

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

## **PROCESSAMENTO MÍNIMO DE ABACAXI 'PÉROLA'**

Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Tecnologia Pós-Colheita.

**Engº Agrº, MSc. LUCIMARA ROGÉRIA ANTONIOLLI**

**Orientador: Prof. Dr. BENEDITO CARLOS BENEDETTI**

CAMPINAS / SP  
FEVEREIRO DE 2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

An88p Antonioli, Lucimara Rogéria  
Processamento mínimo de abacaxi 'Pérola' /  
Lucimara Rogéria Antonioli.--Campinas, SP: [s.n.],  
2004.

Orientador: Benedito Carlos Benedetti.  
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Abacaxi. 2. Desinfecção. 3. Crescimento  
microbiano. 4. Antioxidantes. I. Benedetti, Benedito  
Carlos. II. Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

*Aos meus pais, José e Nair, pelo amor incondicional...  
À minha avó Maria pelo exemplo de força e determinação,  
dedico.*

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, por ter possibilitado a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti, pela amizade e incentivo nos momentos difíceis e pelo apoio nos momentos de decisão.

Aos professores e funcionários da FEAGRI pela amizade e auxílios prestados.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto de Camargo e Castro, do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ / USP por permitir a utilização do Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita para a realização de estudos preliminares. Ao Clóvis D. Fernandes pelo grande auxílio durante esta etapa.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical – CNPAT, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, pelo suporte físico necessário à realização deste trabalho. Ao Chefe Geral do Centro Dr. Francisco Férrer Bezerra e ao então Chefe Adjunto de Administração Dr. Paulo César Espíndola Frota (*in memorian*), por terem possibilitado o estabelecimento da parceria FEAGRI / CNPAT, pela amizade e total apoio à execução deste projeto.

Ao Pesquisador Científico e Supervisor do projeto MSc. Men de Sá Moreira de Souza Filho, pela orientação, paciência e por tornar exequível a instalação, condução e avaliação de tantos experimentos.

À Pesquisadora Científica Dra. Deborah dos Santos Garruti da Embrapa Agroindústria Tropical, pelo carinho, amizade, orientação e disponibilidade em compartilhar sala e computador...

Aos Pesquisadores Científicos Dr. Ricardo Elesbão Alves, MSc. Maria de Fátima Borges, Dra. Heloísa Almeida Cunha Filgueiras e Dra. Renata Tiekko Nassu da Embrapa Agroindústria Tropical pela amizade, orientação e total apoio durante a realização deste trabalho.

Aos Técnicos Manoel A. de Souza Neto, Arthur C. Rodrigues de Souza, Celli Rodrigues Muniz, Érika H. Franco de Azevedo e Francisco Sales de Oliveira pela disponibilidade e incomparável colaboração na execução dos experimentos.

À minha querida estagiária Claísa A. Silva de Freitas (Clac's) pela valiosa amizade, incansável dedicação e inestimável auxílio na execução deste projeto.

Aos queridos amigos Rosaura Gazzola (“Dra. Lala”), Maria Auxiliadora Coêlho Lima, Márcio Eduardo Canto Pereira, Adriano da Silva Almeida, Ariane Cordeiro, Carlos Farley Hebster de Moura, Maria Raquel de Alcântara, Fábio Del Monte Coccozza e aos estagiários Kenya, Viviane, Cecília, Sergimara, Raquel, Joélia, Daniela, Nágela, Cynthia, Aline, Amabélia, Leandro, Diogo e Tereza Emanuelle, pelo grande auxílio e agradável convivência.

À querida amiga Lucelena Petronilio Aguiar (Leninha) por me acolher em sua casa durante minha estada em Fortaleza, por todo carinho e amizade.

Ao Dr. Renato Vasconcelos Botelho pelo inestimável auxílio e dedicação durante grande parte da execução deste projeto.

Ao Prof. Dr. Aloísio Costa Sampaio da Faculdade de Ciências - UNESP, campus Bauru, pela gentileza em viabilizar a obtenção e o transporte de frutos da cultivar Smooth Cayenne.

Ao Dr. Fernando Cirino, advogado da Embrapa Agroindústria Tropical, por ter me “socorrido” no episódio “TAM”.

