and microbiological changes of minimally processed yam in three packaging. 2) evaluate the influence of two temperatures ( $5$  and  $10 \pm 2$  °C) in the biochemical, physiological and microbiological changes of minimally processed yam. The yam was selected, washed and kept in cold storage at  $8 \pm 2$  °C for 24 hours; cut into slices approximately 3cm thick; immersed in water at  $5 \pm 2$  °C; sanitized; rinsed in chlorinated water and drained on racks. The studies were conducted following sequence: In the first experiment, approximately 300 grams of yam into slices were packed in bags of Polypropylene 12  $\mu$ m thick (PP 12), Polypropylene 4  $\mu$ m thick (PP 4) and Nylon multilayer 15  $\mu$ m thick (NY 15), all packaging had dimensions of 15 cm wide and 20 cm long. The packaging were weighed and stored at  $5 \pm 2$  °C for 14 days. We evaluated the loss of weight; cooking time; pH total soluble solids; polyphenol oxidase activity, peroxidase and catalase; soluble protein; hydrogen peroxide; lipid peroxidation; total soluble phenols; incidence of *Pseudomonas* sp. and visual evaluation. The experimental design was a completely randomized factorial 3 x 8 (3 packaging and 8 days of analysis) with three replications. The mean between the packings were compared by Tukey test ( $P < 0,05$ ) and the averages over time are possible when adjusted to the regression equation. In the second experiment, approximately 300 grams of sliced yam was packed in 15 mM nylon multilayer (NY 15) in the dimensions of 15 cm wide and 20 cm long, and maintained at 5 and  $10 \pm 2$  °C for 14 days. Loss of weight was assessed; cooking time; pH; total soluble sugars and total soluble solids; activity of the enzyme polyphenol oxidase, peroxidase and catalase; total soluble phenols; antioxidant capacity; incidence of *Pseudomonas* sp. and visual evaluation. The experimental design was a completely randomized factorial 2 x 8 (2 temperature and 8 days of analysis) with three replications. The mean between the packings were compared by Tukey test ( $P < 0,05$ ) and the averages over time are possible when adjusted to the regression equation.

There was interaction between the packaging factor and days of analysis for visual evaluation and polyphenoloxidase activity. The packaging of NY 15  $\mu\text{m}$  reported the lowest cooking times, less loss of weight, higher scores for visual evaluation. Provided smaller activities of polyphenoloxidase, peroxidase and catalase, smaller soluble proteins and lipid peroxidation, as well as higher levels of total soluble phenolics and antioxidant capacity. Provided no incidence of *Pseudomonas* sp. and the highest scores for visual evaluation. The temperature of 5 °C gave lower fresh mass loss, cooking time, pH, smaller increases in total soluble sugars, total soluble solids, activities of polyphenol oxidase and peroxidase, catalase activity and higher, levels of soluble phenolics and total antioxidant capacity. The temperature of 5 °C gave lower fresh mass loss, cooking time, pH, smaller increases in total soluble sugars, total soluble solids, activities of polyphenol oxidase and peroxidase, catalase activity and higher, levels of phenolics soluble total and antioxidant capacity. Furthermore, showed less loss of visual quality. There was no incidence of *Pseudomonas* yams maintained in both temperatures. The packaging NY 15 was more suitable for conservation of minimally processed yam, maintained at  $5 \pm 2$  °C. The packaging NY 15 was more suitable for conservation of minimally processed yam, maintained at  $5 \pm 2$  °C. The temperature of  $10 \pm 2$  °C associated with the packaging NY 15  $\mu\text{m}$  can be used to retain the yam minimally processed up to 6 days.

**Keywords:** minimal processing, post-harvest quality, enzymatic browning.

## LISTA DE FIGURAS E QUADRO

Capítulo 1	<b>ATIVIDADE ENZIMÁTICA, ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E INCIDÊNCIA DE <i>PSEUDOMONAS</i> SP. EM INHAME MINIMAMENTE PROCESSADO EM TRÊS TIPOS DE EMBALAGENS.....</b>	<b>16</b>
Figura 1	Fluxograma geral das etapas do processamento mínimo de inhame.....	24
Figura 2	Secções de rodela de tubérculo de inhame. O retângulo pontilhado 1000; 1000 e 5 mm representam a amostragem feita para realizações das análises laboratoriais.....	27
Figura 3	Absorbância a 725 nm em função da concentração de ácido gálico para a confecção da curva de calibração.....	31
Quadro 1	Notas, critérios e imagens para quantificação da análise visual em rodela de inhame minimamente processado. Ao lado direito, fotos ilustrando a aparência conforme os critérios utilizados.....	32
Figura 4	Perda de massa fresca de inhame minimamente processado embalado em Polipropileno 12 µm de espessura (PP 12); Polipropileno 4 µm (PP 4) e Nylon multicamadas 15 µm (NY 15), conservado a 5 ± 2 °C por 0; 2; ;4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. As barras representam o erro padrão da média.....	34
Figura 5	Tempo de cocção de inhame minimamente processado acondicionado em embalagem de Polipropileno 12 µm de espessura (PP 12); Polipropileno 4 µm (PP 4) e Nylon multicamadas 15 µm (NY 15) conservado (5 ± 2 °C) a 0; 2; ;4; 6; 8; 10; 12 e 14. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. As barras representam o erro padrão da média.....	36
Figura 6	pH de inhame minimamente processado embalado em Polipropileno 12 µm (PP 12 µm); Polipropileno 4 µm (PP 4 µm) e Nylon multicamadas 15 µm (NY 15 µm), mantido a 5 °C ± 2. As barras representam o erro padrão da média.....	37

- Figura 7 Sólidos solúveis totais de inhame minimamente processado embalado em Polipropileno 12  $\mu\text{m}$  (PP 12); Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  (PP 4) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15), mantido a  $5\text{ }^\circ\text{C} \pm 2$ . As barras representam o erro padrão da média. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....38
- Figura 8 Atividade da polifenoloxidase em inhame minimamente processado acondicionado em embalagens de polipropileno 12  $\mu\text{m}$  (PP 12), polipropileno 4  $\mu\text{m}$  (PP 4) e nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15), mantido a  $5 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ . As barras representam o erro padrão da média. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....39
- Figura 9 Atividade da peroxidase, catalase, proteína solúvel,  $\text{H}_2\text{O}_2$  e peroxidação de lipídeos em inhame minimamente processado acondicionado em embalagem de Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 4) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15), mantido a  $5 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ . As barras representam o erro padrão da média. Colunas com mesma letra não diferiram entre si. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....42
- Figura 10 Fenóis solúveis totais (FST) em inhame minimamente processado, acondicionado em embalagens de polipropileno 12  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 12), polipropileno 4  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 4) e nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  de espessura (NY 15) conservado ( $5 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ ) a 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. As barras representam o erro padrão da média.....44
- Figura 11 Incidência de *Pseudomonas* sp. em inhame minimamente processado acondicionado em embalagens de Polipropileno 12  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 12), Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  (PP 4) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15), mantido a  $5 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ .....46

Figura 12	Análise visual de inhame minimamente processado embalado em Polipropileno 12 $\mu\text{m}$ de espessura (PP 12); Polipropileno 4 $\mu\text{m}$ (PP 4) e Nylon multicamadas 15 $\mu\text{m}$ (NY 15) mantido a $5 \pm 2$ °C por 0; 2; ;4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. As barras representam o erro padrão da média. A linha horizontal tracejada representa o limite para a comercialização.....	47
Figura 13	Aparência de inhame minimamente processado embalado em Polipropileno 12 $\mu\text{m}$ (PP 12), Polipropileno 4 $\mu\text{m}$ (PP 4) e Nylon multicamadas 15 $\mu\text{m}$ (NY 15) em 14 dias a $5 \pm 2$ °C. Serra Talhada - PE, UFRPE/UAST, 2014.....	49
Capítulo 2	<b>QUALIDADE DO INHAME MINIMAMENTE PROCESSADO EM DUAS TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO.....</b>	<b>58</b>
Figura 1	Fluxograma geral das etapas do processamento mínimo de inhame.....	63
Figura 2	Absorbância a 725 nm em função da concentração de ácido gálico para a confecção da curva de calibração.....	69
Figura 3	Absorbância a 515 nm em função da concentração de DPPH para a confecção da curva de calibração.....	70
Figura 4	Absorbância a 620 nm em função da concentração de glicose para a confecção da curva de calibração.....	72
Figura 5	Perda de massa fresca em inhame minimamente processado mantido a 5 e $10 \pm 2$ °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. As barras representam o desvio padrão da média.....	75
Figura 6	Tempo de cocção de inhame minimamente processado mantido 5 e $10 \pm 2$ °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	77
Figura 7	Acúmulo de gases em inhames minimamente processado acondicionados em embalagem de nylon multicamadas mantidas a $10 \pm 2$ °C.....	79

Figura 8	pH de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	80
Figura 9	Açúcares solúveis totais de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. As barras representam o erro padrão da média.....	82
Figura 10	Sólidos solúveis totais de inhame minimamente processado mantido 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	83
Figura 11	Atividade da polifenoloxidase de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	84
Figura 12	Atividade da peroxidase de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. As barras representam o erro padrão da média.....	86
Figura 13	Atividade da catalase de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. As barras representam o erro padrão da média.....	87
Figura 14	Fenóis solúveis totais de inhames minimamente processados mantidos a 5 e 10 ± 2 °C ao longo do tempo (dias) de conservação. As barras representam o erro padrão da média.....	88
Figura 15	Capacidade antioxidante (% ASR = porcentagem da atividade de sequestro de radicais) de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	89

- Figura 16 Incidência de *Pseudomonas* sp. em rodela de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....91
- Figura 17 Análise visual de inhame minimamente processado mantido 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. As barras representam o erro padrão da média. A linha horizontal tracejada representa o limite para a comercialização.....92
- Figura 18 Aparência de inhame minimamente processado embalado em Nylon multicamadas 15 µm em 14 dias a 5 ± 2 °C. Serra Talhada - PE, UFRPE/UAST, 2014.....94

## LISTA DE TABELAS

Capítulo 1	<b>ATIVIDADE ENZIMÁTICA, ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E INCIDÊNCIA DE <i>PSEUDOMONAS SP.</i> EM INHAME MINIMAMENTE PROCESSADO EM TRÊS TIPOS DE EMBALAGENS.....</b>	<b>16</b>
Tabela 1	Concentração e volumes de ácido gálico, metanol, água destilada, Folin-Ciocalteu e Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> em tubos de ensaio para a confecção calibração.....	30
Tabela 2	Atividade da polifenoloxidase em inhame minimamente processado acondicionado em embalagem de Polipropileno 12 µm de espessura (PP 12); Polipropileno 4 µm (PP 4) e Nylon multicamadas 15 µm (NY 15), mantido a 5 ± 2 °C. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	40
Tabela 3	Fenóis solúveis totais (FST) de inhames minimamente processados acondicionados em embalagem de polipropileno 12 µm de espessura (PP 12); polipropileno 4 µm (PP 4) e nylon multicamadas 15 µm (NY 15) mantidos a 5 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 12 e 14 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	45
Tabela 4	Análise visual de inhame minimamente processado acondicionados em embalagem de polipropileno 12 µm de espessura (PP 12); polipropileno 4 µm de espessura (PP 4) e nylon multicamadas 15 µm de espessura (NY 15) conservado a 5 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8;10; 12 e 14 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	48
Capítulo 2	<b>QUALIDADE DO INHAME MINAMENTE PROCESSADO MANTIDO EM NYLON MULTICAMADAS SEM VÁCUO, EM DUAS TEMPERATURAS.....</b>	<b>58</b>

Tabela 1	Concentração de ácido gálico e volumes de metanol, água destilada, Folin-Ciocalteu e Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (carbonato de sódio) em tubos para confecção da curva de calibração.....	68
Tabela 2	Concentração de DPPH e volumes da solução de DPPH e álcool metílico, em tubos para confecção da curva de calibração.....	70
Tabela 3	Concentração de glicose e volumes de água destilada e antrona em tubos para confecção da curva padrão.....	71
Tabela 4	Perda de massa fresca de inhame minimamente processado mantido a 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	76
Tabela 5	Tempo de cocção de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	78
Tabela 6	pH de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	81
Tabela 7	Sólidos solúveis totais de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	83
Tabela 8	Atividade da polifenoloxidase de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	85
Tabela 9	Atividade da peroxidase de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	86

Tabela 10	Capacidade antioxidante (% ASR = porcentagem da atividade de sequestro de radicais) de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	90
-----------	---	----

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
<b>CAPÍTULO 1. ATIVIDADE ENZIMÁTICA, ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E INCIDÊNCIA DE <i>PSEUDOMONAS</i> SP. EM INHAME MINIMAMENTE PROCESSADO EM TRÊS TIPOS DE EMBALAGENS</b> .....	16
<b>RESUMO</b> .....	16
<b>ABSTRACT</b> .....	17
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
2.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA E RESFRIAMENTO.....	22
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
2.3 PROCESSAMENTO MÍNIMO E CONSERVAÇÃO.....	22
2.4 AVALIAÇÕES FÍSICAS.....	25
2.4.1 Perda de Massa fresca.....	25
2.4.2 Tempo de cocção.....	25
2.5 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS.....	26
2.5.1 Extração e determinação do pH e Sólidos solúveis totais.....	26
2.6 AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS.....	26
2.6.1 Extração e ensaio da Polifenoloxidase (EC 1.14.18.1; PPO) e Peroxidase (EC 1.11.1.7; POD).....	26
2.6.2 Extração e ensaio da Catalase (CAT; EC: 1.11.1.6).....	28
2.6.3 Proteína Solúvel (PS).....	28
2.6.4 Conteúdo de Peróxido de Hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ).....	29
2.6.5 Peroxidação de Lipídeos (TBARS).....	29
2.6.6 Extração e quantificação dos Fenóis Solúveis Totais (FST).....	29
2.7 Incidência de <i>Pseudomonas</i> sp.....	31
2.7 Análise visual.....	31
2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	34
3.1 PERDA DE MASSA FRESCA (PMF).....	34
3.2 TEMPO DE COCÇÃO (TC).....	35

3.3 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....	37
3.4 SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST).....	38
3.5 ATIVIDADE DA POLIFENOLOXIDASE (PPO).....	39
3.6 ATIVIDADE DA PEROXIDASE (POD), CATALASE (CAT), PROTEÍNA SOLÚVEL (PS), PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) E PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDEOS.....	40
3.7 FENÓIS SOLÚVEIS TOTAIS (FST).....	43
3.8 INCIDÊNCIA DE <i>PSEUDOMONAS</i> SP.....	45
3.9 ANÁLISE VISUAL.....	47
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO 2 - QUALIDADE DO INHAME MINIMAMENTE PROCESSADO MANTIDO DUAS TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO.....</b>	<b>58</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>58</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>59</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>62</b>
2.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA E RESFRIAMENTO.....	62
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	62
2.3 PROCESSAMENTO MÍNIMO E CONSERVAÇÃO.....	62
2.4 AVALIAÇÕES FÍSICAS.....	64
2.4.1 Perda de Massa Fresca.....	64
2.4.2 Tempo de cocção.....	64
2.5 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS.....	65
2.5.1 Extração e determinação do pH e Sólidos solúveis totais.....	65
2.6 AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS.....	65
2.6.1 Extração e ensaio da Polifenoloxidase e Peroxidase .....	65
2.6.2 Extração e ensaio da Catalase.....	67
2.6.3 Extração e quantificação dos Fenóis Solúveis Totais.....	62
2.6.4 Ensaio da Capacidade Antioxidante.....	63
2.7 Extração e ensaio dos Açúcares Solúveis Totais.....	71
2.8 Incidência de <i>Pseudomonas</i> sp.....	72
2.9 Análise visual.....	72
2.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	74

<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	75
3.1 PERDA DE MASSA FRESCA.....	75
3.2 TEMPO DE COCÇÃO.....	76
3.3 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO.....	78
3.4 AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS E SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS.....	81
3.5 ATIVIDADE DA POLIFENOLOXIDASE E PEROXIDASE.....	84
3.6 ATIVIDADE DA CATALASE.....	87
3.7 FENÓIS SOLÚVEIS TOTAIS.....	88
3.8 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE.....	89
3.9 INCIDÊNCIA DE <i>PSEUDOMONAS SP</i> .....	90
3.10 ANÁLISE VISUAL.....	92
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	95
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	96

## INTRODUÇÃO GERAL

O inhame (*Dioscorea* spp.) é uma planta tuberosa da família das *Dioscoreaceae* com aproximadamente 600 espécies (LANCASTER & COURSEY, 1984). Cerca de 14 espécies são exploradas comercialmente, por produzirem túberas comestíveis (PEDRALLI, 2002). A maior produção mundial se concentra no continente africano, onde a Nigéria é o país com a maior produção mundial com mais de 37 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2011).

No Brasil, a produção de inhame foi de aproximadamente 244 mil toneladas em uma área de 25 mil hectares (FAOSTAT, 2011). O Nordeste é o maior produtor nacional, cerca de 90 % da produção nacional se concentra nos Estados da Paraíba, Bahia, Alagoas, Sergipe, Maranhão e Pernambuco (SILVA et al., 2012). Além disso, segundo dados do IBGE, no ano de 2010, o Estado de Pernambuco registrou a maior produção nacional, com 16,5 mil toneladas, assim como o maior volume consumido no país.

O inhame desempenha um importante papel socioeconômico, pois a maior parte do cultivo é feito em pequenas propriedades familiares, gerando renda e fixando a mão-de-obra no campo. Quando comparado com a mandioca de mesa, apresenta maiores teores de vitamina K, B6, A, e E, além de conter menores teores de carboidratos e menos calorias em relação a outras raízes (USDA, 2013). Essas características são muito valorizadas pelos consumidores que buscam dietas menos calóricas.

Na maioria dos estabelecimentos comerciais o inhame é comercializado contaminado, com solo e matéria orgânica aderidos na superfície. Isso contribui para o aumento das perdas, redução do valor de mercado e pouco valor agregado. Além disso, por se tratar de uma tuberosa, a carga microbiana do inhame pode ser alta. Isso faz com que o manuseio pós-colheita seja determinante para a manutenção da qualidade de inhame. A manipulação inadequada dos tubérculos pode favorecer a incidência de microrganismos, sobretudo as bactérias do gênero *Pseudomonas*, que deteriora e diminui a aceitação da raiz, como acontece em macaxeira (BRITO et al., 2013).

O processamento mínimo pode ser uma alternativa para minimizar as perdas pós-colheita e agregar um maior valor comercial, resultando em um produto pronto para o consumo. O processamento mínimo envolve diferentes etapas que, em geral, resulta em estresse no tecido (SIMÕES et al., 2007). Para o inhame essa técnica vem sendo utilizada em diferentes estudos, como por exemplo, nas etapas do fluxograma (BRITO et al., 2011); estudos sobre temperatura de conservação (DONEGÁ et al., 2013) e revestimento comestível (FURTADO, 2013).

O corte é um dos manuseios indutores do estresse em hortaliças (SIMÕES et al., 2007). No caso do inhame, após o corte, escurece muito rapidamente, dependendo do genótipo e principalmente sua maturação fisiológica, em poucos minutos. Nota-se que a descoloração inicia nos tecidos mais superficiais. Os danos causados pelos estresses provenientes do corte, inicia processos de oxidação por via enzimática (WATADA, 1990). As espécies reativas de oxigênio (EROS) são responsáveis pela desestruturação das membranas celulares, dando início à deterioração fisiológica de raiz de mandioca logo após a colheita (XU et al., 2013). Além disso, é evidenciada a participação do metabolismo dos fenilpropanóides, em especial a atuação das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, que somando aos produtos de suas reações, resultam no escurecimento do tecido de frutas e hortaliças minimamente processadas (WATADA, 1990). No inhame e no taro (*Colocasia antiquorum* var. *esculenta*) também é constatada a presença dessas enzimas, e suas atividades têm sido associadas ao escurecimento e deterioração (FURTADO, 2013; OMIDIJI & OTUBU, 2006; LEE et al., 2007).

Um dos artificios tecnológicos que se utiliza para minimizar os efeitos das reações causadas pelo processamento mínimo é o uso de embalagens associadas à refrigeração (SIMÕES et al., 2007). A temperatura mais recomendada para conservar os produtos minimamente processados é de 5 °C. Porém, nos supermercados e centros comerciais do Brasil, as gôndolas mantêm os produtos em temperaturas acima de 5 °C, possivelmente pelo menor custo em energia. Mesmo que seja evidenciado que o metabolismo de órgãos vegetais destacados podem reduzir cerca de duas ou três vezes para cada 10 °C de redução na temperatura (BRECHT, 1995).

Alguns trabalhos vêm sendo realizados com o inhame avaliando a composição química e conservação ao longo do crescimento da planta (HUANG et al., 2007), a atividade enzimática em função da região do tubérculo (ISAMAH et al., 2000). Além disso, estudos de embalagens com diferentes permeabilidade e níveis de gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>) em pedaços de inhame (ANDRADE et al., 2012). No caso de inhame minimamente processado alguns trabalhos foram realizados, determinando as etapas do processamento mínimo (BRITO, 2011), avaliando revestimentos comestíveis e antioxidantes durante a conservação refrigerada (FURTADO, 2013). Alterações microbiológicas, fisiológicas e qualitativas em diferentes temperaturas foi estudado por Donegá et al. (2013). A composição centesimal do inhame minimamente processado por Brito et al. (2011).

Dentre as embalagens estudadas o cloreto de polivinila (PVC) tem sido alternativa, por ser muito utilizada comercialmente. Nesta embalagem a conservação do inhame com qualidade para o consumo foi menos de três dias a 10, 15 e 20 °C, e até três dias a 5 °C (DONEGÁ et al., 2013). Acredita-se que embalagens com maior barreira, possa manter o inhame minimamente processado com qualidade mesmo que conservado a 10 °C.

Diante do exposto, os objetivos do presente trabalho foram: Avaliar as alterações físico-química, bioquímicas e incidência de *Pseudomonas* sp. em inhame minimamente processado, conservados em três tipos de embalagens a 5 °C e na embalagem mais adequada a 5 e 10 °C.

## **CAPÍTULO 1 - ATIVIDADE ENZIMÁTICA, ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E INCIDÊNCIA DE *PSEUDOMONAS* SP. EM INHAME MINIMAMENTE PROCESSADO EM TRÊS TIPOS DE EMBALAGENS.**

**RESUMO** – A forma de comercialização do inhame diminui o valor de mercado e potencializa as perdas pós-colheita. O processamento mínimo associado à cadeia do frio e embalagens adequadas pode aumentar a vida útil desse produto. Embalagens alternativas, como o polipropileno e o nylon multicamadas sem o vácuo, pode ser uma alternativa para manter a qualidade do inhame. O objetivo desse estudo foi avaliar as alterações físico-química, bioquímicas e incidência de *Pseudomonas* sp. em inhame minimamente processado, mantido em três tipos de embalagens a  $5 \pm 2$  °C. O inhame foi selecionado, lavado em água corrente e mantido a 8 °C por 24 horas. Foi descascado e cortado em rodela de aproximadamente 3cm de espessura, enxaguadas em água a  $5 \pm 2$  °C por 5 minutos, sanitizadas ( $10 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro ativo), imersas em água clorada ( $5 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro ativo) por cinco minutos e drenadas em escuradores de cozinha. Aproximadamente 300 g de foram embaladas em sacos de Polipropileno de 12  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 12); Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 4) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  de espessura (NY 15), nas dimensões de 15 cm de largura por 20 cm de comprimento. Foram seladas, pesadas e mantidas em expositor vertical a  $5 \pm 2$  °C por 14 dias. Avaliou-se a perda de massa, tempo de cocção, pH, sólidos solúveis totais, polifenoloxidase, peroxidase, catalase, proteína solúvel, peróxido de hidrogênio, peroxidação de lipídeos, fenóis solúveis totais, incidência de *Pseudomonas* sp. e análise visual. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial 3 x 8 (3 embalagens e 8 dias de análises) com três repetições. As análises de peroxidase, catalase, proteínas solúveis, peróxido de hidrogênio e peroxidação de lipídeos foram realizadas nos dias 0; 7 e 14, formando fatorial 2 x 3 (2 embalagens e 3 dias de análises). As médias entre as embalagens foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) e as médias ao longo do tempo foram ajustada quando possível à equação de regressão. A embalagem de nylon 15  $\mu\text{m}$  registrou os menores tempos de cocção, perda de massa fresca, atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e catalase, menor proteína solúvel e peroxidação de lipídeos. Além disso, não ocorreu incidência de *Pseudomonas* sp. e manteve menor perda de qualidade visual. A embalagem de nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  é mais adequada para conservar o inhame minimamente processado, pois, reduziu os sintomas de deterioração durante a conservação.