Aos Pesquisadores Científicos Dr. José Maria Monteiro Sigrist, MSc. Silvia Regina Toledo Valentini do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Hortifrutícolas – FRUTHOTEC e Dra. Neliane Ferraz de Arruda Silveira da Microbiologia de Alimentos, ambos do Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, pela amizade, orientação e apoio na realização dos estudos sobre atividade metabólica e armazenamento sob atmosfera controlada.

Ao amigo e colega do Curso de Pós-Graduação Wigberto Antonio Spagnol, pelo árduo trabalho conjunto na reforma e construção dos fluxcentros.

À Técnica em Alimentos Débora Belo Alves e aos estagiários Elaine, Mariana, Mirelle, Thaís e Thiago do Fruthotec / Ital pelo auxílio e disponibilidade na instalação e condução dos experimentos. Ao Sr. João Batista de Santana Filho pela limpeza das câmaras refrigeradas.

À Profª Drª Hélia Harumi Sato, da Faculdade de Engenharia de Alimentos - FEA / UNICAMP, por ter disponibilizado o laboratório para a realização das análises enzimáticas.

Ao amigo Paulo De Lucca pela disponibilidade em guardar amostras e mais amostras de abacaxi no ultrafreezer do CBMeg... (com a ameaça constante de que tudo viraria suco...).

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio a este trabalho através da bolsa de estudos concedida.

Ao Prodetab / Banco Mundial pelo financiamento dos projetos desenvolvidos em parceria com a Embrapa Agroindústria Tropical.

À White Martins Praxair Inc., representada pela Sra. Lílian Guerreiro, pelo fornecimento das misturas gasosas.

Ao amigo Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge, do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ / USP, pela constante colaboração e participação na minha formação acadêmica e profissional... (desde os tempos de mestrado...).

Aos membros da Banca Examinadora Profs. Drs. José Fernando Durigan (FCAV / UNESP), Ricardo Alfredo Kluge (ESALQ / USP), Carlos Alberto Rodrigues Anjos (FEA / UNICAMP) e José Tadeu Jorge (FEAGRI / UNICAMP) pela apreciação, sugestões e “críticas responsáveis” ao trabalho.

Aos adoráveis amigos: Laurent Jacques Berthier, Fernando Pedro Reis Brod, Mário Jorge Maia de Magalhães, Fagoni Fayer Calegário, Alexandre Sznelwar Nunes, Carlos Henrique Fernandes Furtado, Adriana Hissae Hayashi, Telma Kazumi Hayashi, Juliana Aparecida Fernando, Ilana Urbano Bron, Fábio Borgatto, Rosemeire Facina e Marcelo Eiti Okada por tantos momentos partilhados...

Aos meus queridos “anjinhos” Ephrain, Maria Luíza e Nádia...

Ao Felipe Bonfanti de Barros pela revisão dos textos em inglês e cuidadoso preparo das fotos, sumário e afins... por todo carinho, dedicação e amor... (“quem ama, cuida”).

À minha família que sempre esteve presente, incentivando e apoiando em todos os momentos.

A todos aqueles que de uma forma ou outra contribuíram para a conclusão deste trabalho...

A DEUS, pela vida...

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>II</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E DO FRUTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2. PROCESSAMENTO MÍNIMO</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3. FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DE FRUTOS E HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADOS</b> ...	<b>9</b>
2.3.1. Nível de dano .....	9
2.3.2. Sanitização .....	10
2.3.3. Temperatura .....	13
2.3.4. Atmosfera controlada.....	14
2.3.5. Atmosfera modificada.....	15
2.3.6. Inibidores do escurecimento enzimático.....	16
2.3.7. Crescimento microbiano .....	17
<b>3. TRABALHOS REALIZADOS</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1. PROCESSAMENTO MÍNIMO DE ABACAXI ‘PÉROLA’: ASPECTOS SENSORIAIS</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2. EFEITO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO SOBRE A MICROBIOTA DE ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO</b> .....	<b>29</b>
<b>3.3. AVALIAÇÃO DA VANILINA COMO AGENTE ANTIMICROBIANO EM ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO</b> .....	<b>39</b>
<b>3.4. AVALIAÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO ALTERNATIVA À UTILIZAÇÃO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO EM ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO</b> .....	<b>49</b>
<b>3.5. ATIVIDADE METABÓLICA DE ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO DECORRENTE DO FORMATO DE CORTE E DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO</b> .....	<b>63</b>
<b>3.6. COMPORTAMENTO DE ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO ARMAZENADO SOB ATMOSFERA CONTROLADA</b> .....	<b>73</b>
<b>3.7. AGENTES ANTIOXIDANTES NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO</b> .....	<b>85</b>
<b>3.8. COMPORTAMENTO DE ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO SUBMETIDO AO TRATAMENTO COMBINADO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E ÁCIDO CÍTRICO</b> ..	<b>97</b>
<b>3.9. VIDA ÚTIL DE ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO SUBMETIDO AO TRATAMENTO COMBINADO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E ÁCIDO CÍTRICO</b> .....	<b>115</b>
<b>4. CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	<b>129</b>