**Palavras-chaves:** *Dioscorea* spp., escurecimento enzimático, qualidade pós-colheita.

## ENZYMATIC ACTIVITY, PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGES AND INCIDENCE OF *PSEUDOMONAS* SP. MINIMALLY PROCESSED YAM IN THREE TYPES OF PACKAGES.

**ABSTRACT** - The form of marketing yam reduces the market value and enhances post-harvest losses. Minimal processing associated with the proper cold chain and packaging can extend the shelf life of this product. Alternative packaging such as multilayer polypropylene and nylon without vacuum, can be an alternative to maintain the quality of the yam. The aim of this study was to evaluate the physico-chemical, biochemical and incidence of *Pseudomonas* sp. in minimally processed yam, kept in three types of packaging at  $5 \pm 2$  °C. The yam was selected, washed in tap water and kept at 8 °C for 24 hours. Was peeled and cut into slices about 3cm thick, rinsed in water at  $5 \pm 2$  °C for 5 minutes, sanitized ( $10 \text{ mg L}^{-1}$  of active chlorine), immersed in chlorinated water ( $5 \text{ mg L}^{-1}$  of active chlorine) for five minutes and then drained on kitchen colanders. Approximately 300 g were packed in bags of polypropylene 12  $\mu\text{m}$  thick (PP 12); polypropylene 4  $\mu\text{m}$  thick (PP 4) and Nylon multilayer 15  $\mu\text{m}$  thick (NY 15), dimensions 15cm wide by 20cm long. Were sealed, weighed and kept in vertical to  $5 \pm 2$  °C for 14 days exhibitor. We evaluated the weight loss, cooking time, pH, total soluble solids, polyphenol oxidase, peroxidase, catalase, soluble protein, hydrogen peroxide, lipid peroxidation, total soluble phenols, incidence of *Pseudomonas* sp. and visual analysis. The experimental design was completely randomized in factorial 3 x 8 (3 packs and 8 days of analysis) with three replications. Analyses of peroxidase, catalase, soluble proteins, hydrogen peroxide and lipid peroxidation were performed on days 0; 7 and 14 to form an factorial 2 x 3 (2 packaging and 3 days of analysis). The mean between the packages were compared by Tukey test ( $P < 0.05$ ) and average over time were adjusted where possible to the regression equation. The experimental design was completely randomized in factorial 3 x 8 (3 packs and 8 days of analysis) with three replications. Analyses of peroxidase, catalase, soluble proteins, hydrogen peroxide and lipid peroxidation were performed on days 0; 7:14 to form factorial 2 x 3 (2 packaging and 3 days of analysis). The mean between the packages were compared by Tukey test ( $P < 0.05$ ) and average over time were adjusted where possible to the regression equation. The packaging nylon 15  $\mu\text{m}$  reported the lowest cooking time, loss of weight, activity of polyphenol oxidase enzymes, peroxidase and catalase, less soluble protein and lipid peroxidation. In addition there was no incidence of *Pseudomonas* sp. maintained and less loss of visual quality. The packaging multilayer nylon 15  $\mu\text{m}$  and more suitable for

preserving minimally processed yam thus reduced the symptoms of deterioration during storage.

**Keywords:** *Dioscorea* spp., enzymatic browning, postharvest quality.

## 1 - INTRODUÇÃO

O inhame (*Dioscorea* spp.) é uma planta tuberosa cultivada e consumida por milhões de pessoas nos países tropicais (HAHN et al., 1995). A parte comestível dessa planta é um tubérculo, órgão subterrâneo, muito apreciado na alimentação por apresentar qualidades nutricionais e medicinais. Cerca de 100 g de inhame contém aproximadamente 4,1 g de fibra; 17,1 mg de vitamina C; 0,293 mg de vitamina B-6 e 7 µg de vitamina A (USDA, 2013).

A comercialização de inhame, na maioria dos estabelecimentos comerciais, ocorre com os tubérculos inteiros, sem nenhum beneficiamento ou higienização. Isso proporciona baixo valor agregado, e tem contribuído para perdas pós-colheita de hortaliças.

O processamento mínimo tem por princípio, agregar valor ao produto vegetal. Os atributos visuais são melhorados, pois, as cascas e partes não comestíveis são descartadas, deixando-o pronto para o consumo ou cozimento, garantindo maior segurança alimentar ao consumidor (SILVA et al., 2009). Essa técnica se apresenta como um importante avanço tecnológico, porém, apesar da praticidade, conveniência e valorização mercadológica, possui alguns inconvenientes, pois, o manuseio e toda manipulação no vegetal durante as etapas, são indutoras de estresses, no qual induzem respostas fisiológicas semelhantes a plantas sob estresses (HONG & KIM, 2001; BRECHT, 1995). Os danos causados pelo corte promovem aumentos na atividade enzimática ao longo da conservação em batata (PINELLI et al., 2005), perda de massa fresca em mandioca de mesa (FREIRE, 2014; JUNQUEIRA, 2009) e aumento da deterioração fisiológica pós-colheita e incidência de *Pseudomonas* (BRITO et al., 2013).

No inhame as alterações ocorrem logo após descasque e corte, com rápido escurecimento dos tecidos superficiais, inicialmente com manchas amarronzadas. Em raízes de mandioca de mesa há acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS) quando o tecido escurece (XU et al., 2013). Isso também acontece quando esta raiz é minimamente processada (FREIRE, 2014). O excesso de EROs é prejudicial ao metabolismo celular vegetal, pois, são altamente reativas, reagindo com proteínas, causando peroxidação de lipídios e desnaturação de proteínas (IMLAY, 2003).

O escurecimento, a perda da qualidade, a deterioração pós-colheita de frutos e hortaliças está relacionado com a atividade da polifenoloxidase (EC 1.10.3.1; PPO) e peroxidase (EC 1.11.7; POD), (TOMÁS-BERBERÁN & SPÍN, 2001), desde o cultivo, colheita, armazenamento até o processamento (DITCHFIELD et al., 2006). A atividade da PPO ocorre em diferentes fases de desenvolvimento do tubérculo de inhame (HUANG et al.,

2007), e minimamente processado, promove o escurecimento superficial (FURTADO, 2013; OMIDIJI & OTUBU, 2006). A POD também tem sido associada aos processos de escurecimento no inhame diminuindo a qualidade (OMIDIJI & OTUBU, 2006).

A catalase (EC 1.11.1.6; CAT) parece estar envolvida em desordens fisiológicas em raízes de mandioca de mesa (XU et al., 2013). Essa enzima atua na remoção do peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), minimizando o efeito causado por essa EROS (MØLLER et al., 2007). A atividade da CAT no inhame (*Diocorea rotundata*) varia de acordo com a região do tubérculo (ISAMAH et al., 2000). Isso pode sugerir uma relação entre os danos e a sua atividade, pois a superfície do inhame é o tecido que rapidamente escurece.

Durante a conservação do inhame minimamente processado outras características podem ser alteradas. Pode ocorrer aumentos na perda de massa fresca, carboidratos (DONEGÁ et al., 2013; FURTADO, 2013), fenóis solúveis totais e redução no pH (FURTADO, 2013). As condições adequadas de conservação é um fator importante para minimizar a deterioração, e conservação dos produtos minimamente processados (SCHLIMME & ROONEY, 1994). O uso de embalagens pode ser uma opção para minimizar as alterações fisiológicas.

Alguns estudos têm sido realizados com o inhame utilizando novas embalagens. Andrade et al. (2012) avaliaram o armazenamento de pedaços de inhame em três embalagens, Polietileno de baixa densidade com Polietileno de Baixa Densidade linear (LDPE/LLDPE), Polipropileno biorientado laminado com polietileno de baixa densidade (BOPP/LDPE) e Poliestireno (PS), associadas com diferentes concentrações de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> a 5 °C. Os autores verificaram que a embalagem BOPP/LDPE proporcionou maior taxa respiratória nos pedaços de inhame durante dez dias. Porém, a utilização desses tipos de embalagens pode ser dispendiosa em função do maior custo com a injeção dos gases. O PVC foi estudado por Donegá et al (2013), porém a conservação durou menos que 3 dias a 5 °C. Embora o PVC seja uma embalagem muito utilizada comercialmente, não proporciona conservação com qualidade adequada. Assim, estudar embalagens alternativas ao uso de PVC ou LDPE, pode resultar em benefícios satisfatórios para o inhame minimamente processado.

O uso de embalagens alternativas como o polipropileno e o nylon multicamadas sem o vácuo pode ser uma alternativa para a conservação do inhame minimamente processado, assim como também ser usadas em outras raízes que escurecem como mandioca de mesa (ANDRADE, 2014), batata-baroa (MENOLLI et al., 2008) e batata inglesa (JUNQUEIRA et al., 2009).

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar as alterações físico-química, bioquímicas e incidência de *Pseudomonas* sp. em inhame minimamente processado, mantido em três tipos de embalagens (Polipropileno 12 µm, Polipropileno 4 µm e Nylon multicamadas 15 µm) e conservado na temperatura de  $5 \pm 2$  °C, indicada para conservação de alimentos minimamente processados (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA E RESFRIAMENTO

O inhame fisiologicamente maduro foi adquirido de produtores da região de Petrolina – PE. Foi levado para a Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, foi selecionado pelo tamanho, aparência visual, integridade, descartando aqueles danificados. Foram lavados em água corrente e mantidos a 8 °C por 24 horas.

### 2.2 - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 8, em que o primeiro fator correspondeu as três embalagens, polipropileno 12 µm, polipropileno 4 µm e nylon multicamadas 15 µm. O segundo fator correspondeu aos tempos de conservação 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias a  $5 \pm 2$  °C. As análises de Peroxidase, Catalase, Peroxidação de lipídeos, Proteínas solúveis e Peróxido de hidrogênio foram realizadas nos dias 0; 7 e 14, com isso o esquema fatorial para estas análises ficou 2 x 3, duas embalagens e três tempos de conservação.

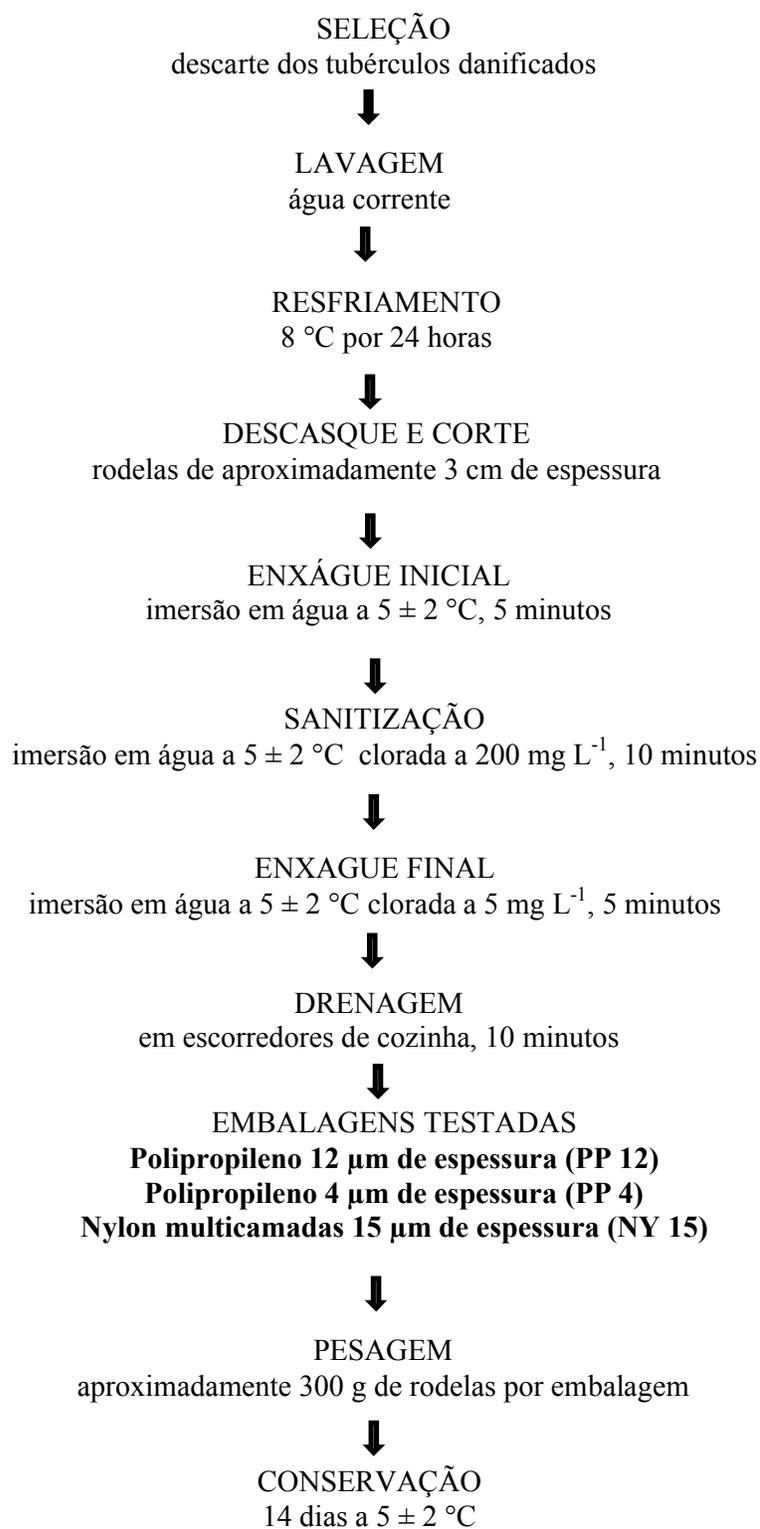
### 2.3 - PROCESSAMENTO MÍNIMO E CONSERVAÇÃO

O processamento mínimo foi adaptado segundo metodologia descrita por Brito (2011) (Figura 1).

Os tubérculos foram descascados e cortados em rodela de aproximadamente 3cm de espessura com auxílio de facas de aço inox, previamente higienizadas em solução de cloro a 200 mg L<sup>-1</sup> (Dicloroisocianurato de Sódio). As rodela foram imersas em água a  $5 \pm 2$  °C por 5 minutos para enxague inicial; sanitizadas, imergindo aproximadamente 2 kg de rodela em água clorada a 200 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo (Dicloroisocianurato de Sódio) durante dez minutos; e seguido de imersão em água clorada a 5 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo (Dicloroisocianurato de Sódio) durante cinco minutos para o enxágue final. A drenagem foi realizada em escorredores de cozinha durante dez minutos.

Aproximadamente 300 g de rodela foram embaladas em sacos de Polipropileno de 12 µm de espessura (PP 12); Polipropileno 4 µm de espessura (PP 4) e Nylon multicamadas 15 µm de espessura (NY 15), todas nas dimensões de 15 cm de largura por 20 cm de comprimento. As embalagens foram seladas em seladora modelo Plasmatic; pesadas em

balança semi-analítica (modelo 110 CLASSE II) e mantidas em expositor vertical com circulação forçada de ar na temperatura de  $5 \pm 2$  °C por 14 dias.



**Figura 1.** Fluxograma geral das etapas do processamento mínimo de inhame.

## 2.4 - AVALIAÇÕES FÍSICAS

Após o processamento mínimo, e a cada dois dias, as rodela de inhame foram analisadas como descrito abaixo.

### 2.4.1 - Perda de Massa Fresca (PMF)

Obtida por gravimetria em balança semi-analítica (ARD110 OHAUS). A porcentagem de massa fresca perdida foi estimada a partir da diferença entre a massa inicial (início, dia 0) e a massa final, correspondente ao dia de avaliação, que foram aos 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias. Dessa forma, calculou-se a perda de massa fresca (PMF).

$$PMF = \frac{MFI - MFF}{MFI} \times 100$$

Em que:

PMF = perda de massa fresca (%)

MFI = massa fresca inicial (g)

MFF = massa fresca final (g)

### 2.4.2 - Tempo de cocção

Realizado segundo metodologia adaptada de Andrade (2013). Em recipiente inox com capacidade para 2 litros, foi adicionados 1 L de água e mantido em fogo brando de fogão de cozinha. Após fervura da água foi adicionado 100 g de rodela de inhame e imediatamente tampada. A cada 10 minutos, o recipiente foi aberto para penetração das rodela com um garfo doméstico.

O grau de cozimento do inhame foi estabelecido como o tempo necessário para o amolecimento do tecido, percebido com a fácil penetração da superfície da rodela. Assim, quando o tecido ficou macio, a cocção foi interrompida.

## 2.5 - AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

### 2.5.1 - Extração e determinação do pH e Sólidos solúveis totais

Aproximadamente 30 gramas de rodela de inhame foram maceradas em almofariz. O macerado foi prensado com auxílio de gase e o suco obtido foi adicionado no prisma de um refratômetro digital (Atago 'Since 1940 Tokyo') com compensação da temperatura e os resultados obtidos em porcentagem.

O pH foi determinado com um auxílio de um potenciômetro digital de bancada (PHS-3BW) previamente calibrado, utilizando o suco celular extraído.

## 2.6 - AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS

### 2.6.1 - Extração e ensaio da Polifenoloxidase (EC 1.14.18.1; PPO) e Peroxidase (EC 1.11.1.7; POD)

A extração da PPO e POD seguiu metodologia descrita por Silva (1981) adaptada por Simões (2004). Foi realizada a partir da retirada de 0,25 g com aproximadamente 5 mm de espessura no lado equatorial da rodela de inhame (Figura 2). Macerou-se em almofariz com 6 mL de tampão fosfato (0,2 M, pH 6,0) mantido previamente a 4 °C. O homogeneizado foi centrifugado a 9.000 g por 21 min a 4 °C.



**Figura 2.** Secções de rodelas de tubérculo de inhame. O retângulo pontilhado 1000; 1000 e 5 mm representam a amostragem feita para realizações das análises laboratoriais.

#### - PPO

O ensaio da PPO seguiu a metodologia de Coelho (2001). Foi utilizada uma mistura de 1 mL de tampão fosfato (0,2 M, pH 6,0) e 1,5 mL de catecol (0,2 M) como substrato. A essa mistura foram adicionados 50  $\mu\text{L}$  do extrato enzimático (sobrenadante). As leituras foram realizadas a 425 nm durante 2 minutos em intervalos de 30 segundos.

A atividade da PPO foi estimada utilizando o coeficiente de extinção molar de  $1300 \text{ mM cm}^{-1}$ . Para o branco foi utilizado o extrato enzimático fervido durante 10 min em banho-maria (Modelo TE-054/te-056 © TECNAL). Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de matéria fresca por minuto.

#### - POD

O ensaio da POD foi realizado por meio de uma mistura de 1 mL de tampão fosfato 0,2 M, pH 6 e 10 mL do extrato enzimático. A essa mistura foi adicionado 100  $\mu$ L de guaiacol (0,5 %) e 100  $\mu$ L de peróxido de hidrogênio (0,08 %) como substrato. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 470 nm por um período de 2 minutos, com intervalos de 30 segundos.

A atividade da POD foi estimada utilizando o coeficiente de extinção molar de 36,8  $\text{mM cm}^{-1}$ . Para o branco foi utilizado o extrato enzimático fervido durante 10 min em banho maria. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de matéria fresca por minuto.

#### 2.6.2 - Extração e ensaio da Catalase (EC: 1.11.1.6; CAT)

A extração e atividade da catalase foram determinadas segundo metodologia descrita por Beers Júnior e Sizer (1952).

A extração ocorreu a partir de uma amostra de 0,25 g retirada no lado equatorial da rodela de inhame (Figura 2). Macerou-se em almofariz contendo 6 mL de tampão fosfato (pH 7). Centrifugou-se a 9.000 x g durante 21 minutos a 4 °C para a obtenção do extrato.

O ensaio da CAT foi realizado a partir de uma alíquotas de 0,05 ml do extrato, no qual foram adicionadas a 2,95 ml de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,0), contendo  $\text{H}_2\text{O}_2$  (20 mM). A determinação foi realizada a 30 °C, a partir da queda da absorbância a 240 nm durante 3 minutos, com leituras sucessivas a cada 30 segundos. A atividade da enzima foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de 36  $\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$  para o  $\text{H}_2\text{O}_2$ , e expressa em  $\text{nmol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{MF min}^{-1}$ .

#### 2.6.3 - Proteína solúvel (PS)

A extração e determinação de proteína solúvel total foi realizada conforme Zimmermam et al. (2006), modificada por Ferreira-Silva (2008).

Amostra de inhame 0,1 g foram maceradas em almofariz na presença de gelo, com adição de tampão Tris-HCl 100 mM (pH 8,0), contendo 30 mM de DTT, 20% de glicerol e 3% de PEG-6000. Após a extração, o extrato foi centrifugado a 9.000 x g durante 30 min, a 4 °C. O conteúdo de proteínas solúveis total foi determinado conforme Bradford (1976) e estimado com base em curva padrão, utilizando BSA.

#### 2.6.4 - Conteúdo de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

O conteúdo de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) foi determinado segundo metodologia proposta por Cheeseman (2006).

A extração foi feita em TCA (5%), e ocorreu por meio de maceração durante 3 minutos em banho de gelo de 0,1 g de inhame retirado do lado equatorial da rodela (Figura 2). Ao macerado adicionou-se 0,75 ml de tampão fosfato de potássio 100 mM pH 6,4. O extrato obtido foi centrifugado a 9.000 x g por 20 min a 4 °C.

Alíquotas de 0,1 mL do sobrenadante foram adicionadas em tubos de ensaio, mais 0,9 ml de meio de reação contendo 100 µM de FeSO<sub>4</sub>, 250 µM de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 25 mM de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 100 µM de alaranjado de xilenol e 99 mM de sorbitol. A mistura foi incubada a 25 °C por 30 min e em seguida realizadas leituras de absorvância a 560 nm. As concentrações de peróxido de hidrogênio foram expressas em µmol g<sup>-1</sup> MF.

#### 2.6.5 - Peroxidação de lipídeos (TBARS)

A peroxidação de lipídios foi estimada pelo conteúdo de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), conforme Heath e Packer (1968).

A extração foi realizada macerando em almofariz na presença de gelo uma amostra de 0,1 g de inhame retirada no lado equatorial da rodela (Figura 2). Em seguida, foi adicionado 1,0 ml de ácido tricloroacético (TCA) a 6% e macerado por 3 minutos. O extrato obtido foi centrifugado a 9.000 x g, durante 15 minutos a 4 °C.

Em tubos de ensaio foi preparada a reação, adicionado uma alíquota de 0,5 ml do sobrenadante, com 2,0 ml do meio de reação contendo TCA 20% (p/v) e ácido tiobarbitúrico (TBA) a 0,5% (p/v). A reação foi aquecida em banho-maria a 95 °C, durante 1 h, e em seguida foi interrompida em banho de gelo. Após a estabilização da temperatura, foram realizadas leituras de absorvâncias em espectrofotômetro, nos comprimentos de onda 532 e 660 nm, e depois de subtraídas as absorvâncias obtidas a 660 das obtidas a 532 nm. O conteúdo de TBARS foi estimado utilizando o coeficiente de extinção molar de 155 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> e expresso em nmol g<sup>-1</sup> MF.

#### 2.6.6 - Extração e quantificação dos Fenóis Solúveis Totais (FST)

A extração e quantificação dos FST foram realizados de acordo com Reyes et al. (2007) com modificações. A extração foi feita macerando 1 g das rodela de inhame com

aproximadamente 1000; 1000 e 5 mm na região equatorial da rodela (Figura 2), macerada em almofariz com 10 mL de metanol. Em seguida, as amostras permaneceram em repouso por 24 horas no escuro a 4 °C. O homogeneizado foi centrifugado a 9000 g, a 2 °C durante 21 minutos.

As concentrações para confecções da curva de calibração foram alcançadas a partir da adição dos volumes da solução estoque de ácido gálico (2 mM), metanol (PA), água destilada, da solução diluída de Folin-Ciocalteu [1000 µL do reagente de Folin (2N) em 9 mL de água destilada] e solução de carbonato de sódio (1N) em tubos de ensaio com tampa (Tabela 1). Os tubos foram agitados em por 20 segundos. Em seguida, mantidos no escuro à temperatura ambiente por 2 horas. Após esse período, realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Libra S8; Biochorom) no comprimento de onda de 725 nm e os resultados foram expressos em µg de FST g<sup>-1</sup> de matéria fresca.

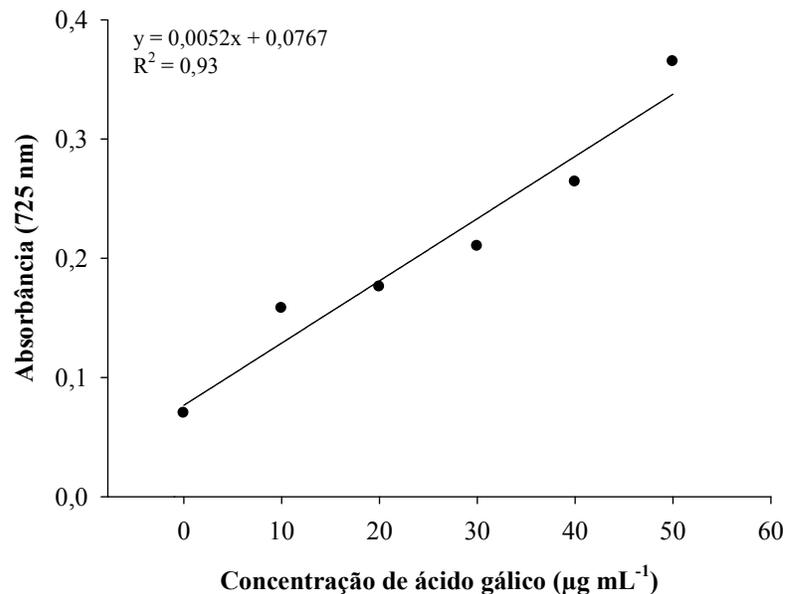
**Tabela 1.** Concentração e volumes de ácido gálico, metanol, água destilada, Folin-Ciocalteu e Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> em tubos de ensaio para a confecção calibração.

Ácido gálico, mM	Ácido gálico, µL	Metanol, µL	Água destilada, mL	Folin-Ciocalteu <sup>1</sup> , µL	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> <sup>2</sup> , µL
0,0	0	150	2,4	150	300
0,2	15	135	2,4	150	300
0,4	30	120	2,4	150	300
0,6	45	105	2,4	150	300
0,8	60	90	2,4	150	300
1,0	75	75	2,4	150	300

1 - Folin-Ciocalteu concentração 2N;

2 - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub><sup>2</sup>: Carbonato de Sódio concentração 1N.

A quantificação dos FST foi realizada com base na curva de calibração com diferentes concentrações de ácido gálico (Figura 3).



**Figura 3.** Absorbância a 725 nm em função da concentração de ácido gálico para a confecção da curva de calibração.

#### 2.7 - Incidência de *Pseudomonas* sp.

Duas rodelas de iname representativa de cada tratamento foram separadas para captura de fotos, utilizando câmera digital semi-profissional modelo Nikon D3100 (14,2 megapixels), em câmara escura com incidência de luz ultravioleta a 365 nm e potência 230 V 50/60 Hz.

#### 2.7 - Análise visual

A análise visual foi realizada por um painel treinado com base em uma escala subjetiva de notas variando de 5 a 1 (Quadro 1), com adaptações de Andrade (2013).

**Quadro 1.** Notas, critérios e imagens para quantificação da análise visual em rodela de inhame minimamente processado. Ao lado direito, fotos ilustrando a aparência conforme os critérios utilizados.

Notas	Critérios	Imagens
5	Rodela com superfície branca característica, nenhum indício de manchas amarronzadas, aparência e odor excelentes para o consumo.	
4	Rodela com mudança na tonalidade da cor, em relação ao dia inicial, mas com qualidade para comercialização.	
3	Rodela com até 10% de sua superfície com moderada intensidade de manchas amarronzadas. Limite de aceitação.	
2	Rodela com aproximadamente 50 % da área com coloração amarronzada na superfície, impróprias para o consumo e embalagens estufada com provável acúmulo de gases.	
1	Rodela com todos os sintomas descritos, além de odor alcoólico; totalmente impróprio para o consumo.	

## 2.8 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias entre as embalagens foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), com uso do programa computacional Sisvar. Os tempos de conservação foram ajustados, quando possível, à equação de regressão com uso do programa Table Curve. Os gráficos foram confeccionados no programa SigmaPlot versão 10.0.

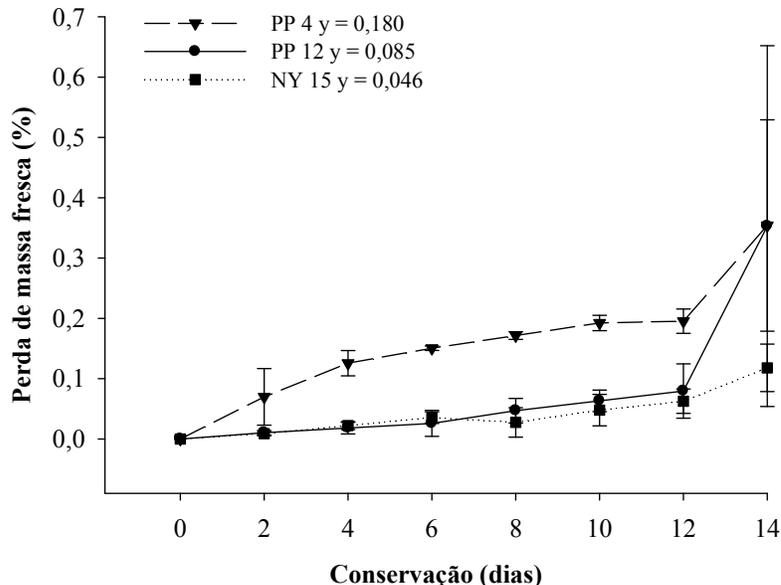
### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre as embalagens e os tempos de conservação para a análise visual, polifenoloxidase e os fenóis solúveis totais. Ocorreu efeito isolado para da temperatura para o pH, e do fator embalagem para o tempo de cocção.

Não houve ajuste da curva de regressão para as variáveis que tiveram interação, assim, optou-se por demonstrar gráficos de média e desvio-padrão para essas variáveis.

#### 3.1 - PERDA DE MASSA FRESCA (PMF)

A perda de massa fresca dos inhames minimamente processados aumentou nas três embalagens durante a conservação (Figura 4). Os inhames mantidos na embalagem de PP 4 teve maior desidratação, em relação aos inhames nas embalagens PP 12 e NY 15 (Figura 4). Aos 14 dias a perda de massa na embalagem PP 4 aumentou aproximadamente 33 vezes, enquanto que na embalagem de NY 15 foi aproximadamente 13 vezes (Figura 4).



**Figura 4.** Perda de massa fresca de inhame minimamente processado embalado em Polipropileno 12 µm de espessura (PP 12); Polipropileno 4 µm (PP 4) e Nylon multicamadas 15 µm (NY 15), conservado a 5 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

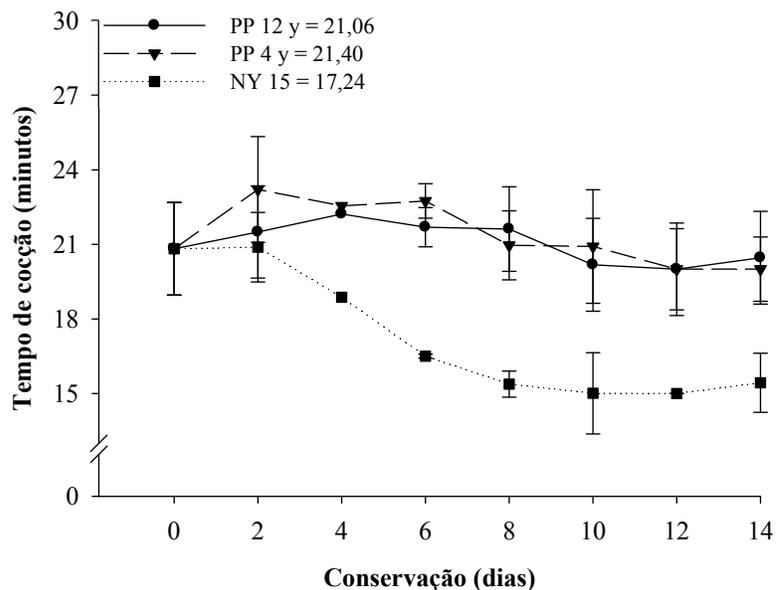
As maiores perdas de massa fresca dos inhames mantidas nas embalagens PP 4 e PP 12, podem estar relacionadas às suas menores espessuras proporcionando menor barreira a difusão de H<sub>2</sub>O em relação ao NY 15, como também observado por Neves et al. (2009) em manga minimamente processada.

Furtado (2013) avaliando inhames minimamente processados embalados em filme de cloreto de polivinila (PVC) conservado a 8 °C, encontrou valores médios próximos a 2 %, bem superior a média geral do presente estudo de 0,1%. Donegá et al. (2013) avaliando inhame minimamente processado embalado também em filme de PVC, observaram perda de massa próximo a 1% aos 9 dias de conservação a 5 °C. No presente estudo a maior média de perda de massa foi de 0,35% na embalagem PP 4.

Nas três embalagens utilizadas a perda de massa não atingiu 3%, pois esse valor indica o limite estabelecido em produtos minimamente processado (CHITARRA & CHITARRA, 2007).

### 3.2 - TEMPO DE COCÇÃO (TC)

O tempo de cocção dos inhames mantidos nas embalagens PP 12 e PP 4 aumentou até o 6° dia, seguido de queda até o 14° dia (Figura 5). Enquanto inhames acondicionados na embalagem NY 15, o TC caiu a partir do 2° dia (Figura 5). Ao final de 14 dias o inhame minimamente processado mantido em NY 15, apresentou menor tempo de cocção (Figura 5).



**Figura 5.** Tempo de cocção de inhame minimamente processado acondicionado em embalagem de Polipropileno 12  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 12); Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  (PP 4) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15) conservado ( $5 \pm 2$  °C) a 0; 2; ;4; 6; 8; 10; 12 e 14. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Os inhames mantidos nas embalagens de PP 12 e PP 4 levaram mais tempo para cozinhar durante o período de conservação. Isso pode estar relacionado aos tecidos mais desidratados, em função da maior perda de massa fresca (Figura 4).

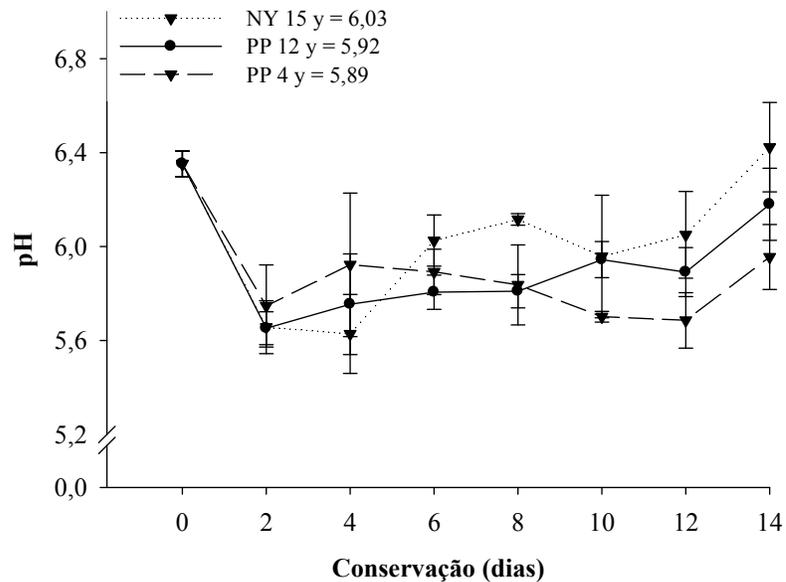
A desidratação de inhame minimamente processado pode causar deposição de amido na superfície (DONEGÁ et al., 2013). Isso pode ter proporcionado uma barreira à reidratação, como foi observado por Oliveira et al. (2005) em mandioca de mesa, em que verificaram que quanto maior a quantidade de água absorvida durante o cozimento, mais rápido é o cozimento. Em feijão *Phaseolus vulgaris* o tempo de cocção é influenciado pela velocidade de hidratação dos grãos (COELHO et al., 2008). Além disso, a desidratação do inhame pode ter causado compactação das camadas de células colapsadas na superfície, como observado por Simões (2008) em cenouras minimamente processadas.

Os resultados alcançados no presente estudo ficaram abaixo de 30 minutos. A cocção dos pedaços de inhame caiu de 21,22 minutos no início para 20,0 minutos aos 14 dias. Diferente do encontrado por Andrade (2013), no qual o tempo aumentou sutilmente durante a conservação de mandioca de mesa. Acredita-se que isso se deve ao maior teor de fibras em

mandioca de mesa, em relação ao inhame (USDA, 2013). Apesar de não existir um padrão comercial de tempo mínimo de cozimento para o inhame, em mandioca de mesa, os limites aceitos é inferior ou igual a 30 minutos (BORGES et al., 2002).

### 3.3 - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

Os inhames minimamente processados aumentou pH entre 6,35 a 6,18 na embalagem PP 12; 6,35 a 5,96 na embalagem PP 4 e 6,35 a 6,42 na embalagem NY 15 durante os 14 dias de conservação (Figura 6). Alimentos com essa faixa de pH são classificados como produtos não ácidos, e isso, favorece a contaminação por microrganismos patogênicos (CHITARRA & CHITARRA, 1990).



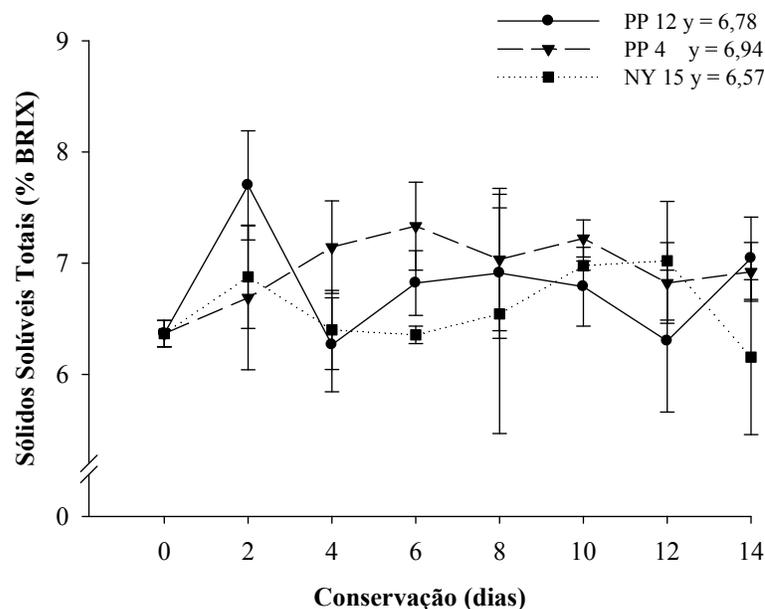
**Figura 6.** pH de inhame minimamente processado embalado em Polipropileno 12  $\mu\text{m}$  (PP 12  $\mu\text{m}$ ); Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  (PP 4  $\mu\text{m}$ ) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15  $\mu\text{m}$ ), mantido a  $5^\circ\text{C} \pm 2$ .

O pH dos inhames nas três embalagens caíram logo no segundo dia de conservação, depois estabilizou. Possivelmente as alterações químicas em decorrência do processamento mínimo são mais intensas nos primeiros dias de conservação, e depois alcança a homeostase.

Furtado (2013) e Brito et al. (2011) estudando inhame minimamente processado, observaram resultados de pH semelhantes ao presente estudo. Isso indica que os valores de pH mudam pouco, e no caso do presente estudo, as embalagens estudadas não foram indutoras de mudanças significativas no pH.

### 3.4 - SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST)

Os sólidos solúveis dos inhames minimamente processados nas três embalagens variou entre 6,37 a 7,70 (Figura 7). Houve um leve aumento nos teores de SST no inhame, nas embalagens PP 12 e PP 4, comparando-se o início, 6,37 e 6,37 %, e aos 14 dias 7,04 e 6,92 respectivamente (Figura 7).



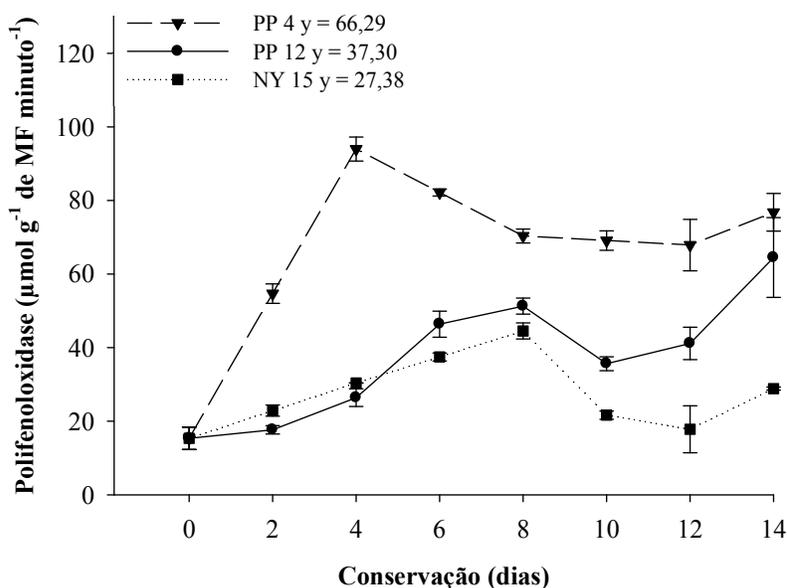
**Figura 7.** Sólidos solúveis totais de inhame minimamente processado embalado em Polipropileno 12 µm (PP 12); Polipropileno 4 µm (PP 4) e Nylon multicamadas 15 µm (NY 15), mantido a 5 °C ± 2. As barras representam o erro padrão da média. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

O aumento nos teores de SST no inhame acondicionados nas embalagens PP 12 e PP 4 pode estar relacionado à conversão do amido em açúcar (TOIVONEN, 2003). Além disso, a

desidratação dos inhames nessas embalagens pode ter contribuído para esse aumento nos SST (VILAS-BOAS, 1999).

### 3.5 - ATIVIDADE DA POLIFENOLOXIDASE (EC 1.14.18.1; PPO)

A atividade da PPO dos inhames minimamente processados aumentou com o tempo de estocagem, principalmente para os inhames mantidos em PP 4 (Figura 8). Os incrementos em relação ao dia inicial e 14 dias foram de 80,0; 76,1 e 46,8% nas embalagens PP 12, PP 4 e NY 15 respectivamente (Figura 8).



**Figura 8.** Atividade da polifenoloxidase em inhame minimamente processado acondicionado em embalagens de polipropileno 12 µm (PP 12), polipropileno 4 µm (PP 4) e nylon multicamadas 15 µm (NY 15), mantido a  $5 \pm 2$  °C. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Os inhames acondicionado na embalagem de PP 4 tiveram maiores atividades da PPO em relação às outras embalagens, tornando significativa a partir do 2º dia de conservação (Tabela 2). E nos inhames acondicionados na embalagem de NY 15 a atividades da PPO foi menor a partir do 6º dia (Tabela 2).

**Tabela 2.** Atividade da polifenoloxidase em inhame minimamente processado acondicionado em embalagem de Polipropileno 12  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 12); Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  (PP 4) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15), mantido a  $5 \pm 2$  °C. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Embalagens	PPO ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ de matéria fresca minuto $^{-1}$ )							
	Conservação (dias)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
PP 12	15,3 a*	17,6 b	26,4 b	46,8 b	51,2 b	35,6 b	41,1 b	64,5 b
PP 4	15,3 a	54,6 a	93,9 a	82,1 a	70,3 a	69,1 a	67,8 a	76,7 a
NY 15	15,3 a	22,8 b	30,4 b	37,4 b	44,5 b	21,5 c	17,8 c	28,8 c
Média geral	43,6							
CV (%)	10,6							

\*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferiram entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

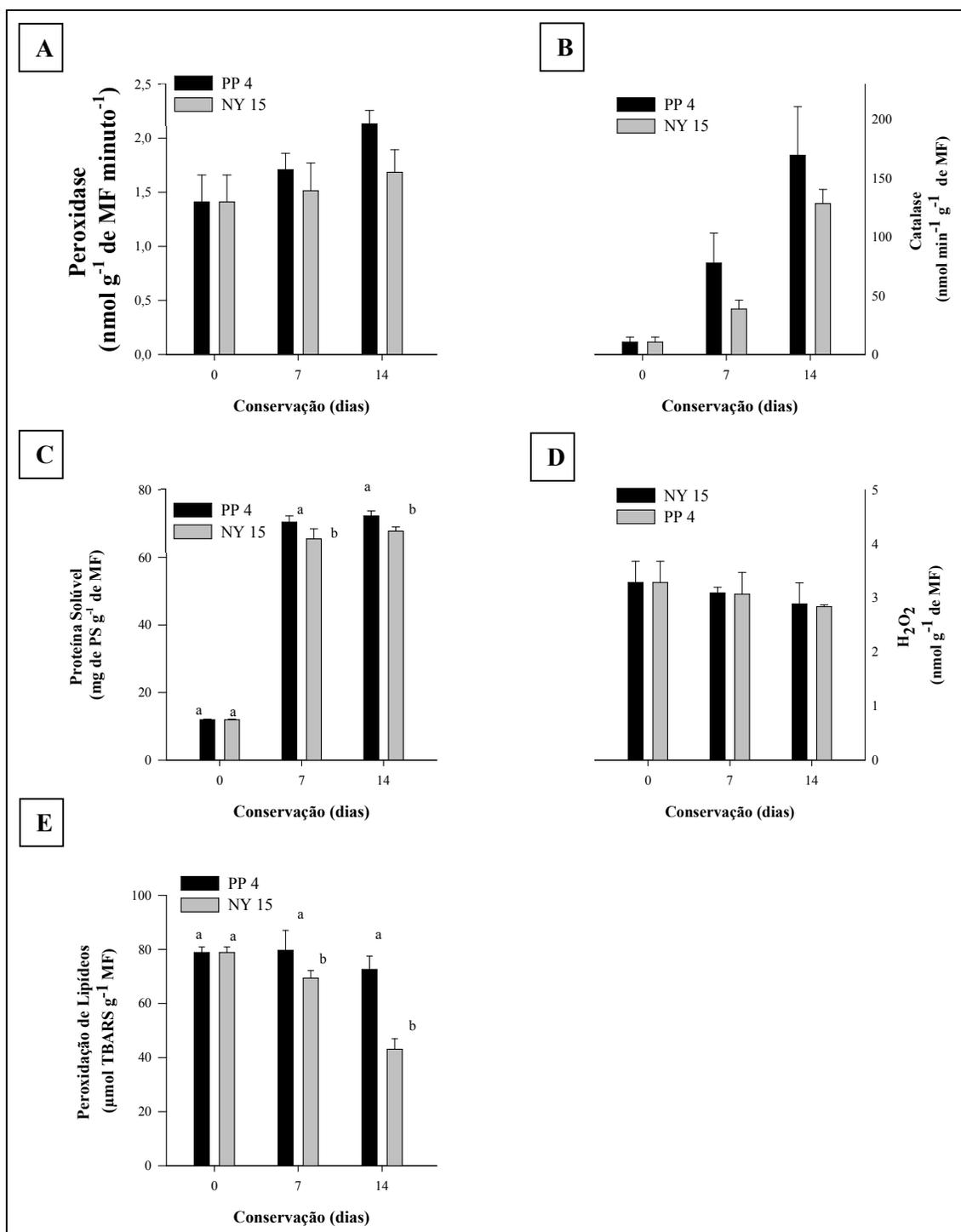
As embalagens PP 12 e PP 4 podem ter facilitado maior permeabilidade ao  $\text{O}_2$ , no qual é um dos requerentes para ativação da PPO (CHITARRA, 2002).

### 3.6 - ATIVIDADE DA PEROXIDASE (POD), CATALASE (CAT), CONTEUDO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), PROTEÍNA SOLÚVEL (PS) E PEROXIDAÇÃO DE LIPÍDEOS

A atividade da peroxidase (POD) aumentou em 33,8 e 16,2% e da catalase (CAT) 93,7 e 91,7% na embalagem PP 4 e NY 15 respectivamente (Figura 9 A e B). Isso evidencia o envolvimento da POD também no escurecimento do tecido inhame mantido em PP 4 mediado pela POD e PPO (Figura 8). Isso indica que os inhames mantidos nessas embalagens sofreram maior dano oxidativo, resultando no escurecimento do tecido, como também verificado por Omidiji & Otubu (2006).

A atividade da CAT aumentou, aproximadamente 16 vezes na embalagem PP 4 e mais de 12 vezes na embalagem NY 15 (Figura 9 A e B). Acredita-se que a maior atividade da PPO e POD nos inhames mantidos na PP 4 pode indicar que houve maior dano oxidativo, aumentando a ação das espécies reativas de oxigênio (EROs). Isso pode ter induzindo maior atividade da CAT para a remoção do  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

A proteína solúvel (PS) aumentou 83,4% na PP 4 e 82,3% na NY 15. O dano oxidativo causado pelas EROs nos inhames minimamente processados não reduziram o conteúdo de PS com a conservação. Houve efeito contrário, e aumentaram independente da embalagem utilizada (Figura 9 C). Porém nos inhames mantidos na embalagem PP 4, houve maior incremento de PS, sendo significativa durante a conservação (Figura 9 C). Possivelmente também pode estar relacionado às atividades da POD e CAT, as quais foram eficientes na remoção do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.



**Figura 9.** Atividade da peroxidase, catalase, e conteúdo de proteína solúvel, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e peroxidação de lipídeos em inhame minimamente processado acondicionado em embalagem de Polipropileno 4 μm de espessura (PP 4) e Nylon multicamadas 15 μm (NY 15), mantido a 5 ± 2 °C. As barras representam o erro padrão da média. Colunas com mesma letra não diferiram entre si. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

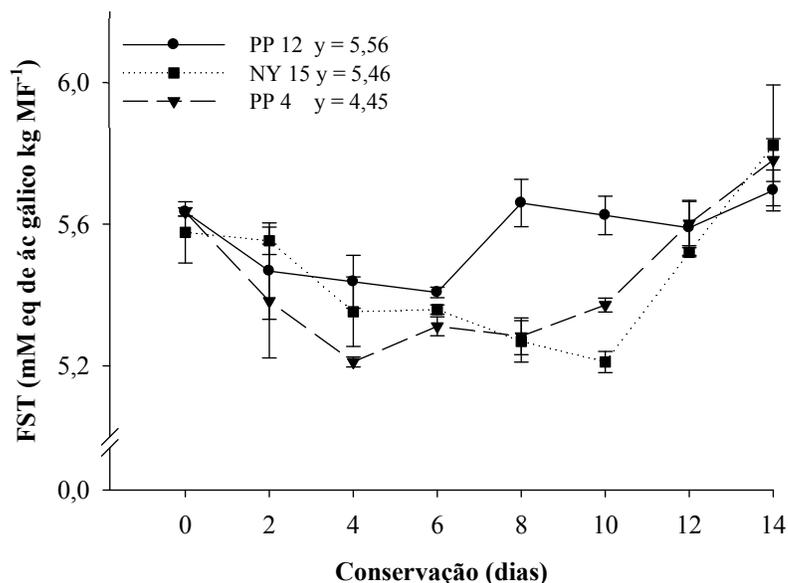
O conteúdo de  $H_2O_2$  nos tecidos de inhame minimamente processado, nas duas embalagens, caiu sutilmente durante a conservação, sendo um pouco mais acentuada nos inhames mantidos na PP 4 (Figura 9 D). Embora as EROs, como o  $H_2O_2$ , sejam subprodutos do metabolismo aeróbico e dos processos fotoxidativos (NOCTOR & FOYER, 1998) no presente estudo não houve incrementos com a conservação. A maior atividade da CAT e POD nos inhames mantidos na PP 4 pode estar relacionado com a maior diminuição do  $H_2O_2$  durante a conservação, pois, essas duas enzimas utilizam o  $H_2O_2$  nas suas reações (FOYER & NOCTOR, 2000). Entre as enzimas protetoras, a CAT mostrou-se mais eficiente, pois apresentou maior incremento na atividade durante a conservação. Isso pode indicar que essa enzima atuou mais na remoção das EROs no inhame minimamente processado.

As EROs podem promover danos ao tecido vegetal, pois, são moléculas muito reativas, que podem causar também desnaturação de proteínas e peroxidação de lipídios (NEILL et al., 2002).

O aumento nos valores de PS pode ter ocorrido devido à síntese de proteína, ao invés da desnaturação, causada pelas EROs (NEILL et al., 2002). Assim como as PS, o oposto também foi observado na peroxidação de lipídeos (TBARS), em que houve diminuição nos valores durante a conservação (Figura 9 E), devido à proteção das peroxidases.

### 3.7 - FENÓIS SOLÚVEIS TOTAIS (FST)

Os fenóis solúveis totais dos inhames minimamente processado caíram até o sexto dia conservação, seguido de aumento até 14 dias (Figura 10). No início, aos 6 dias e aos 14 dias, não verificou-se diferença no conteúdo de compostos fenólicos independente da embalagem estudada (Figura 10). Entre as embalagens ocorreu diferença significativamente entre o quarto e o oitavo dia de conservação (Tabela 3).



**Figura 10.** Fenóis solúveis totais (FST) em inhame minimamente processado, acondicionado em embalagens de polipropileno 12  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 12), polipropileno 4  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 4) e nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  de espessura (NY 15) conservado ( $5 \pm 2$  °C) a 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Os FST nos inhames acondicionados na embalagem de PP 4 caíram durante os primeiros quatro dias, e aumentaram até o 14º dia. Nos inhames mantidos na embalagem de PP 12 o decréscimo ocorreu até o 6º dia, aumentando até 14º dia de conservação (Figura 10). Nos inhames mantidos na embalagem de NY 15 o decréscimo se estendeu até o 10º dia, seguido de incremento até 14 dias. A diminuição nos compostos fenólicos pode estar relacionada à oxidação de difenóis a o-difenóis, e o aumento, com a maior hidroxilação de monofenóis pela enzima polifenoloxidase (MEDEIROS, 2009).

**Tabela 3.** Fenóis solúveis totais (FST) de inhames minimamente processados acondicionados em embalagem de polipropileno 12 µm de espessura (PP 12); polipropileno 4 µm (PP 4) e nylon multicamadas 15 µm (NY 15) mantidos a 5 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 12 e 14 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

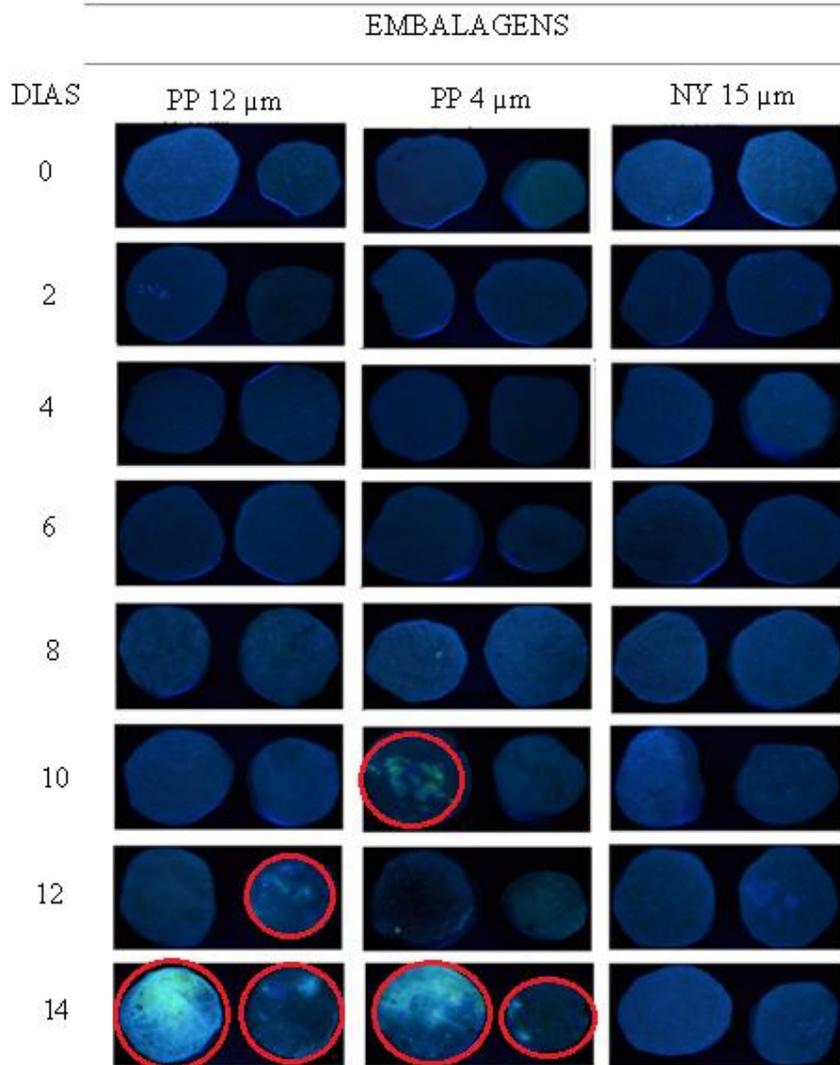
FST (mM eq de ác gálico kg MF <sup>-1</sup> )								
Embalagens	Conservação (dias)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
PP 12 µm	5,63 a*	5,47 a	5,44 b	5,41 b	5,66 a	5,62 a	5,59 a	5,69 a
PP 4 µm	5,63 a	5,38 a	5,21 ab	5,31 a	5,28 b	5,37 a	5,60 a	5,78 a
NY 15 µm	5,63 a	5,55 a	5,35 a	5,36 a	5,27 b	5,21 a	5,52 a	5,82 a
CV (%)	1,64							
Média	5,44							

\*Médias com mesma letra, na coluna, não diferiram entre pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em geral observou-se que os FST aumentaram de 5,63 para 5,77 entre o início e o final da conservação. Esses resultados podem estar relacionados à menor oxidação desses pela polifenoloxidase durante o armazenamento, ou mesmo pela maior síntese pela fenilalanina amônia-liase (SILVA et al., 2009).

### 3.8 - INCIDÊNCIA DE *PSEUDOMONAS* SP.

Houve incidência de *Pseudomonas* sp. nas rodela de inhame a partir do 10º dia de conservação na embalagem PP 4, enquanto que aos 12 e 14 dias na embalagem PP 12 (Figura 11). Não ocorreu incidência de *Pseudomonas* nos inhames mantidos na embalagem NY 15 (Figura 11).

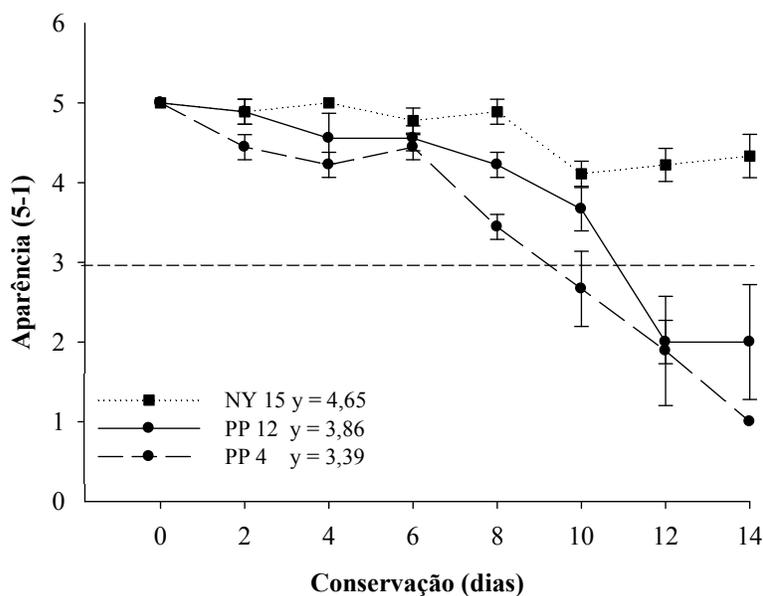


**Figura 11.** Incidência de *Pseudomonas* sp. em inhame minimamente processado acondicionado em embalagens de Polipropileno 12  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 12), Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  (PP 4) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15), mantido a  $5 \pm 2$   $^{\circ}\text{C}$ .

As menores espessuras das embalagens PP 12 e PP 4 podem ter favorecido maior permeabilidade ao  $\text{O}_2$ , favorecendo o desenvolvimento da *Pseudomonas*, visto que as bactérias do gênero *Pseudomonas* possuem metabolismo aeróbio (SILLANKORVA, 2004). Portanto, as embalagens PP 12 e PP 4 pode ter proporcionado atmosfera adequada para o desenvolvimento de *Pseudomonas* e ocorrência de danos oxidativos nas células/tecidos.

### 3.9 - ANÁLISE VISUAL

A qualidade visual dos inhames minimamente processado mantidos nas três embalagens caiu durante a conservação (Figura 12). A queda foi mais intensa nas embalagens PP 12 e PP 4, no qual aos 12 e 14 dias atingiram notas inferior a 3 (Figura 12). Por outro lado, o inhame minimamente processado mantido na NY 15, sempre mantiveram notas acima de 3 (Figura 12). Isso significa que as embalagens PP 12 e PP 4 reduziu mais a qualidade visual do inhame minimamente processado durante a conservação, sendo significativa aos 4; 8; 10; 12 e 14 dias (Tabela 4).



**Figura 12.** Análise visual de inhame minimamente processado embalado em Polipropileno 12  $\mu\text{m}$  de espessura (PP 12); Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  (PP 4) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15) mantido a  $5 \pm 2$   $^{\circ}\text{C}$  por 0; 2 ;4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. A linha horizontal tracejada representa o limite para a comercialização.

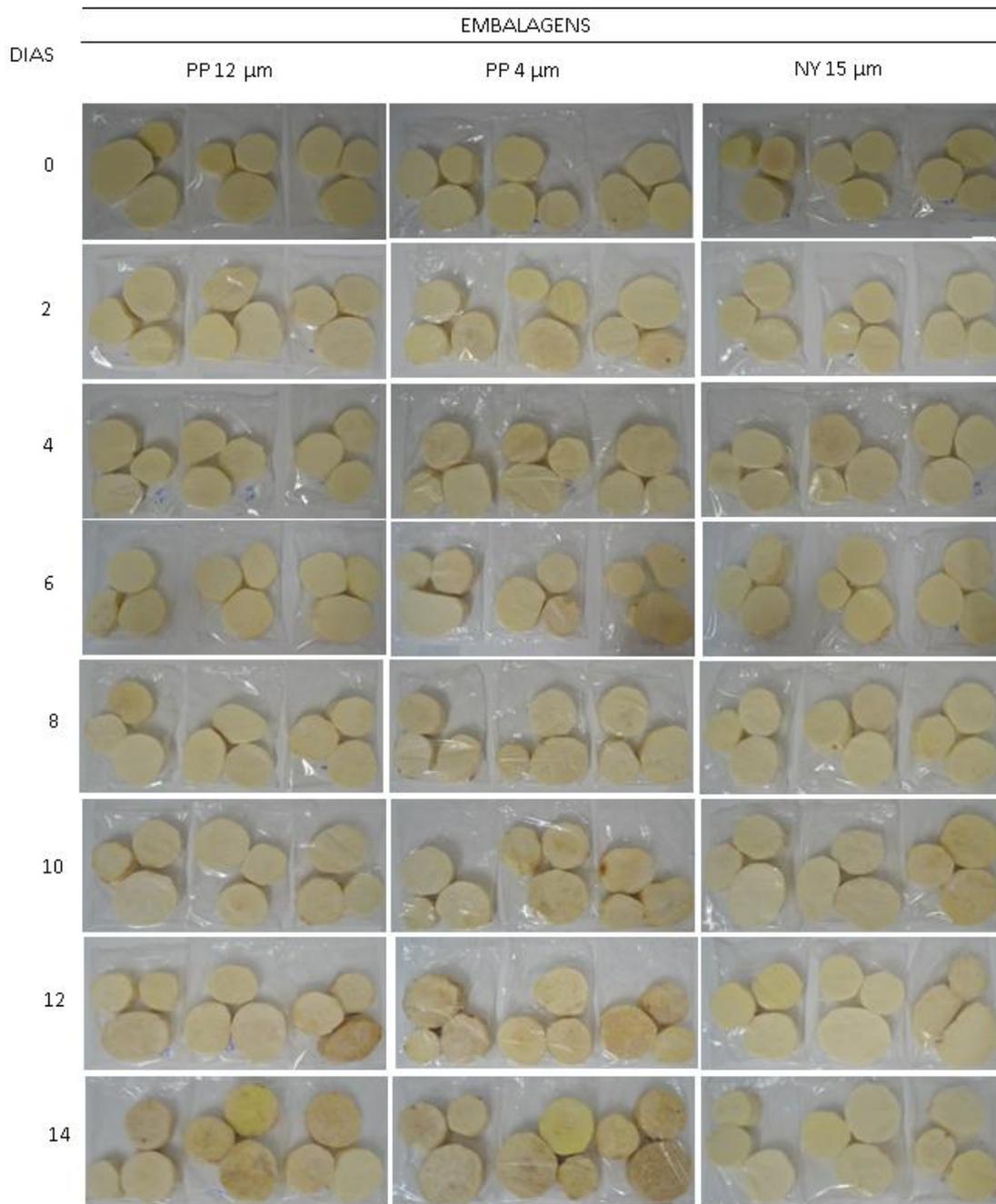
**Tabela 4.** Análise visual de inhame minimamente processado acondicionados em embalagem de polipropileno 12 µm de espessura (PP 12); polipropileno 4 µm de espessura (PP 4) e nylon multicamadas 15 µm de espessura (NY 15) conservado a 5 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8;10; 12 e 14 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Análise Visual (notas)								
Embalagens	Conservação (dias)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
PP 12	5,00 a*	4,89 a	4,53 ab	4,56 a	4,22 a	3,67 a	2,00 b	2,00 b
PP 4	5,00 a	4,43 a	4,22 b	4,44 a	3,44 b	2,67 b	1,89 b	1,00 c
NY 15	5,00 a	4,89 a	5,00 a	4,78 a	4,89 a	4,11 a	3,67 a	4,33 a
Média geral	3,94							
CV (%)	8,69							

\*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferiram entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

As maiores notas dos inhames mantidos na embalagem NY 15 podem estar relacionadas à menor atividade da PPO e POD (Figura 8 e 9 A). Essas enzimas produzem substâncias (melaninas) que promovem o escurecimento superficial de frutas e hortaliças (LAMIKANRA, 2002). Mesmo que o conteúdo de fenóis tenham sido semelhante independente da embalagem, houve maior escurecimento nas rodela mantidas nas embalagens PP 12 e PP 4 (Figura 13). Além disso, a incidência de *Pseudomonas* sp. nos inhames mantidos em PP 12 e PP 4 pode também ter contribuído para diminuir a qualidade visual, pois, essa bactéria produz pigmentos que provoca manchas na superfície do vegetal (SILLANKORVA, 2004).

No presente trabalho, os resultados indicaram que a embalagem Nylon multicamadas 15 µm, de maior barreira, é mais adequada para manter a qualidade do inhame minimamente processado, pois, promoveu menores alterações dos marcadores fisiológicos e biológicos, e conseqüentemente, os sintomas de deterioração durante a conservação.



**Figura 13.** Aparência de inhame minimamente processado embalado em Polipropileno 12  $\mu\text{m}$  (PP 12), Polipropileno 4  $\mu\text{m}$  (PP 4) e Nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  (NY 15) em 14 dias a  $5 \pm 2$   $^{\circ}\text{C}$ . Serra Talhada - PE, UFRPE/UAST, 2014.

#### **4 - CONCLUSÕES**

Entre as embalagens testadas, nylon multicamadas 15  $\mu\text{m}$  de espessura, manteve a qualidade do inhame minimamente processado durante os 14 dias, pois, proporcionou menores alterações dos indicadores fisiológicos e biológicos. Portanto, é mais indicada para a conservação do inhame minimamente processado a  $5 \pm 2$  °C. Nas embalagens polipropileno 12 e 4  $\mu\text{m}$  de espessura, o inhame minimamente processado pode ser conservado por até 6 dias a  $5 \pm 2$  °C.

## REFERÊNCIAS

- ABE, K.; WATADA, A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal Food Science**, v. 56, 1493–1496. 1991.
- ANDRADE, D. P. **Cultivares de mandioca de mesa e idades de colheita: avaliação agronômica e adequação ao processamento mínimo**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). 98 f. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373-399, 2004.
- ARAÚJO, M. L. P.; COELHO, D. G.; ANDRADE, D. P.; BARBOSA, M. L.; SIMÕES, A. N. Avaliação do tempo de centrifugação para ‘minimacaxeiras’ cultivada em princípios agroecológico. In: 52º Congresso Brasileiro de Olericultura – CBO 2012. **Anais...**, Salvador – BA, 2012.
- BEERS JUNIOR, R. F.; SIZER, I. W. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxidase by catalase. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 195, n. 2, p. 133-140, nov.1952.
- BORGES, M. F.; FUKUDA, W. M. G.; ROSSETTI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consume humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1559-1565, 2002.
- BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.
- BRITO, F. A. L.; ARAÚJO, M. L. P.; ANDRADE, D. P.; PUSCHMAN, R.; SIMÕES A. N. **Influence of minimum processing procedures on the quality of sweet cassava**. International Journal of Agriculture Innovations and Research. v. 2. n. 2, 189-196. 2013.
- BRITO, T. T. **Determinação das etapas, fluxograma do processamento e estudo da conservação de inhame minimamente processado**. 2011, 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2011.

- CARNELOSSI, M. A. G.; YAGUIU, P.; REINOSO, A. C. L.; ALMEIDA, G. R. O.; LIRA, M. L.; SILVA, G. F.; JALALI, V. R. R. Determinação das etapas do processamento mínimo de quiabo. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 970-975, 2005.
- CARVALHO, A. V.; LIMA, L. C. O. Qualidade de Kiwis minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 679-685, 2002.
- COELHO, A. F. S. **Qualidade de alface Americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada**. 2001, 104p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- COELHO, C. M. M.; BORDIN, L. C.; SOUZA, C. A.; MIQUELLUTI, D. J. GUIDOLIN, A. F. **Tempo de cocção de grãos de feijão em função do tipo d'água**. Ciência Agrotecnologia, Lavras, v. 33, n. 2, p. 560-566, 2008.
- CHEESEMAN, J. M. Hydrogen peroxide concentrations in leaves under natural conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 10, 2435-2444. 2006.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Processamento mínimo de alface. In: MORETTI, C. L (Ed.). **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE, v. 1, cap. 16, p. 299-342. 2007.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras, MG: UFLA, 2005. 78p.
- CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 78p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.
- DITCHFIELD, C.; TANDINI, C. C.; MACHOSHVILI, I. A. PENNA, T. C. Polyphenoloxidase and POD thermal inactivation kinetics used as indicators for the pasteurization of acidified banana puree (*Musa cavendishii*, Lamb). **Brazilian Journal of Food Technol.** V. 9: p. 77-82, 2006.

DONEGÁ, M. A.; TESSMER, M. A.; MOOZ, E. D.; DALL'ORTO, L. T. C.; SASAKI, F. F. C.; KLUGE, R. A. 2013. **Fresh cut yam stored under different temperatures**. Horticultura Brasileira, v. 31: p. 248-254. 2013.

FAO. FAOSTAT - Agricultural statistics database. [online]. Rome: World agricultural Information centre 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/>> Acesso em: 18 dez. 2013.

FERREIRA-SILVA, S. L. **Mecanismos de proteção oxidativa contra estresses isolados e combinados de seca, salinidade e temperatura elevada em cajueiro**. 2008. 175. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signalling. **New Phytologist**, v. 146: p. 359-388, 2000.

FREIRE, C. S. **Atividade de enzimas oxidativas envolvidas com o escurecimento em mandioca de mesa minimamente processada**. 2014. 63p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2014.

FURTADO, M. C. **Ação de revestimento comestível a base de amido e de antioxidante na conservação de inhame (*Dioscorea* spp.) minimamente processado**. 2013. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2013.

GLOBO REPORTER. Dieta da desintoxicação limpa nosso organismo e emagrece. (Reportagem) 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/globo-reporter/noticia/2013/11/dieta-da-desintoxicacao-limpa-nosso-organismo-e-emagrece.html>>. Acesso em 18 de dez. de 2013.

HAHN, S. K. Yams: *Dioscorea* spp. (*Dioscoreaceae*). In: Evolution of crop plants. Eds. Smartt J, Simmonds NW. **Longman scientific and Technical Essex**. p. 112-120. 1995.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and Stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 125, n.1, p. 189-198. 1968.

HONG, S.; KIM, D. Influence of oxygen concentration and temperature on respiratory characteristics of fresh-cut green onion. **International Journal of food science and technology**, Oxford, v. 36, p. 283-289, 2001.

HUANG, C.; CHIANG, P.; CHEN, Y. WANG, C. R. Chemical compositions and enzyme activity changes occurring in yam (*Dioscorea alata*L.) tubers during growth. **ScienceDirect**. v. 40, p. 1498-1506, 2007.

IBGE. SIDRA - Sistema IBGE de recuperação automática [on line]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. (Censo Agropecuário do Brasil, 2006). Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> acesso em: 18 dez. 2013.

IMLAY, J. A. Pathways of oxidative damage. **Annu Ver Microbiol**, v. 57, p. 395–418. 2003.

ISAMAH, G. K.; ASAGBA, S. O.; THOMAS, A. E. Lipid peroxidation, o-diphenolase, superoxide dismutase and catalase profile along the three physiological regions of *Dioscorea rotundata* Poir cv Omi. **Food Chemistry**, v. 69, p 1-4, 2000.

JUNQUEIRA, M. S. **Conservação de mandioca minimamente Processada no formato “palito”**. 2009. 73p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

LAMIKANRA, O. **Fresh-cut fruits and vegetables; science, technology and market**. CRC Press LLC New York Washington, D. C. 2002.

LANCASTER, P. A.; COURSEY, D. G.. Traditional post-harvest technology of perishable tropical staples. **FAO AGRICULTURAL SERVICES BULLETIN N. 59**. 1984.

LEE, M. Y.; LEE, M. K.; PARK, I. Inhibitory effect of onion extract on polyphenol oxidase and enzymatic browning of taro (*Colocasia antiquorum* var. *esculenta*). **Food Chemistry**, v. 105, p. 528–532, 2007.

MEDEIROS, E. A. A. **Deterioração pós-colheita de mandioca minimamente processada**. 2009. 113p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

MENOLLI, L. N.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; BARBOSA, J. M.; BARROS, R. S. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata-baroa. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v.30, n. 1, p. 57-63, 2008.

MØLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, p. 459-481, 2007.

NEILL, S. J.; DESIKAN, R.; CLARKE, A.; HURST, R. D.; HANCOCK, J. T. Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. **Journal Experimental Botany**, v. 53, p. 1237-1247. 2002.

NEVES, L. C.; SILVA, V. X.; FERRAZ, L. R.; PRILL, M. A. S.; ROBERTO, S. R. Utilização de diferentes embalagens plásticas para a conservação de produto minimamente processado de mangas ‘tommy atkins’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 3, p. 856-864, 2009.

NOCTOR, G.; FOYER, C. H. Ascorbate and glutathione: Keeping Active Oxygen Under Control. **Annual Review of Plant Physiology. Plant Molecular Biology**, v. 49, p. 249–79. 1998.

OLIVEIRA, M. A.; LEONEL, M.; CABELLO, C.; CEREDA, M. B.; JANES, D. A. Metodologia para avaliação do tempo de cozimento e características tecnológicas associadas em diferentes cultivares de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 126-133, 2005.

OMIDIJI, J.; OTUBU, O. The contribution of an ionic peroxidase isozyme to enzymemediated browning in *Dioscorea esculenta* L. tubers. **Pakistan Journal of Nutrition**. v. 5 n. 5: 478-480, 2006.

PEDRALLI, G.; CARMO, C. A. S.; CEREDA, M.; PUIATTI, M. Uso de nomes populares para as espécies de Araceae e Dioscoreaceae no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 530-532, 2002.

PRADO, M. E. T.; CHITARRA, A. B.; BONNAS, D. S.; PINHEIRO, A. C. M.; MATTOS, L. M. Armazenamento de abacaxi ‘Smooth cayenne’ minimamente processado sob refrigeração e atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 1, p. 67-70, 2003.

REYES, L. F.; VILLARREAL, J. E.; CISNEROS-ZEVALLOS L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. **Food Chemistry**, v.101, p.1254–1262, 2007.

SANTOS, E. S.; CAZÉ FILHO, J.; LACERDA, J. T.; CARVALHO, R. A. Inhame (*Dioscorea* sp.)/ Tecnologia de produção e preservação ambiental. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p. 31-36, 2007.

SILLANKORVA, S. A. **Utilização de Bacteriófagos no Controle de Células Suspensas e Biofilmes de *Pseudomonas fluorescens***. 2004. 125p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente) – Universidade do Minho, Braga, 2004.

SILVA, J. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, G. S.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, A. N. P.; ARAÚJO, M. A. M. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.253-257, 2012.

SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; VILAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Boletim do CEPPA**, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2009.

SIMÕES, A. N. **Alterações químicas e atividades de enzimas em folhas de couve inteiras e minimamente processadas**. 2004. 86p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SIMÕES, A. D. N.; COSTA, F. B. C.; CARNELOSSI, M. A. G.; SILVA, E. O.; PUSCHMANN, R. Estratégias para reduzir o estresse do processamento mínimo. **Visão Agrícola**, 7, p. 92–97. 2007.

SCHLIMME, D. V.; ROONEY, M. L. Packing of minimally processed fruits and vegetables. In: WILEY, R.C.(Ed.). **Minimally processed refrigerated fruits & vegetables**. London: Chapman & Hall. 1994. p.135-82.

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables.J. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, n. 81, p. 853-879, 2001.

TOIVONEN, P. M. A. Effects of storage conditions and postharvest procedures on oxidative stress in fruits and vegetables. In: HODGES, D. M. (Ed.). Postharvest oxidative stress in horticultural crops. **New York: Food Products Press**, p. 69-90, 2003.

USDA, National Nutrient Database for Standard Reference Release 26. Nutrient values and weights are for edible portion. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964>>. Acesso em 18 dez. 2013.

VILAS-BOAS, E. V. B. **Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 75p. (Textos acadêmicos). 1999.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 44, p. 116-122. 1990.

XU, J.; DUAN, X.; YANG, J.; BEECHING, J. R.; ZHANG, P. Enhanced reactive oxygen species scavenging by overproduction of superoxide dismutase and catalase delays postharvest physiological deterioration of cassava storage roots. **Plant Physiology**, v. 161, p. 1517-1528, mar. 2013.

ZIMMERMAM, P.; HEINLEIN, C.; ORENDI, G.; ZENTGRA, U. Senescence-specific regulation of catalases in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. **Plant, cell and Environment**, v. 29, p. 1049-1060. 2006.

## **CAPÍTULO 2 – QUALIDADE DO INHAME MINIMAMENTE PROCESSADO EM DUAS TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO**

**RESUMO** – A refrigeração é um dos meios mais tradicionais para manter a qualidade dos produtos vegetais. No entanto, nos centros comerciais do Brasil, as gôndolas mantêm os produtos em temperaturas acima de 5 °C, possivelmente pelo menor custo em energia. A embalagem de nylon multicamadas 15 µm conservou o inhame minimamente processado por 14 dias a 5 ± 2 °C. Acredita-se que o uso dessa embalagem, possa manter a qualidade do inhame, na temperatura de 10 °C, utilizada nos centros comerciais, por um período mais prolongado. O objetivo desse trabalho foi estudar as alterações físico-químicas, bioquímicas e incidência de *Pseudomonas* sp. em inhame minimamente processado conservado a 5 e 10 °C. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em fatorial 2 x 8 (2 temperaturas e 8 dias de análises) com três repetições. O inhame foi selecionado, lavado em água corrente e mantido a 8 °C por 24 horas. Foi descascado e cortado em rodela de aproximadamente 3cm de espessura, enxaguadas em água a 5 ± 2 °C por 5 minutos, sanitizadas (10 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo), imersas em água clorada (5 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo) por cinco minutos e drenadas em escurredores de cozinha. Aproximadamente 300 g de foram embaladas em sacos Nylon multicamadas 15 µm de espessura, nas dimensões de 15cm de largura por 20 cm de comprimento. Foram seladas, pesadas e mantidas em expositor vertical a 5 e 10 ± 2 °C por 14 dias. Avaliou-se a perda de massa, tempo de cocção, pH, açúcares solúveis totais, sólidos solúveis totais, polifenoloxidase, peroxidase, catalase, fenóis solúveis totais, capacidade antioxidante, incidência de *Pseudomonas* sp. e análise visual. As médias entre as temperaturas foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05) e as médias ao longo do tempo foram ajustada quando possível à equação de regressão. A temperatura de 5 °C proporcionou menores perda de massa fresca, tempo de cocção, pH, menores incrementos nos açúcares solúveis totais, sólidos solúveis totais, atividades da polifenoloxidase e peroxidase, e maiores atividade da catalase, teores de fenóis solúveis totais e capacidade antioxidante. Além disso, apresentou menor perda de qualidade visual. Não houve incidência de pseudômonas nos inhames mantidos nas duas temperaturas. A temperatura de 10 °C associado a embalagem de nylon multicamadas 15 µm, pode ser utilizada para conservar o inhame minimamente processado por até 6 dias.

**Palavras-chave:** *Dioscorea* spp., atividade enzimática, conservação pós-colheita.

## QUALITY YAM MINIMALLY PROCESSED IN TWO TEMPERATURES OF STORAGE

**ABSTRACT** – Refrigeration is one of the most traditional ways to maintain the quality of plant products. However, the commercial centers of Brazil, gondolas keep the product at temperatures above 5 °C, possibly due to lower energy cost. The packaging multilayer nylon yam 15 µm kept minimally processed for 14 days at 5 ± 2 °C. It is believed that the use of this packing can maintain the quality of the yam, at a temperature of 10 °C, used in shopping centers, for a longer period. It is believed that the use of this packing can maintain the quality of the yam, at a temperature of 10 °C, used in shopping centers, for a longer period. The aim of this study was to investigate the physico-chemical, biochemical and incidence of *Pseudomonas* sp. in minimally processed yam maintained at 5 and 10 °C. The experimental design was completely randomized in factorial design 2 x 8 (2 temperatures and 8 days of analyzes) with three replications. The yam was selected, washed in tap water and kept at 8 °C for 24 hours. Was peeled and cut into slices about 3cm thick, washed in water at 5 ± 2 °C for 5 minutes, sanitized (10 mg L<sup>-1</sup> of active chlorine), immersed in chlorinated water (5 mg L<sup>-1</sup> of active chlorine) for five minutes and then drained on kitchen colanders. Approximately 300 g were packed in bags Nylon multilayer 15 µm thick, dimensions 15 cm wide by 20 cm long. Were sealed, weighed and kept in vertical exhibitor to 5 and 10 ± 2 °C for 14 days. We evaluated the weight loss, cooking time, pH, total soluble sugars and total soluble solids, polyphenol oxidase, peroxidase, catalase, total soluble phenolics, antioxidant capacity, incidence of *Pseudomonas* sp. and visual analysis. The mean between the temperatures were compared by Tukey test (P<0,05) and average over time were adjusted where possible to the regression equation. The temperature of 5 °C gave lower fresh mass loss, cooking time, pH, smaller increases in total soluble sugars, total soluble solids, polyphenol oxidase and peroxidase activities, and increased catalase activity, total soluble phenolics and antioxidant capacity. Moreover, showed lossless visual quality. There was no incidence of *Pseudomonas* in yams kept both temperatures. A temperature of 10 °C associated with multilayer packaging nylon 15 microns can be used to retain the yam minimally processed up to 6 days.

**Keywords:** *Dioscorea* spp, enzymatic activity, postharvest conservation.

## 1 - INTRODUÇÃO

No Brasil a produção do inhame (*Dioscorea* spp.) gira entorno de 244 mil toneladas, em 25 mil hectares (FAOSTAT, 2011). A região Nordeste concentra a maior produção, cerca de 90 %, nos Estados da Paraíba, Bahia, Alagoas, Sergipe, Maranhão e Pernambuco (SANTOS et al., 2007).

A comercialização do inhame é feita sem nenhum beneficiamento como limpeza, seleção, padronização, dentre outros. As perdas durante a comercialização são ocasionadas por insetos, microrganismos e o transporte inadequado (PEIXOTO NETO et al., 2000). Além disso, a forma como os tubérculos são mantidos para comercialização com solo e matéria orgânica aderidos na superfície, diminui o valor de mercado e a conservação.

O processamento mínimo é uma alternativa para agregar maior valor ao inhame. No processamento mínimo, partes não comestíveis são retiradas, deixando o produto pronto para o consumo ou preparo (ROLLE & CHISM, 1987; HOWARD & GRIFFIN, 1993). Porém, as alterações físicas causadas pelo processamento mínimo promovem respostas fisiológicas semelhantes a plantas sob estresses (BRECHT, 1995), como aumento da respiração na produção de etileno (WATADA, 1990), nas reações enzimáticas e intensificação da desidratação (BRECHT, 1995) entre outras.

O inhame após o corte escurece rapidamente, iniciando com manchas amarronzadas na superfície. Na mandioca de mesa, há um aumento na produção de EROS que promove a desestruturação das membranas celulares, dando início à deterioração (XU et al., 2013). Em mandioca minimamente processada ocorre redução nos sólidos solúveis totais e fenóis solúveis totais, e aumento na atividade da polifenoloxidase e peroxidase. Em inhame minimamente processado, a desidratação resulta na deposição de amido na superfície, causando um aspecto esbranquiçado (DONEGÁ et al., 2013). Além disso, há um aumento nos sólidos solúveis totais, compostos fenólicos, redução do pH e aumento na atividade da polifenoloxidase (FURTADO, 2013), diminuição no tempo de cocção, incidência de *Pseudomonas* sp., aumento na atividade da peroxidase e catalase. Essas alterações diminuem a qualidade do inhame.

Estudos recentes foram realizados com inhame minimamente processado, determinando as etapas do processamento mínimo e a conservação (BRITO, 2011), utilizando revestimento comestível (FURTADO, 2013), embalagens com diferente permeabilidade (ANDRADE, 2012), temperaturas de refrigeração durante a conservação (DONEGÁ et al., 2013) e embalagens alternativas (CAPÍTULO 1).

A temperatura adequada durante a conservação pode minimizar os danos causados pelo corte no inhame. Com uma redução de 10 °C na temperatura de armazenamento, o metabolismo dos alimentos chega a diminuir cerca de duas ou três vezes (BRECH, 1995). A atividade enzimática pode ser minimizada pelo controle na temperatura (FATIBELLO-FILHO & VIEIRA, 2002). A refrigeração é um dos meios mais tradicionais para reduzir a atividade da enzima PPO (SILVA et al., 2009). Apesar disso, nos supermercados e centros comerciais do Brasil, as gôndolas mantêm os produtos em temperaturas acima de 5 °C, possivelmente pelo menor custo em energia.

A embalagem de nylon multicamadas 15 µm conservou o inhame minimamente processado por 14 dias a 5 °C. Acredita-se que o uso dessa embalagem, possa manter a qualidade do inhame, na temperatura de 10 °C, utilizada nos centros comerciais, por um período mais prolongado, próximo ao tempo alcançado dos inhames mantidos a 5 °C.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi estudar as alterações físico-químicas, bioquímicas e incidência de *Pseudomonas* sp. em inhame minimamente processado conservado a 5 e 10 °C.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA E RESFRIAMENTO

O inhame fisiologicamente maduro foi adquirido de produtores da região de Petrolina – PE. Foi levado para a Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, foi selecionado pelo tamanho, aparência visual, integridade, descartando aqueles danificados. Foram lavados em água corrente e mantidos a 8 °C por 24 horas.

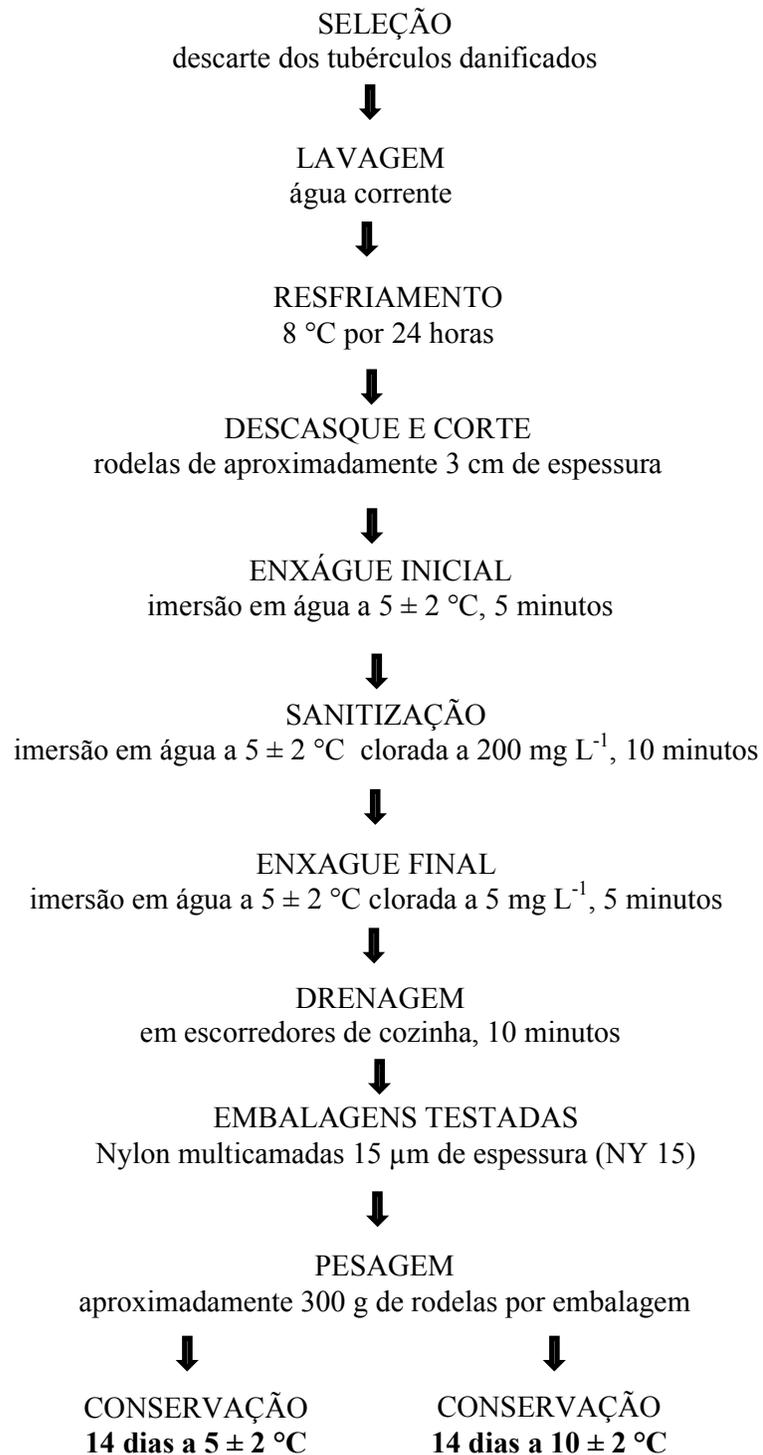
### 2.2 - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 8, em que o primeiro fator correspondeu a duas temperaturas 5 e 10 ± 2 °C. O segundo fator correspondeu aos tempos de conservação 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias.

### 2.3 - PROCESSAMENTO MÍNIMO E CONSERVAÇÃO

O processamento mínimo foi adaptado segundo metodologia descrita por Brito (2011) (Figura 1).

Os tubérculos foram descascados e cortados em rodela de aproximadamente 3cm de espessura com auxílio de facas de aço inox, previamente higienizadas em solução de cloro a 200 mg L<sup>-1</sup> (Dicloroisocianurato de Sódio). As rodela foram imersas em água a 5 ± 2 °C por 5 minutos para enxágue inicial; sanitizadas, imergindo aproximadamente 2 kg de rodela em água clorada a 200 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo (Dicloroisocianurato de Sódio) durante dez minutos; e seguido de imersão em água clorada a 5 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo (Dicloroisocianurato de Sódio) durante cinco minutos para o enxágue final. A drenagem foi realizada em escuradores de cozinha durante dez minutos.



**Figura 1.** Fluxograma geral das etapas do processamento mínimo de inhame.

Aproximadamente 300 g de rodela foram embaladas em sacos de Nylon multicamadas 15 µm de espessura (NY 15), nas dimensões de 15 cm de largura por 20 cm de comprimento. As embalagens foram seladas em seladora modelo Plasmatic; pesadas em balança semi-analítica (modelo 110 CLASSE II) e mantidas em expositor vertical com circulação forçada de ar na temperatura de 5 e 10 ± 2 °C por 14 dias.

## 2.4 - AVALIAÇÕES FÍSICAS

Após o processamento mínimo, e a cada dois dias, as rodela foram analisadas como descrito abaixo.

### 2.4.1 - Perda de Massa Fresca (PMF)

Obtida por gravimetria em balança semi-analítica (ARD110 OHAUS). A porcentagem de massa fresca perdida foi estimada a partir da diferença entre a massa inicial (início, dia 0) e a massa final, correspondente ao dia de avaliação, que foram aos 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias. Dessa forma, calculou-se a perda de massa fresca (PMF).

$$PMF = \frac{MFI - MFF}{MFF} \times 100$$

Em que:

PMF = perda de massa fresca (%)

MFI = massa fresca inicial (g)

MFF = massa fresca final (g)

### 2.4.2 - Tempo de cocção

Realizado segundo metodologia adaptada de Andrade (2013). Em recipiente inox com capacidade para 2 litros, foi adicionados 1 L de água e mantido em fogo brando de fogão de cozinha. Após fervura da água foi adicionado 100 g de rodela de inhame e imediatamente tampada. A cada 10 minutos, o recipiente foi aberto para penetração das rodela com um garfo doméstico.

O grau de cozimento do inhame foi estabelecido como o tempo necessário para o amolecimento do tecido, percebido com a fácil penetração da superfície da rodela. Assim, quando o tecido ficou macio, a cocção foi interrompida.

## 2.5 - AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

### 2.5.1 - Extração e determinação do pH e Sólidos solúveis totais

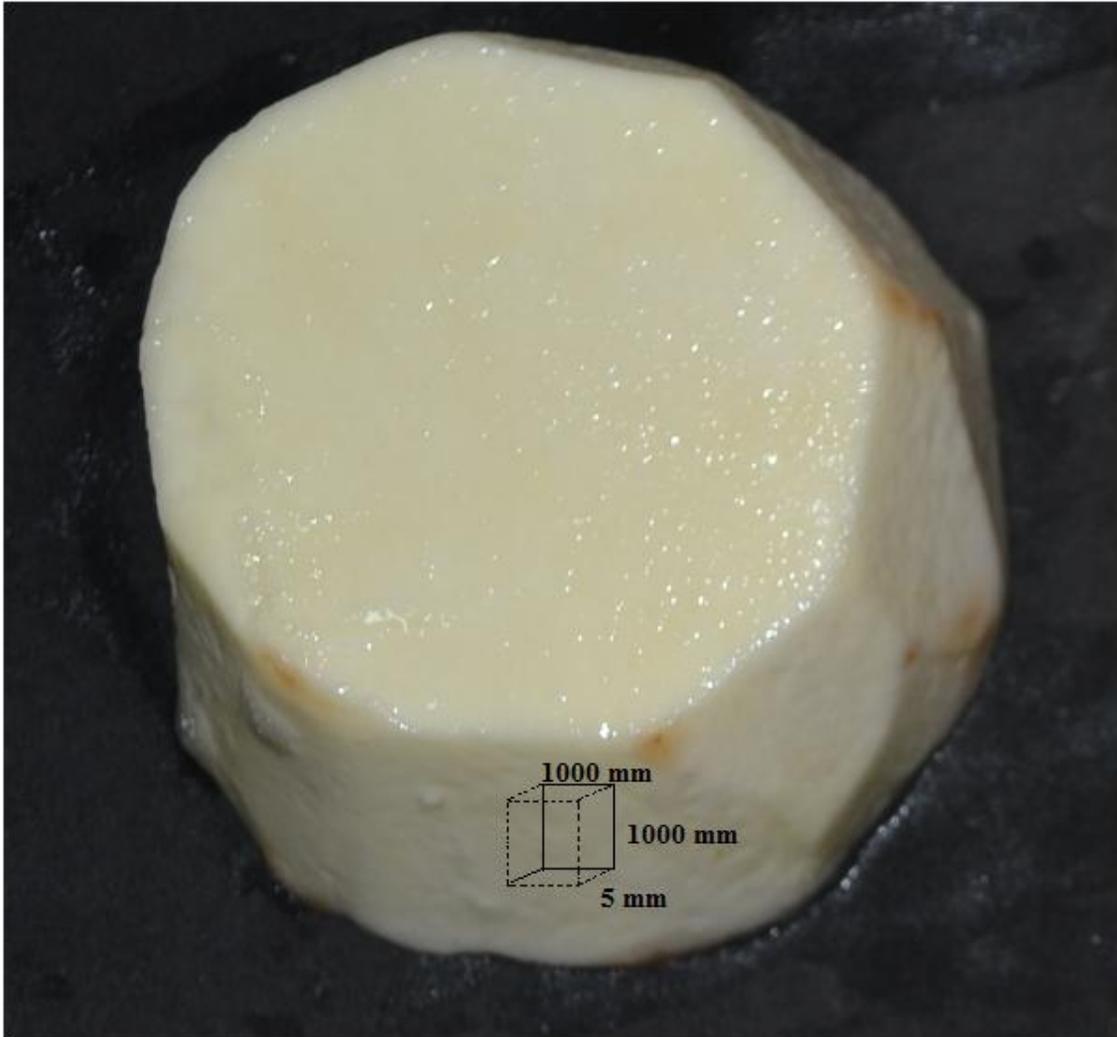
Aproximadamente 30 gramas de rodela de inhame foram maceradas em almofariz. O macerado foi prensado com auxílio de gase e o suco obtido foi adicionado no prisma de um refratômetro digital (Atago 'Since 1940 Tokyo') com compensação da temperatura e os resultados obtidos em porcentagem.

O pH foi determinado com um auxílio de um potenciômetro digital de bancada (PHS-3BW) previamente calibrado, utilizando o suco celular extraído.

## 2.6 - AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS

### 2.6.1 - Extração e ensaio da Polifenoloxidase (EC 1.14.18.1; PPO) e Peroxidase (EC 1.11.1.7; POD)

A extração da PPO e POD seguiu metodologia descrita por Silva (1981) adaptada por Simões (2004). Foi realizada a partir da retirada de 0,25 g com aproximadamente 5 mm de espessura no lado equatorial da rodela de inhame (Figura 2). Macerou-se em almofariz com 6 mL de tampão fosfato (0,2 M, pH 6,0) mantido previamente a 4 °C. O homogeneizado foi centrifugado a 9.000 g por 21 min a 4 °C.



**Figura 2.** Secções de rodela de tubérculo de inhame. O retângulo pontilhado 1000; 1000 e 5 mm representam a amostragem feita para realizações das análises laboratoriais.

- PPO

O ensaio da PPO seguiu a metodologia de Coelho (2001). Foi utilizada uma mistura de 1 mL de tampão fosfato (0,2 M, pH 6,0) e 1,5 mL de catecol (0,2 M) como substrato. A essa mistura foram adicionados 50  $\mu\text{L}$  do extrato enzimático (sobrenadante). As leituras foram realizadas a 425 nm durante 2 minutos em intervalos de 30 segundos.

A atividade da PPO foi estimada utilizando o coeficiente de extinção molar de 1300  $\text{mM cm}^{-1}$ . Para o branco foi utilizado o extrato enzimático fervido durante 10 min em banho-maria (Modelo TE-054/te-056 © TECNAL). Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de matéria fresca por minuto.

- POD

O ensaio da POD foi realizado por meio de uma mistura de 1 mL de tampão fosfato 0,2 M, pH 6 e 10 mL do extrato enzimático. A essa mistura foi adicionado 100  $\mu$ L de guaiacol (0,5 %) e 100  $\mu$ L de peróxido de hidrogênio (0,08 %) como substrato. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 470 nm por um período de 2 minutos, com intervalos de 30 segundos.

A atividade da POD foi estimada utilizando o coeficiente de extinção molar de 36,8  $\text{mM cm}^{-1}$ . Para o branco foi utilizado o extrato enzimático fervido durante 10 min em banho maria. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de matéria fresca por minuto.

#### 2.6.2 - Extração e ensaio da Catalase (EC: 1.11.1.6; CAT)

A extração e atividade da catalase foram determinadas segundo metodologia descrita por Beers Júnior e Sizer (1952).

A extração ocorreu a partir de uma amostra de 0,25 g retirada no lado equatorial da rodela de inhame (Figura 2). Macerou-se em almofariz contendo 6 mL de tampão fosfato (pH 7). Centrifugou-se a 9.000 x g durante 21 minutos a 4 °C para a obtenção do extrato.

O ensaio da CAT foi realizado a partir de uma alíquotas de 0,05 ml do extrato, no qual foram adicionadas a 2,95 ml de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 7,0), contendo  $\text{H}_2\text{O}_2$  (20 mM). A determinação foi realizada a 30 °C, a partir da queda da absorbância a 240 nm durante 3 minutos, com leituras sucessivas a cada 30 segundos. A atividade da enzima foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de 36  $\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$  para o  $\text{H}_2\text{O}_2$ , e expressa em  $\text{nmol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{MF min}^{-1}$ .

#### 2.6.3 - Extração e quantificação dos Fenóis Solúveis Totais (FST)

A extração e quantificação dos FST foram realizados de acordo com Reyes et al. (2007) com modificações. A extração foi feita macerando 1 g das rodela de inhame com aproximadamente 1000; 1000 e 5 mm na região equatorial da rodela (Figura 2), macerada em almofariz com 10 mL de metanol. Em seguida, as amostras permaneceram em repouso por 24 horas no escuro a 4 °C. O homogeneizado foi centrifugado a 9000 g, a 2 °C durante 21 minutos.

As concentrações para confecções da curva de calibração foram alcançadas a partir da adição dos volumes da solução estoque de ácido gálico (2 mM), metanol (PA), água destilada,

da solução diluída de Folin-Ciocalteu [1000 µL do reagente de Folin (2N) em 9 mL de água destilada] e solução de carbonato de sódio (1N) em tubos de ensaio com tampa (Tabela 1). Os tubos foram agitados em por 20 segundos. Em seguida, mantidos no escuro à temperatura ambiente por 2 horas. Após esse período, realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Libra S8; Biochorom) no comprimento de onda de 725 nm e os resultados foram expressos em µg de FST g<sup>-1</sup> de matéria fresca.

**Tabela 1.** Concentração e volumes de ácido gálico, metanol, água destilada, Folin-Ciocalteu e Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> em tubos de ensaio para a confecção calibração.

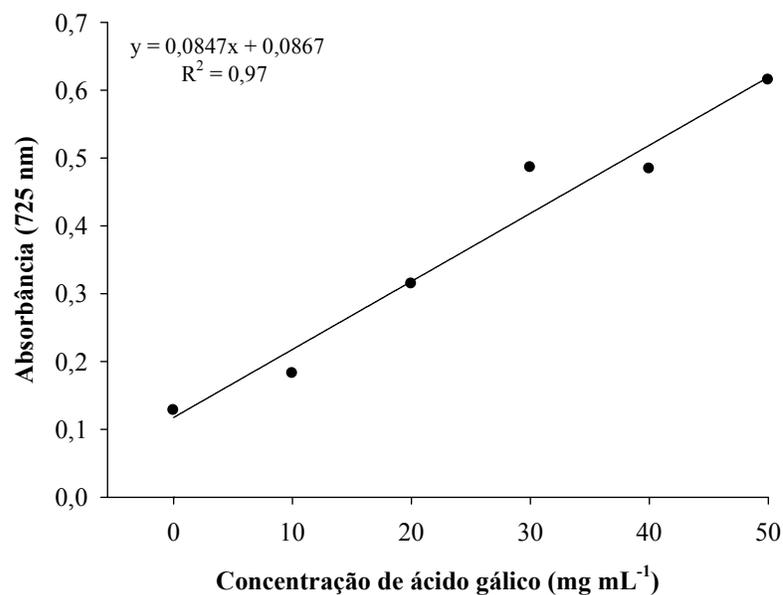
Ácido gálico, mM	Ácido gálico, µL	Metanol, µL	Água destilada, mL	Folin-Ciocalteu <sup>1</sup> , µL	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> <sup>2</sup> , µL
0,0	0	150	2,4	150	300
0,2	15	135	2,4	150	300
0,4	30	120	2,4	150	300
0,6	45	105	2,4	150	300
0,8	60	90	2,4	150	300
1,0	75	75	2,4	150	300

1 - Folin-Ciocalteu concentração 2N;

2 - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub><sup>2</sup>: Carbonato de Sódio concentração 1N.

A quantificação dos FST foi realizada com base na curva de calibração com diferentes concentrações de ácido gálico (Figura 3).

Os resultados foram expressos em µg de FST g<sup>-1</sup> de matéria fresca e foram utilizados para confeccionar a curva padrão (Figura 2).



**Figura 2.** Absorbância a 725 nm em função da concentração de ácido gálico para a confecção da curva de calibração.

#### 2.6.4 - Ensaio da Capacidade Antioxidante (CPA)

A capacidade antioxidante foi determinada no extrato metanólico utilizado para quantificação dos fenóis solúveis totais, segundo a metodologia descrita por Brand-Wiliams et al. (1995), modificado por Sánchez-Moreno (2002).

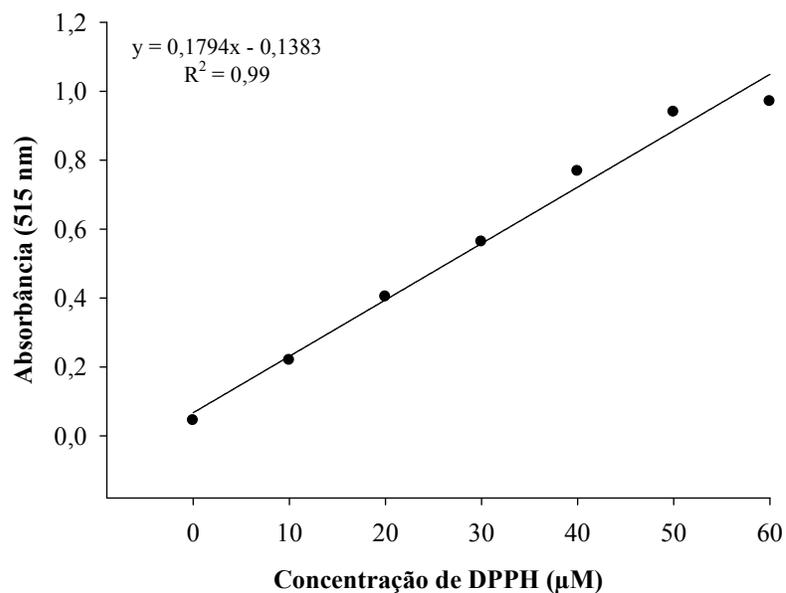
O ensaio foi realizado em tubo de ensaio, adicionando uma alíquota de 200 µL do extrato metanólico mais 3800 µL da solução de DPPH 60 µM. A mistura foi agitada em vórtex, e deixada em repouso reagindo por 30 minutos no escuro. A leitura foi realizada em espectrofotômetro na absorbância de 515 nm. Como controle, foi utilizado a solução de DPPH 112 µM adicionado de 200 µL de metanol.

A capacidade antioxidante foi determinada com base na curva padrão de DPPH. Para a confecção da curva foram colocados em tubos de ensaio os volumes da solução de DPPH (60 µM) e álcool metílico (PA) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Concentração de DPPH e volumes da solução de DPPH e álcool metílico, em tubos para confecção da curva de calibração.

Concentração de DPPH $\mu\text{M}$	Volume da Solução de DPPH, mL	Volume de álcool, mL
0	0,00	1,00
10	1,70	8,30
20	3,30	6,70
30	5,00	5,00
40	6,70	3,30
50	8,30	1,70
60	10,00	0,00

Os tubos foram agitados em vórtex e deixados em repouso por 30 minutos no escuro. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 515 nm. Os resultados foram utilizados para confeccionar a curva de calibração (Figura 3).



**Figura 3.** Absorbância a 515 nm em função da concentração de DPPH para a confecção da curva de calibração.

A capacidade antioxidante foi determinada pela capacidade de sequestrar o radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), e expressa em mg de matéria fresca por g de DPPH.

## 2.7 - Extração e ensaio dos Açúcares Solúveis Totais (AST)

A extração e ensaio dos AST foram pelo método de antrona, seguindo a metodologia descrita por Dischie (1962).

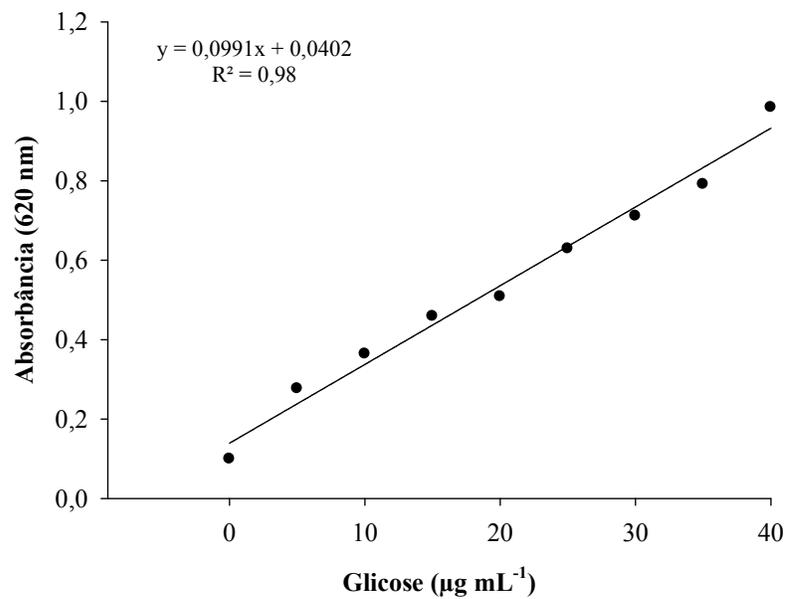
A extração foi realizada por meio de 1 g com aproximadamente do lado equatorial da rodela de inhame (Ver Figura 2, página 31). A amostra foi macerada em almofariz, e o homogeneizado foi diluído em 100 mL de água destilada. Em seguida a amostra diluída foi centrifugada a 2500 g por 10 minutos.

O ensaio dos AST ocorreu por meio de uma alíquota de 1 mL do sobrenadante, colocado em tubos de ensaio com tampa mais 1 mL da solução de antrona (1 %), (100 mg de antrona mais 100 mL de ácido sulfúrico concentrado). Os tubos de ensaio foram deixados em banho-maria fervente por 8 minutos. Após foram esfriados em banho de gelo e a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm.

A determinação dos AST baseou-se em uma curva padrão de glicose. Para a confecção da curva, volumes da solução padrão de glicose (0,1 %) foi adicionada em tubos de ensaio, mais volumes de água destilada e antrona (Tabela 3). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm, e os resultados foram utilizados para confeccionar a curva de calibração (Figura 4).

**Tabela 3.** Concentração de glicose e volumes de água destilada e antrona em tubos para confecção da curva padrão.

Concentração de glicose, $\mu\text{g mL}^{-1}$	Volume da solução de glicose, mL	Volume de Água, mL	Volume de antrona, mL
0	0,00	1,00	2,00
5	0,05	0,95	2,00
10	0,10	0,90	2,00
15	0,15	0,85	2,00
20	0,20	0,80	2,00
25	0,25	0,75	2,00
30	0,30	0,70	2,00
35	0,35	0,65	2,00
40	0,40	0,60	2,00



**Figura 4.** Absorvância a 620 nm em função da concentração de glicose para a confecção da curva de calibração.

#### 2.8 - Incidência de *Pseudomonas* sp.

Duas rodelas de inhame representativa de cada tratamento foram separadas para captura de fotos, utilizando câmera digital semi-profissional modelo Nikon D3100 (14,2 megapixels), em câmara escura com incidência de luz ultravioleta a 365 nm e potência 230 V 50/60 Hz.

#### 2.9 - Análise visual

A análise visual foi realizada por um painel treinado com base em uma escala subjetiva de notas variando de 5 a 1 (Quadro 1), com adaptações de Andrade (2013).

**Quadro 1.** Notas, critérios e imagens para quantificação da análise visual em rodela de inhame minimamente processado. Ao lado direito, fotos ilustrando a aparência conforme os critérios utilizados.

Notas	Critérios	Imagens
5	Rodela com superfície branca característica, nenhum indício de manchas amarronzadas, aparência e odor excelentes para o consumo.	
4	Rodela com mudança na tonalidade da cor, em relação ao dia inicial, mas com qualidade para comercialização.	
3	Rodela com até 10% de sua superfície com moderada intensidade de manchas amarronzadas. Limite de aceitação.	
2	Rodela com aproximadamente 50 % da área com coloração amarronzada na superfície, impróprias para o consumo e embalagens estufada com provável acúmulo de gases.	
1	Rodela com todos os sintomas descritos, além de odor alcoólico; totalmente impróprio para o consumo.	

## 2.10 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias entre as temperaturas foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), com uso do programa computacional Sisvar. Os tempos de conservação foram ajustados, quando possível, à equação de regressão com uso do programa Table Curve. Os gráficos foram confeccionados no programa SigmaPlot versão 10.0.

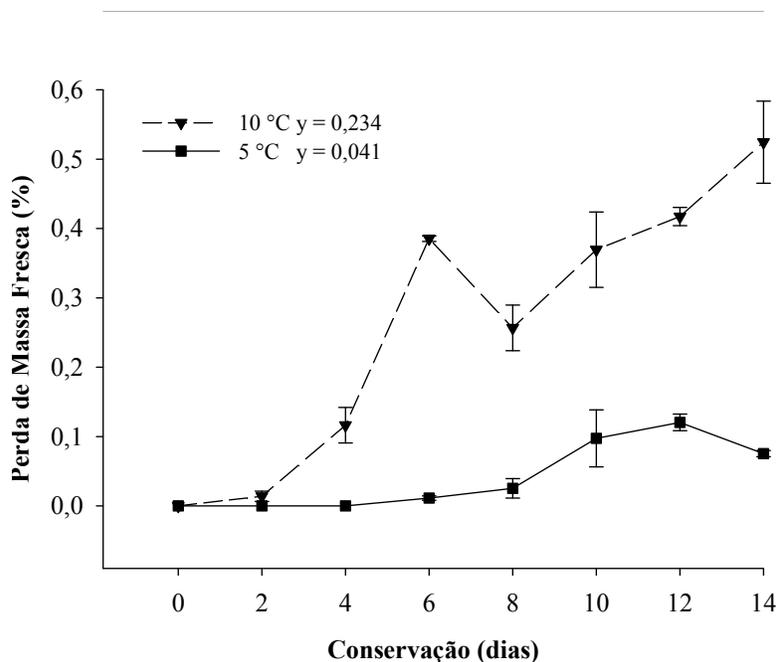
### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre os fatores temperaturas e tempo de conservação para perda de massa fresca, tempo de cocção, sólidos solúveis totais, pH, polifenoloxidase, peroxidase e capacidade antioxidante. Houve efeito isolado para análise visual, catalase, fenóis solúveis totais e açúcares solúveis totais.

Para as variáveis que não apresentaram interações significativas entre os fatores e não ajustaram a equação de regressão, optou-se por demonstrar os resultados em gráficos de médias com os desvios-padrão, pois, apesar de não ocorrer interação, verificou-se que as mínimas diferenças podem possuir explicações biológicas.

#### 3.1 - PERDA DE MASSA FRESCA (PMF)

Verificou-se aumento de PMF para os inhames minimamente processados mantidos a 5 e 10 °C (Figura 5). Além disso, nos pedaços mantidos a 10 °C, a PMF foi mais intensa, tornando significativa a diferença a partir de 4 dias (Tabela 4).



**Figura 5.** Perda de massa fresca em inhame minimamente processado mantido a 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

**Tabela 4.** Perda de massa fresca de inhame minimamente processado mantido a 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Temperaturas	Perda de massa fresca (%)							
	Conservação (dias)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
5 °C	0,00 a*	0,000 a	0,000 b	0,007 b	0,017 b	0,063 b	0,083 b	0,053 b
10 °C	0,00 a	0,007 a	0,077 a	0,113 a	0,170 a	0,247 a	0,280 a	0,350 a
Média geral	0,092							
CV (%)	34,61							

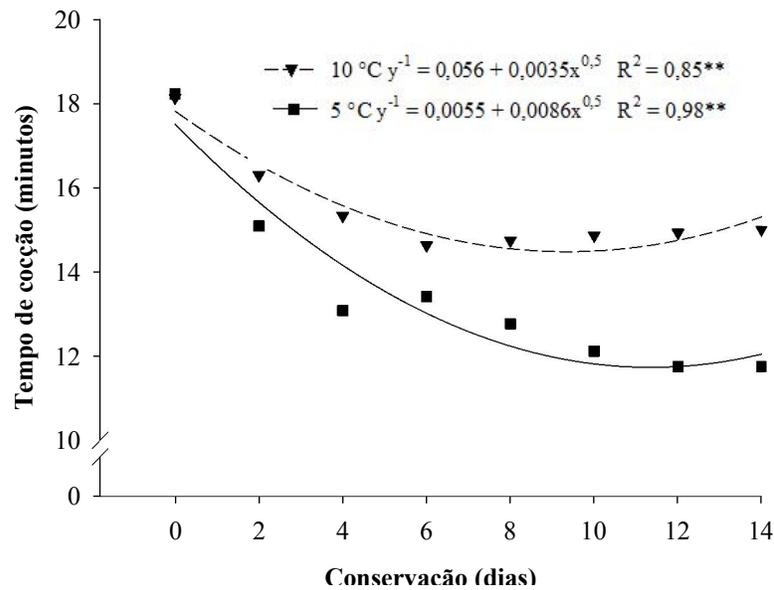
\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferiram entre pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se que no inhame minimamente processado a 10 °C a desidratação foi mais intensa, 0,35% para 10 °C e 0,053% para 5 °C (Figura 5). Resultados semelhantes também foram observados em folhas de couve minimamente processadas mantidas a 5 e 10 °C (SIMÕES et al., 2010). A temperatura de 10 °C pode ter intensificado a perda de massa devido ao aumento da atividade metabólica (CARNELOSSI et al., 2005).

A PMF dos inhames mantidos a 5 °C não ultrapassou os 0,1%, valores inferiores aos encontrados por Donegá et al. (2013), com o inhame minimamente processado em filme de PVC, no qual também observaram deposição de amido na superfície e consequentemente esbranquecimento, causado pela desidratação. No presente trabalho não foi observado esses sintomas.

### 3.2 - TEMPO DE COCÇÃO (TC)

O tempo de cocção dos inhames minimamente processados reduziu durante a conservação dos pedaços de inhame, nas duas temperaturas (Figura 6). Além disso, a redução no tempo de cocção foi mais intensa no inhame mantido a 5 °C do que no conservado a 10 °C (Figura 6). Iniciando com um tempo médio de 18,14 minutos, e aos 14 dias 11,67 e 15,00 minutos nos pedaços mantidos a 10 e 5 °C, respectivamente (Figura 6).



**Figura 6.** Tempo de cocção de inhame minimamente processado mantido 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Verificou-se que os inhames mantidos a 10 °C demoraram mais a cozinhar em relação aos inhames mantidos a 5 °C (Figura 8), de forma significativa nos 4; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação (Tabela 5). Possivelmente o maior TC dos inhames minimamente processados mantidos a 10 °C pode estar relacionado a maior desidratação desses pedaços, como também observado no capítulo 1, assim como, por Oliveira et al. (2005), em mandioca de mesa. Esses autores verificaram que o maior conteúdo de água absolvido durante o cozimento diminuiu o tempo de cocção.

**Tabela 5.** Tempo de cocção de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Temperaturas	Tempo de cocção (minutos)							
	Conservação (dias)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
5 °C	18,1 a*	15,0 a	13,0 b	13,3 a	12,6 b	12,0 b	11,6 b	11,6 b
10 °C	18,1 a	16,3 a	15,3 a	14,6 a	14,7 a	14,8 a	14,9 a	15,0 a
Média geral	14,4							
CV (%)	5,5							

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferiram entre pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Coelho et al. (2008) verificaram que o tempo de cocção de feijão *Phaseolus vulgaris* foi influenciado pela velocidade de hidratação dos grãos. Portanto, é possível que inhames mantidos a 10 °C demorou mais para absorver água durante o cozimento, aumentando o tempo necessário para alcançar a cocção. Além disso, a temperatura de 10 °C pode ter potencializado alguns mecanismos de defesa, causando maior deposição de lignina nas paredes das células danificadas, e isso pode ter dificultado a reidratação das rodela de inhame.

### 3.3 - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

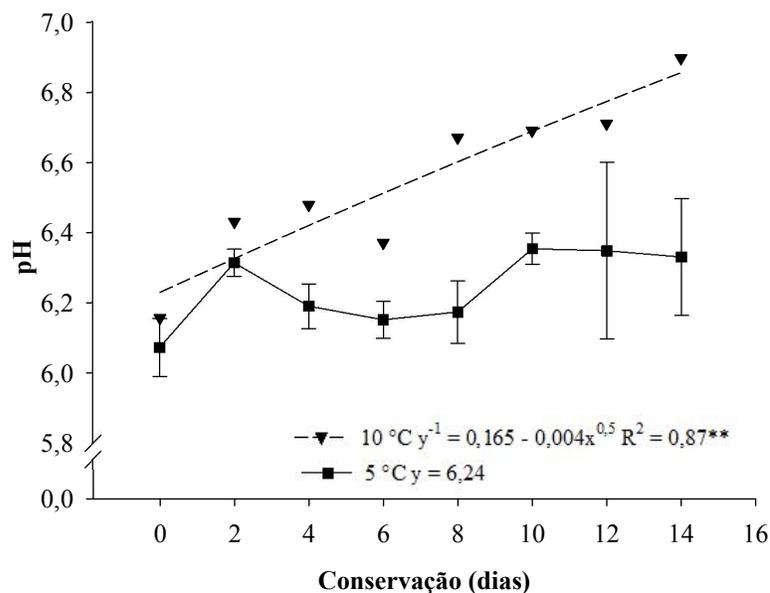
Os valores médios de pH dos inhames minimamente processado iniciaram com 6,07, ao final de 14 dias atingiram 6,33 e 6,81 a 5 e 10 °C, respectivamente (Figura 8). Isso resultou em um incremento de 4,1% em amostras mantidos a 5 °C e 10,8% para os mantidos a 10 °C (Figura 8). A temperatura de 10 °C pode ter induzido maior atividade metabólica dos inhames, o que ficou comprovado pelo estufamento da embalagem, em decorrência do acúmulo de gases (Figura 7). Possivelmente isso pode ter ocorrido maior liberação de CO<sub>2</sub>, o que pode ter influenciado no aumentando do pH dos pedaços de inhame, como observado por Geraldine (2000), em alho minimamente processado. Altas concentrações de CO<sub>2</sub> intracelular pode alterar o pH e atividade enzimática (VAROQUAUX & WILEY, 1997).



**Figura 7.** Acúmulo de gases em inhames minimamente processado acondicionados em embalagem de nylon multicamadas mantidas a  $10 \pm 2$  °C.

O acúmulo de gases dentro das embalagens (Figura 7) durante a conservação, não foi observado nas embalagens mantidas a 5 °C. Baixas temperaturas reduzem a atividade metabólica do vegetal minimamente processado, e conseqüentemente a liberação de gases (WATADA, 1996).

Os valores de pH ficaram na faixa de 6,35, os classificando os inhames como pouco ácidos (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Brito et al. (2011) também verificou pH próximo a essa faixa em inhame *in natura* minimamente processado.



**Figura 8.** pH de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

O pH dos inhames registrou um ligeiro aumento entre o dia inicial e os 14 dias, em 4,61% nos inhames mantidos a 5 °C, e 12,29% nos inhames mantidos a 10 °C (Tabela 6). Essa diferença foi significativa aos 4; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação (Tabela 6).

Furtado (2013) observou queda nos valores de pH em inhames minimamente processados com revestimento comestível e antioxidantes mantidos a 8 °C ao longo de 12 dias de conservação. O resultado inverso pode estar relacionado ao uso dos antioxidantes, porém, na trabalho mencionado, a testemunha a qual não foi usado nem revestimento nem os ácidos, também aumentou o pH.

**Tabela 6.** pH de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Potencial hidrogeniônico (pH)								
Conservação (dias)								
Temperaturas	0	2	4	6	8	10	12	14
5 °C	6,0 a*	6,3 a	6,1 b	6,1 a	6,1 b	6,3 b	6,3 b	5,3 b
10 °C	6,0 a	6,3 a	6,4 a	6,2 a	6,5 a	6,6 a	6,6 a	6,8 a
Média geral	6,3							
CV (%)	1,7							

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferiram entre pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.4 - AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS (AST) E SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST)

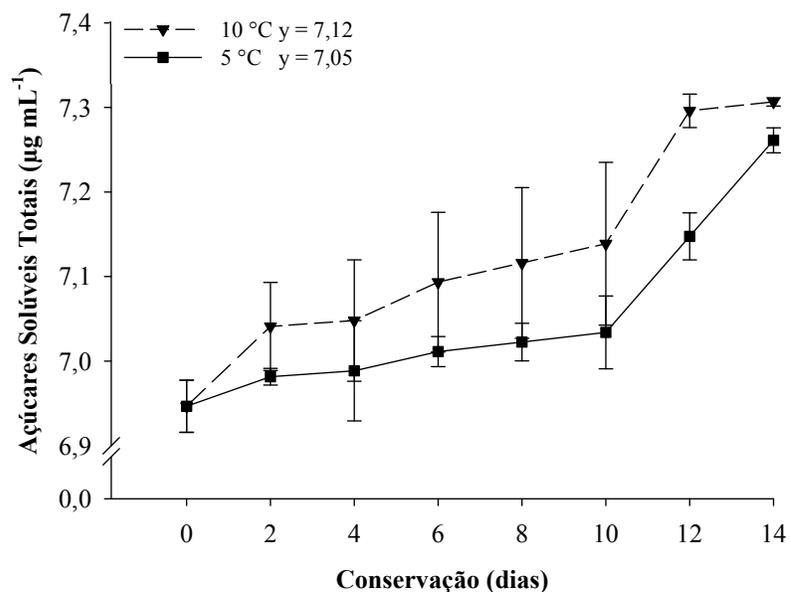
Os açúcares solúveis totais (AST) e os sólidos solúveis totais (SST) aumentaram nos inhames mantidos nas duas temperaturas, logo após a conservação (Figuras 9 e 10). Os valores médios de AST e SST dos inhames mantidos a 10 °C foram sempre maiores durante a conservação, e significativos aos 2; 4; 6; 12 e 14 dias para SST (Tabela 7).

Ao final da conservação houve um aumento nos SST de 0,89%, nos inhames mantidos a 5 °C, e 1,69% nos inhames mantidos a 10 °C (Tabela 6). O aumento nos SST mais acentuado nos inhames mantidos a 10 °C pode estar relacionado à sua maior perda de massa (Tabela 4), pois a desidratação pode ter concentrado os açúcares (VILAS-BOAS, 1999). Além disso, o aumento nos teores de açúcares solúveis totais nos inhames mantidos a 10 °C ao longo da conservação (Figura 9) pode também ter contribuído para aumentar os SST.

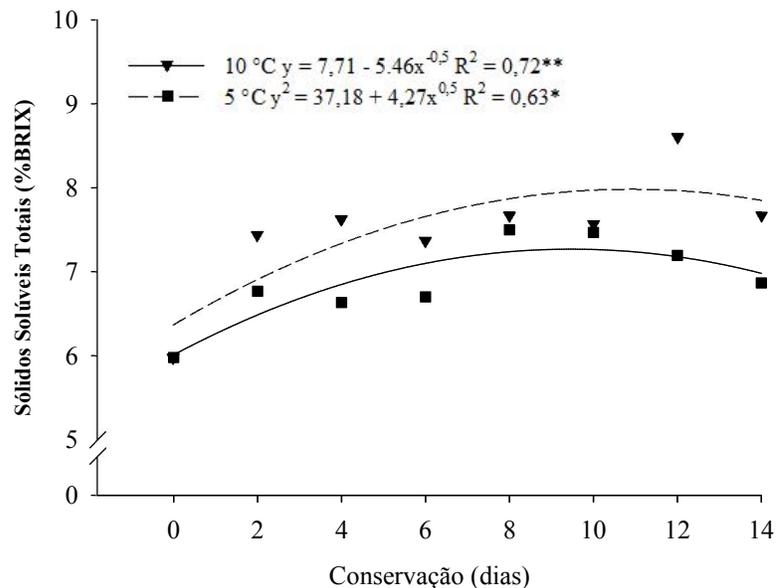
Carnelossi et al. (2002) também observaram aumento nos SST de couves minimamente processadas acondicionadas em caixas PET mantidas a 5 e 10 °C. Porém, Furtado (2013), observou que os SST de inhame minimamente processado ao longo de 12 dias, a 8 °C permaneceram próximos aos valores iniciais. Segundo mesmo autor, as condições de armazenamento, mais a manutenção da cadeia do frio, foram responsáveis pela diminuição da atividade respiratória dos inhames o que manteve os valores de SST.

O aumento nos AST e SST pode estar relacionado à conversão de amido em açúcares (TOIVONEN, 2003), como observado por Bezerra (2002) e Junqueira (2009) em mandioca de mesa minimamente processada. Além disso, a conversão de amido a açúcar foi mais

intense nos pedaços mantidos a 10 °C (Figura 9). Isso evidencia que a temperatura é determinante para as mudanças nos carboidratos solúveis, como também observado por Ribeiro et al. (2007) em mandioquinha-salsa.



**Figura 9.** Açúcares solúveis totais de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.



**Figura 10.** Sólidos solúveis totais de inhame minimamente processado mantido 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

**Tabela 7.** Sólidos solúveis totais de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

	Sólidos Solúveis Totais (%)							
	Conservação (dias)							
Temperaturas	0	2	4	6	8	10	12	14
5 °C	5,9 a*	6,7 b	6,6 b	6,7 b	7,5 a	7,4 a	7,1 b	6,8 b
10 °C	5,9 a	7,4 a	7,6 a	7,3 a	7,7 a	7,5 a	8,6 a	7,6 a
Média geral	7,1							
CV (%)	3,6							

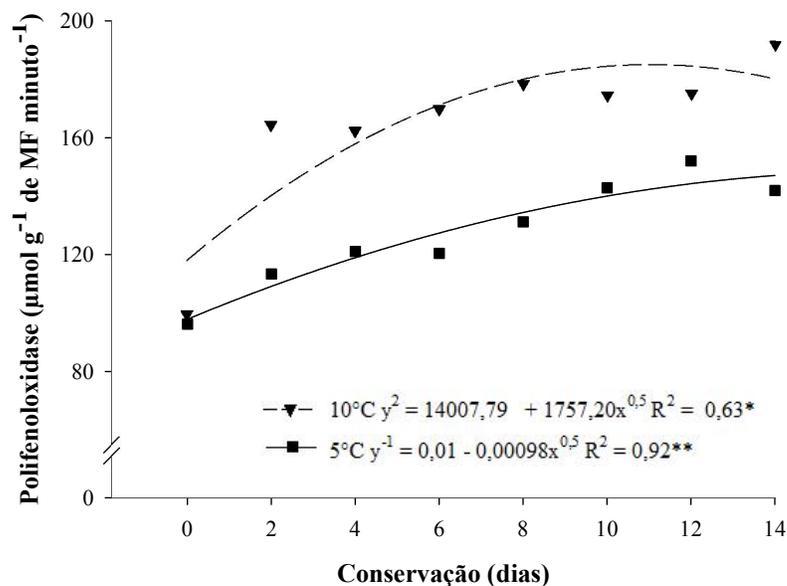
\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferiram entre pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Durante toda a conservação não houve diferença significativa nos AST entre as duas temperaturas. Porém, vale ressaltar que se o inhame for destinado para a fritura, o aumento nos teores de AST pode ser um ponto negativo, pois, pode ocorrer escurecimento por meio da reação de Maillard.

O teor de sólidos solúveis é uma das principais características de frutos, e está relacionado ao sabor, uma vez que é nesta fração que se encontram os açúcares e ácidos. Portanto, a temperatura de 5 °C foi mais eficiente na manutenção da qualidade dos inhames minimamente.

### 3.5 ATIVIDADE DA POLIFENOLOXIDASE (PPO) E PEROXIDASE (POD)

As atividades da PPO e POD aumentaram durante a conservação nos inhames nas duas temperaturas (Figura 11 e 12). Os pedaços a 10 °C apresentaram as maiores atividades de PPO e POD durante toda a conservação, sendo estatisticamente significativo a partir do 2° dia (Tabelas 8 e 9).



**Figura 11.** Atividade da polifenoloxidase de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

A refrigeração diminui a atividade enzimática e, conseqüentemente, o consumo dos compostos fenólicos, pois, a energia cinética das moléculas é minimizada, e o acoplamento enzima-substrato é dificultado (LEE et al., 1995).

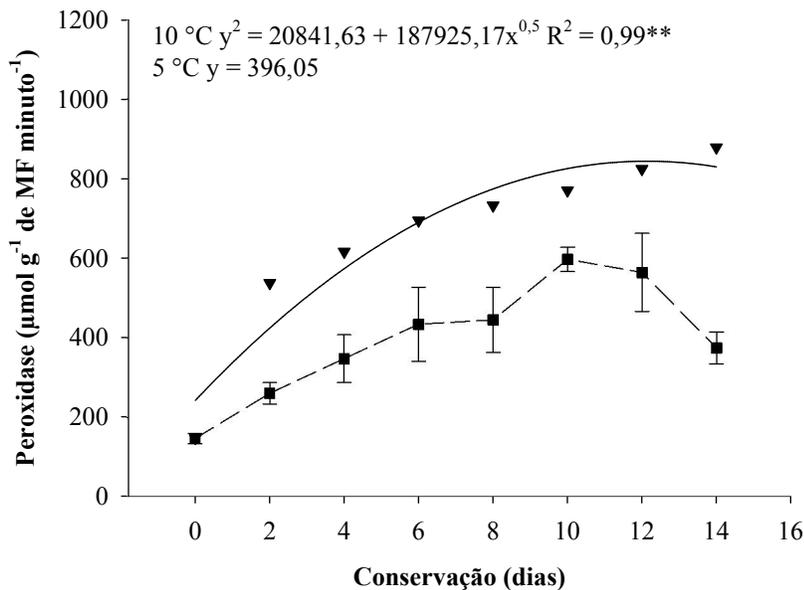
**Tabela 8.** Atividade da polifenoloxidase de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Atividade da Polifenoloxidase ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ de MF minuto $^{-1}$ )								
Temperaturas	Conservação (dias)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
5 °C	96,1 a*	113,3 b	121,0 b	120,4 b	131,1 b	142,8 b	152,0 b	141,9 b
10 °C	96,1 a	163,1 a	160,9 a	168,6 a	177,5 a	173,5 a	174,1 a	191,3 a
Média geral	145,27							
CV (%)	3,11							

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferiram entre pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A temperatura de 10 °C não manteve atividade da PPO e POD próximo à atividade dos pedaços mantidos a 5 °C, como também verificado por Menolli et al. (2008) em batata-baroa. Possivelmente os pedaços mantidos a 10 °C respiraram mais intensamente, no qual foi observado, acúmulo de gases dentro da embalagem (Figura 7). Assim, acúmulo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no interior da embalagem, induziu a atividade da fenilalanina amonialiase (PAL) como observado por Ke e Saltveit (1989) em alface. Esta enzima é chave no metabolismo dos fenilpropanóides, substrato para a atividade da PPO e POD (WATADA, 1990). Por outro lado em abacaxi minimamente processado, altos níveis de CO<sub>2</sub> em relação a O<sub>2</sub>, aumenta a atividade da PPO (PRADO et al., 2003). Além disso, níveis baixos de O<sub>2</sub> também são mencionados como responsáveis pela diminuição da atividade da PPO (ABE & WATADA, 1991).

O aumento na atividade da POD, em alface minimamente processado, pode ocorrer como uma reação de recuperação do tecido injuriado (KE & SALTVEIT, 1989). Em inhame ocorrem aumentos na atividade da POD logo após ser descascado (OMIDIJI & OTUBU, 2006) e durante a conservação a 5 °C (CAPÍTULO 1).



**Figura 12.** Atividade da peroxidase de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. As barras representam o erro padrão da média.

**Tabela 9.** Atividade da peroxidase de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

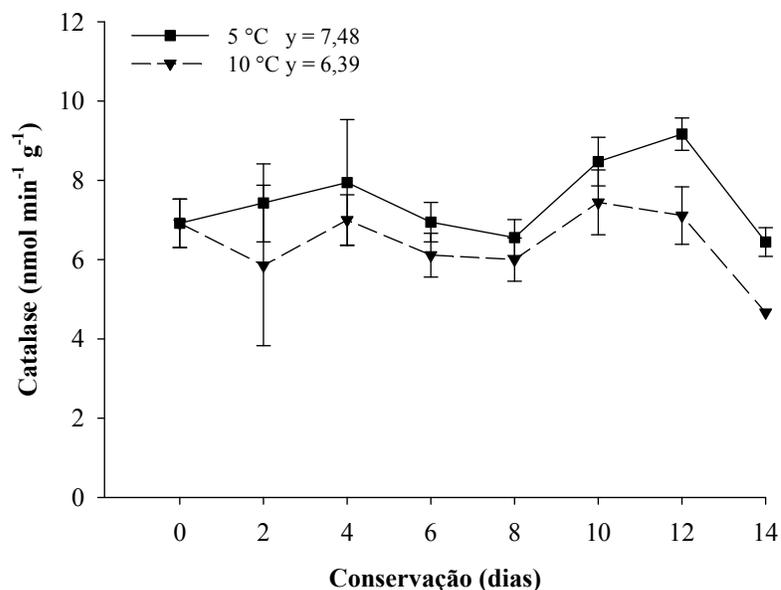
Atividade da Peroxidase (µmol g <sup>-1</sup> de MF minuto <sup>-1</sup> )								
Conservação (dias)								
Temperaturas	0	2	4	6	8	10	12	14
5 °C	146,4 a*	260,4 b	347,2 b	434,0 b	444,8 b	596,7 b	564,2 b	374,3 b
10 °C	146,4 a	537,1 a	615,7 a	694,4 a	732,4 a	770,4 a	824,6 a	878,9 a
Média geral	523,0							
CV (%)	14,2							

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferiram entre pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.6 ATIVIDADE DA CATALASE (CAT)

A atividade da CAT nos pedaços de inhame mantidos a 5 °C foi maior desde o segundo até os 14 dias de conservação (Figura 13), porém não diferiu significativamente dos pedaços mantidos a 10 °C. A temperatura de 10 °C proporcionou menores atividades aos inhames (Figura 13).

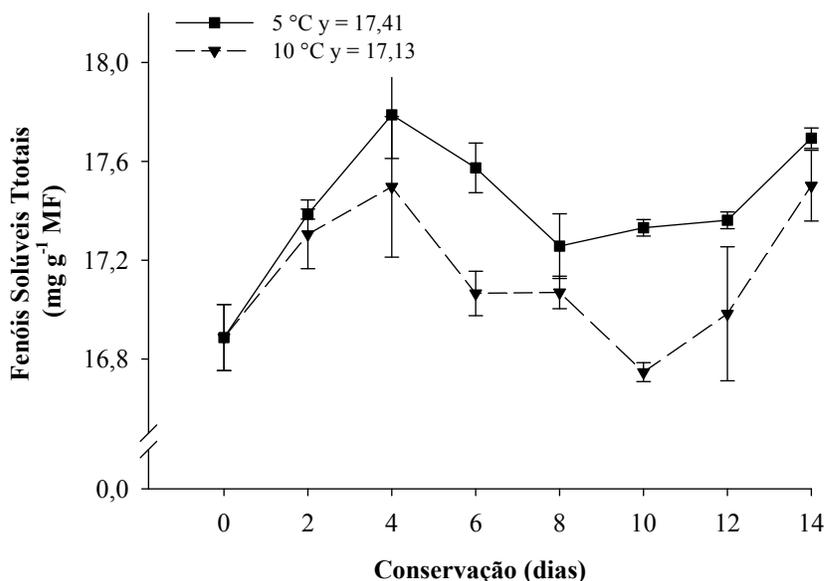
Inhames mantidos a 10 °C tiveram maiores atividades das enzimas PPO e POD (Figuras 11 e 12). Isso pode indicar que, nessa temperatura, as condições induziram maior liberação de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, e assim exigiu maior atividade da catalase, removendo o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e minimizando o dano oxidativo causado durante o corte (XU et al., 2013).



**Figura 13.** Atividade da catalase de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

### 3.7 FENÓIS SOLÚVEIS TOTAIS (FST)

Os FST dos inhames mantidos a 5 e 10 °C aumentaram comparando-se o início e o final da conservação (Figura 14). Além disso, o inhame mantidos a 5 °C tiveram sempre maiores valores médios de FST (Figura 14). Esse resultado também foi observado por Furtado (2013) em inhame minimamente processado durante a conservação a 8 °C, assim como Menolli et al., (2008) em batata-baroa durante a conservação a 5 e 10 °C.



**Figura 14.** Fenóis solúveis totais de inhames minimamente processados mantidos a 5 e 10 ± 2 °C ao longo do tempo (dias) de conservação.

O acúmulo dos fenóis solúveis totais no armazenamento pode estar relacionado ao estímulo da rota dos fenilpropanóides (WATADA, 1990). O incremento nos FST pode não terem sido desviados para a formação de fenóis insolúveis, envolvidos na cicatrização de tecidos cortados, como a lignina e suberina (REYES et al., 2007).

O aumento nos FST promoveu escurecimento em alface minimamente processada (PEISER et al., 1998). Em batata-baroa mantida a 5 e 10 °C, também ocorreu aumentos nos FST e escurecimento, mesmo com aumentos na atividade da PPO e POD (MENOLLI et al., 2008). Medeiros (2009) associa aumentos na atividade da PPO ao incremento nos FST. Porém, no presente estudo a maior concentração nos FST nos pedaços a 5 °C (Figura 14), não resultou em maior atividade da PPO nem POD. Essas enzimas utilizam os FST como substrato (WATADA, 1990), isso pode ter proporcionado maior oxidação nos pedaços a 10

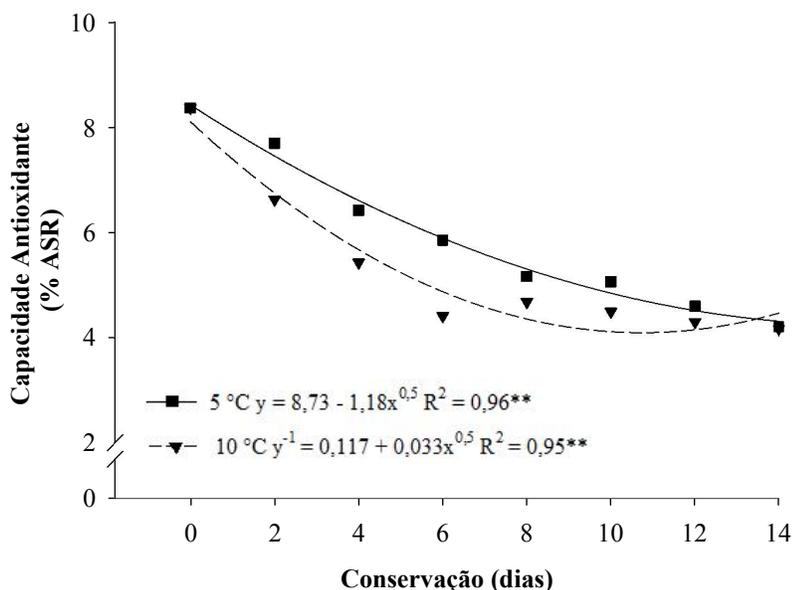
°C, como observado por Freire (2013) em mandioca de mesa minimamente processada. Além disso, temperatura de 5 °C pode ter promovido injúria por frio, e conseqüentemente maior produção de FST, como observado por Menolli et al. (2008).

Os FST estão relacionados com a capacidade antioxidante do vegetal (VELIOGLU et al., 1998), e isso é uma característica que pode ser usada para avaliar a perda de qualidade do produto durante a conservação (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Portanto a temperatura de 5 °C manteve os pedaços de inhame com maior qualidade durante a conservação.

### 3.8 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE (CA)

A capacidade antioxidante dos inhames minimamente processados mantidos a 5 e 10 °C diminuiu com a conservação (Figura 15) como também verificado por Junqueira (2009) em mandioca de mesa minimamente processada mantida a 5 °C durante a conservação.

Houve redução de 47,7% nos inhames mantidos a 5 °C e 50,29% nos mantidos a 10 °C (Tabela 10). Os inhames a 5 °C tiveram maior CA a partir do 2º dia, porém a diferença foi significativa apenas no 2º e 4º dia de conservação (Tabela 10).



**Figura 15.** Capacidade antioxidante (% ASR = porcentagem da atividade de sequestro de radicais) de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

**Tabela 10.** Capacidade antioxidante (% ASR = porcentagem da atividade de sequestro de radicais) de inhames minimamente processados mantidos 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

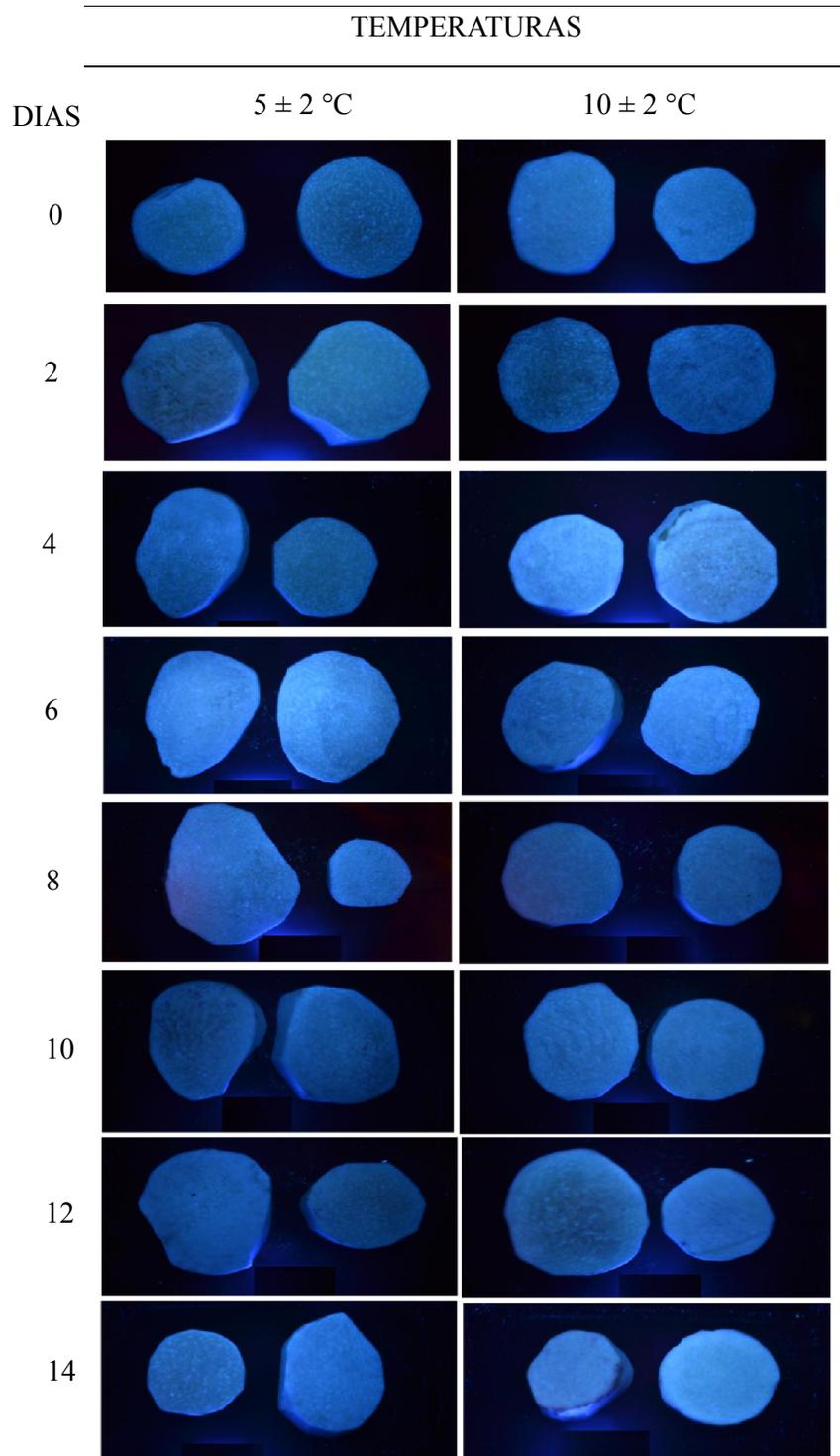
		Capacidade antioxidante (% ASR)							
		Conservação (dias)							
Temperaturas		0	2	4	6	8	10	12	14
5 °C		8,3 a*	7,6 a	6,4 a	5,8 a	5,1 a	5,0 a	4,6 a	4,2 a
10 °C		8,3 a	6,6 b	5,4 b	4,4 b	4,6 a	4,4 a	4,3 a	4,1 a
Média geral		5,6							
CV (%)		5,4							

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferiram entre pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior atividade das enzimas PPO e POD nos inhames mantidos a 10 °C (Figuras 11 e 12) pode indicar que houve maior oxidação dos fenólicos solúveis totais. Os FST podem ter reagido com as EROs (FERRARI, 2003), agindo como antioxidante, o que reduziu a CA dos inhames nessa temperatura, uma vez que, os FST apresentam alta correlação com a capacidade antioxidante do tecido vegetal (VELIOGLU et al., 1998).

### 3.9 INCIDÊNCIA DE *PSEUDOMONAS* SP.

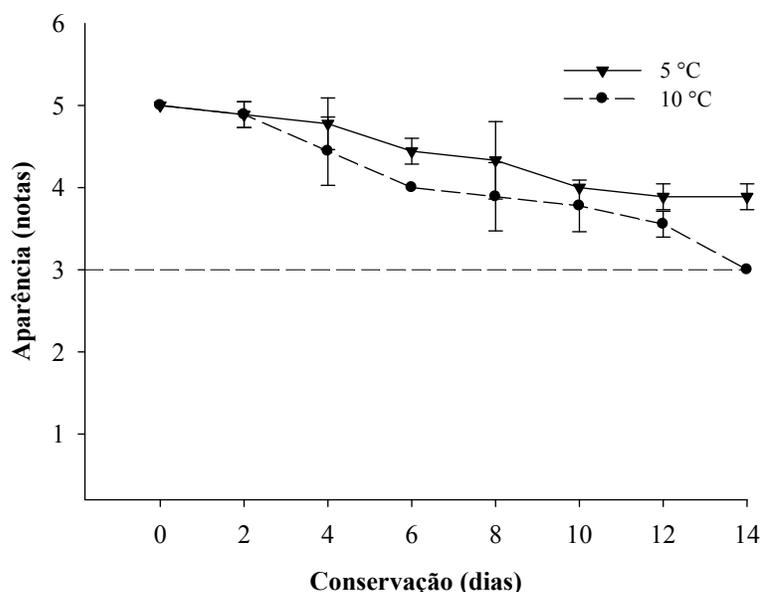
Não houve incidência da *Pseudomonas* sp. durante os 14 dias de conservação nos inhames minimamente processados a 5 e 10 °C (Figura 16). Possivelmente esses resultados tiveram influência da embalagem de nylon multicamadas, na qual não deve ter favorecido o crescimento desta bactéria, que necessita de O<sub>2</sub> para o crescimento (SILLANKORVA, 2004).



**Figura 16.** Incidência de *Pseudomonas* sp. em rodelas de inhames minimamente processados mantidos  $5$  e  $10 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

### 3.10 ANÁLISE VISUAL (AV)

Os inhames mantidos na temperatura de 5 °C receberam as maiores notas durante toda a conservação, e não ultrapassou o limite de aceitação (Figura 17). Os inhames mantidos a 10 °C além de receberem as menores notas, atingiu o limite de aceitação aos 14 dias de conservação (Figura 17). Possivelmente a perda da qualidade dos pedaços a 5 e 10 °C pode estar relacionado ao aumento da atividade das enzimas PPO e POD (Figuras 11 e 12), como também verificado no primeiro capítulo (CAPITULO 1).



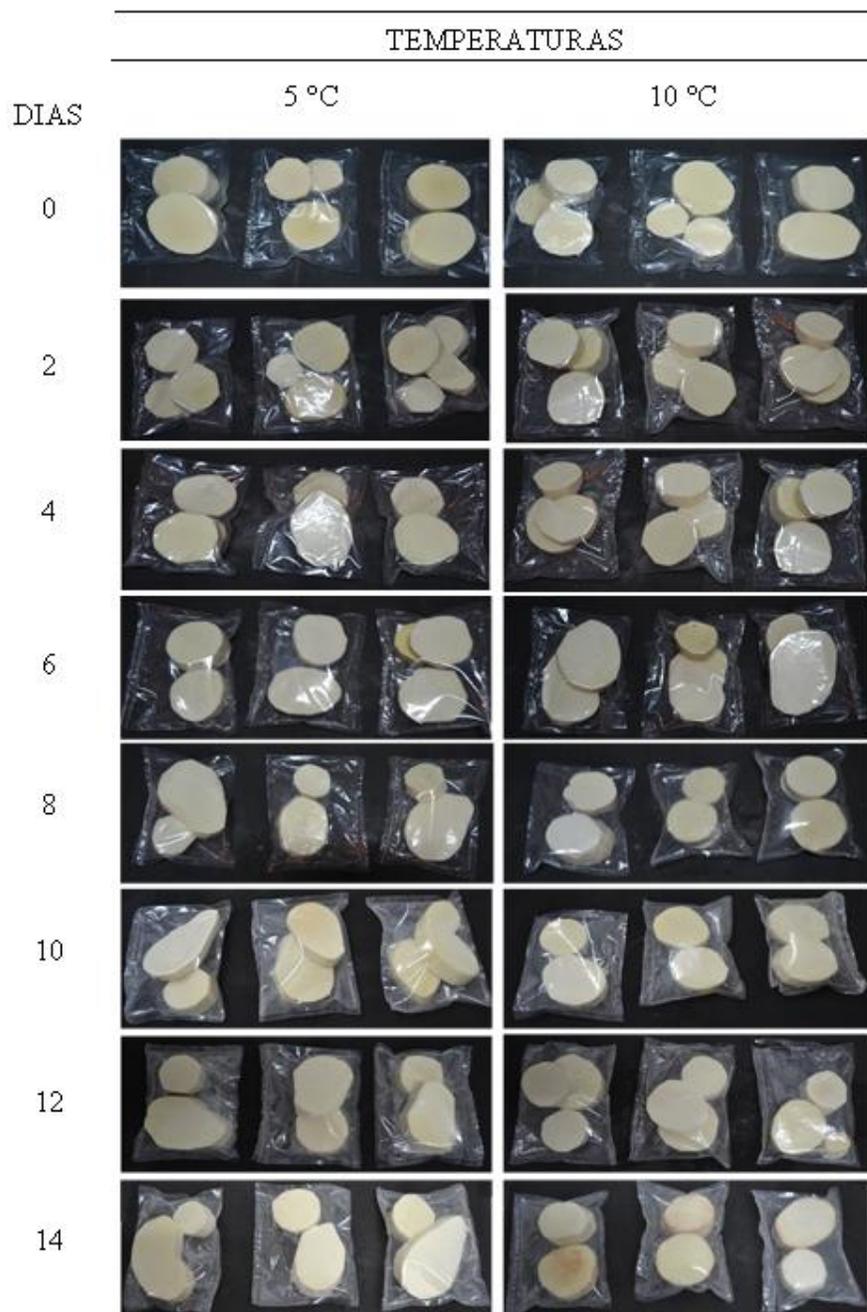
**Figura 17.** Análise visual de inhame minimamente processado mantido 5 e 10 ± 2 °C por 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. A linha horizontal tracejada representa o limite para a comercialização.

As menores notas atribuídas aos inhames mantidos a 10 °C podem estar relacionadas à maior atividade das enzimas PPO e POD (Figuras 11 e 12). A atividade dessas enzimas resulta na produção de substâncias (melaninas) que promovem o escurecimento superficial de frutas e hortaliças (LAMIKANRA, 2002), o que pode ter contribuído para a depreciação visual do inhame (Figura 18). E também é associada ao escurecimento do inhame (FURTADO, 2013; OMIDIJI & OTUBU, 2006) e batatas (PINELI et al., 2005).

Além disso, os inhames mantidos a 10 °C as embalagens ficaram estufadas, consequência de acúmulo de gases, o que não ocorreu nas embalagens mantidas a 5 °C (Figura 7).

Verificou-se que, apesar de não haver diferença significativamente na AV, a temperatura é um fator que pode influenciar na qualidade visual do inhame minimamente processado, pois, promoveu maior perda de qualidade visual dos pedaços.

De modo geral, o inhame minimamente processado na embalagem de nylon multicamadas 15 µm a 10 °C pode ser conservado por até 6 dias. Para a conservação do inhame minimamente processado por 14 dias, a temperatura de 5 °C é a mais indicada.



**Figura 18.** Aparência de inhame minimamente processado embalado em Nylon multicamadas 15 µm em 14 dias a  $5 \pm 2$  °C. Serra Talhada - PE, UFRPE/UAST, 2014.

#### **4 - CONCLUSÕES**

Verificou-se que a embalagem de nylon multicamadas pode ser utilizada para a conservação do inhame minimamente processado, a  $10 \pm 2$  °C por um período de até 6 dias.

Para a conservação do inhame minimamente processado por 14 dias, a temperatura de  $5 \pm 2$  °C é a mais indicada, pois, permitiu menores alterações.

## REFERÊNCIAS

- ABE, K.; WATADA, A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal Food Science**, v. 56, 1493–1496. 1991.
- ANDRADE, D. P. **Cultivares de mandioca de mesa e idades de colheita: avaliação agronômica e adequação ao processamento mínimo**. 2013. 98p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2013.
- BEZERRA, V. S.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D.; VILELA, E. R. Raízes de mandioca minimamente processadas: efeito do branqueamento na qualidade e na conservação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 564-575, 2002.
- BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.
- BRITO, T. T. **Determinação das etapas, fluxograma do processamento e estudo da conservação de inhame minimamente processado**. 2011. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2011.
- CARNELOSSI, M. A. G.; YAGUIU, P.; REINOSO, A. C. L.; ALMEIDA, G. R. O.; LIRA, M. L.; SILVA, G. F.; JALALI, V. R. R. Determinação das etapas do processamento mínimo de quiabo. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 970-975, 2005.
- CARNELOSSI, M. A. G.; SILVA, E. O.; CAMPOS, R. S.; SOARES, N. F. F.; MINIM, V. P. R.; PUSCHMANN, ROLF. Conservação de folhas de couve minimamente processadas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 149-155, 2002.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras, MG: UFLA, 2005. 78p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

COELHO, C. M. M.; BORDIN, L. C.; SOUZA, C. A.; MIQUELLUTI, D. J. GUIDOLIN, A. F. Tempo de cocção de grãos de feijão em função do tipo d'água. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 560-566, 2008.

COELHO, A. F. S. **Qualidade de alface Americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada**. 2001, 104p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

DONEGÁ, M. A.; TESSMER, M. A.; MOOZ, E. D.; DALL'ORTO, L. T. C.; SASAKI, F. F. C.; KLUGE, R. A. 2013. Fresh cut yam stored under different temperatures. **Horticultura Brasileira**, v. 31: 248-254. 2013.

DISCHIE, Z. Color reaction of carbohydrates. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAN, M. L. **Methods in carbohydrates chemistry**. New York: Academic Press. 1: 477-512. 1962.

FATIBELLO-FILHO, O.; VIEIRA, I. C. Uso analítico de tecidos e de extratos brutos vegetais como fonte enzimática. **Química Nova**, v. 25, No. 3, 455-464, 2002.

FERRARI, C. K. B.; TORRES, E. A. F. S. Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 57, p. 251–260, 2003.

FREIRE, C. S. **Atividade de enzimas oxidativas envolvidas com o escurecimento em mandioca de mesa minimamente processada**. 2014. 63p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2014.

FURTADO, M. C. **Ação de revestimento comestível a base de amido e de antioxidante na conservação de inhame (*Dioscorea* spp.) minimamente processado**. 2013. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2013.

GERALDINE, R. M. **Parâmetros tecnológicos para o processamento mínimo de alho (*Allium sativum* L.)**. 2000. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

HENRIQUE, C. M.; PATRI, P. Relatório técnico: Processamento mínimo de mandioca. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 51, 2011.

HOWARD, L. R.; GRIFFIN, L. E. Lignin formation and surface discoloration of minimally processed carrot sticks. **Journal Food Science**, v. 58, n. 5, p. 1065-7, 1993.

JUNQUEIRA, M. S. **Conservação de mandioca minimamente Processada no formato “palito”**. 2009. 73p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

KE, D.; SALTVEIT, M. J. Carbon dioxide-induced brown stain development as related to phenolic metabolism in iceberg lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 114(5): 789-794. 1989.

LAMIKANRA, O. **Fresh-cut fruits and vegetables; science, technology and market**. CRC Press LLC New York Washington, D. C. 2002.

LEE, M. Y.; LEE, M. K.; PARK, I. Inhibitory effect of onion extract on polyphenol oxidase and enzymatic browning of taro (*Colocasia antiquorum* var. *esculenta*). **Food Chemistry**, v. 105, p. 528–532, 2007.

MEDEIROS, E. A. A. **Deterioração pós-colheita de mandioca minimamente processada**. 2009. 113p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

MENOLLI, L. N.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; BARBOSA, J. M.; BARROS, R. S. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata-baroa. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v.30, n. 1, p. 57-63, 2008.

OMIDIJI, J.; OTUBU, O. The contribution of an ionic peroxidase isozyme to enzyme-mediated browning in *Dioscorea esculenta* L. tubers. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 5 n. 5: 478-480, 2006.

OLIVEIRA, M. A.; LEONEL, M.; CABELLO, C.; CEREDA, M. B.; JANES, D. A. Metodologia para avaliação do tempo de cozimento e características tecnológicas associadas em diferentes cultivares de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p.126-133, 2005.

- PEDRALLI, G.; CARMO, C.A.S.; CEREDA, M.; PUIATTI, M. Uso de nomes populares para as espécies de Araceae e Dioscoreaceae no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 530-532, 2002.
- PEISER, G.; LOPEZ-GÁLVEZ, G.; CANTWELL, M.; SALTVEIT, M. E. Phenylalanine ammonia lyase inhibitors control browning of cut lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, 171 – 177. 1998.
- PEIXOTO NETO, P. A. S.; LOPES FILHO, J.; CAETANO, L. C.; ALENCAR, L. M. C.; LEMOS; E. E. B. **Inhame: O Nordeste fértil**. Maceió, AL: EDUFAL, 88p. 2000.
- PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; ALMEIDA, G. C.; ONUKI, A. C. A.; NASCIMENTO, A. B. G. Caracterização química e física de batatas ‘Ágata’ minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 1035-1041, 2005.
- REYES, L. F.; VILLARREAL, J. E.; CISNEROS-ZEVALLOS L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. **Food Chemistry**, v.101, p.1254–1262, 2007.
- RIBEIRO, R. A.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; CASALI V. W. D. Vida útil e metabolismo de carboidratos em raízes de mandioquinha-salsa sob refrigeração e filme de PVC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.453-458, 2007.
- ROLLE, R.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal Food Quality**, v.10, p.157-65, 1987.
- SÁNCHEZ-MORENO, C. **Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems**. Food Science and Technology International, v. 8, p. 121-137, 2002.
- SANTOS, E. S.; CAZÉ FILHO, J.; LACERDA, J. T.; CARVALHO, R. A. Inhame (*Dioscorea* sp.)/ Tecnologia de produção e preservação ambiental. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p. 31-36, 2007.

SILLANKORVA, S. A. **Utilização de Bacteriófagos no Controle de Células Suspensas e Biofilmes de *Pseudomonas fluorescens***. 2004. 125p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente) – Universidade do Minho, Braga, 2004.

SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; VILAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Boletim do CEPPA**, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2009.

SIMÕES, A. N.; PUIATTI, M.; SALOMAO, C. C. L.; MOSQUIM, P. R.; PUSCHMANN, R. Effect in the quality of intact and minimally processed leaves of collard greens stored at different temperatures. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 81-86, 2010.

TOIVONEN, P. M. A. Effects of storage conditions and postharvest procedures on oxidative stress in fruits and vegetables. In: HODGES, D. M. (Ed.). Postharvest oxidative stress in horticultural crops. **New York: Food Products Press**, p. 69-90, 2003.

VELIOGLU, Y. S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B. D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v. 46, n. 10, p. 4113-4117, 1998.

VAROQUAUX, P.; WILEY, R.C. Cambios biológicos y bioquímicos en frutas y hortaliças refrigeradas minimamente processadas. In: WILEY, R.C. Frutas y hortaliças minimamente processadas y refrigeradas. **Zaragoza: Acribia**, p. 221-262, 1997.

VILAS-BOAS, E. V. B. **Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 75p. (Textos acadêmicos). 1999.

XU, J.; DUAN, X.; YANG, J.; BEECHING, J. R.; ZHANG, P. Enhanced reactive oxygen species scavenging by overproduction of superoxide dismutase and catalase delays postharvest physiological deterioration of cassava storage roots. **Plant Physiology**, v. 161, p. 1517-1528, mar. 2013.

WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 44, p. 116-122. 1990.