<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>131</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>135</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>149</b>
<b>7.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMBALAGEM DE POLIETILENO TEREFTALATO .....</b>	<b>150</b>
<b>7.2. FICHAS DE AVALIAÇÃO UTILIZADAS NOS TESTES SENSORIAIS .....</b>	<b>151</b>
<b>7.3. FOTOS.....</b>	<b>155</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>3.7. AGENTES ANTIOXIDANTES NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO .....</b>	<b>85</b>
<b>QUADRO 1.</b> Valores de pH da água e de diferentes soluções de ácido ascórbico (AA) e ácido cítrico (AC) utilizadas no banho de imersão do abacaxi 'Pérola' minimamente processado.....	91
<b>3.8. COMPORTAMENTO DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO SUBMETIDO AO TRATAMENTO COMBINADO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E ÁCIDO CÍTRICO ..</b>	<b>97</b>
<b>QUADRO 1.</b> Valores de pH da solução controle e das soluções de ácido ascórbico : ácido cítrico (AA:AC, %) utilizadas no banho de imersão do abacaxi 'Pérola' minimamente processado.....	102

## LISTA DE FIGURAS

<b>3.1. PROCESSAMENTO MÍNIMO DE ABACAXI 'PÉROLA': ASPECTOS SENSORIAIS.....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 1.</b> Sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez total titulável (% ácido cítrico) em abacaxis 'Pérola'..	25
<b>FIGURA 2.</b> Teste de Ordenação-Preferência quanto às diferentes porções do abacaxi 'Pérola'.....	26
<b>FIGURA 3.</b> Teste de Preferência-Pareada quanto ao formato de corte preferido.....	27
<b>3.2. EFEITO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO SOBRE A MICROBIOTA DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO .....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 1.</b> População microbiana em abacaxi 'Pérola' minimamente processado submetido ao tratamento de desinfecção da casca ( <b>B</b> ) e sanitização da polpa ( <b>A</b> ) com hipoclorito de sódio (NaOCl) .....	35
<b>FIGURA 2.</b> Microrganismos aeróbios mesófilos em abacaxi 'Pérola' minimamente processado durante 16 dias de armazenamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . .....	36
<b>FIGURA 3.</b> Bolores e leveduras em abacaxi 'Pérola' minimamente processado durante 16 dias de armazenamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . .....	37
<b>3.3. AVALIAÇÃO DA VANILINA COMO AGENTE ANTIMICROBIANO EM ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO .....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 1.</b> Bolores e leveduras em abacaxi 'Pérola' minimamente processado em fatias e cubos ( <b>B</b> ), submetido ao tratamento com vanilina e armazenado a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 12 dias ( <b>A</b> ).....	45
<b>FIGURA 2.</b> Microrganismos aeróbios mesófilos em abacaxi 'Pérola' minimamente processado em fatias e cubos, submetido ao tratamento com vanilina e armazenado a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 12 dias .....	46
<b>FIGURA 3.</b> Microrganismos aeróbios mesófilos em abacaxi 'Pérola' minimamente processado em fatias e cubos, submetido ao tratamento com vanilina e armazenado a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ( <b>A</b> ) durante 12 dias ( <b>B</b> ).....	47
<b>3.4. AVALIAÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO ALTERNATIVA À UTILIZAÇÃO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO EM ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO.....</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 1.</b> Atividade peroxidásica ( $\text{UAE.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) em abacaxi 'Pérola' MP durante 10 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . .....	55
<b>FIGURA 2.</b> Cor da polpa de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos de desinfecção da casca ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e sanitização da polpa ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) durante 10 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .. .....	56
<b>FIGURA 3.</b> Concentração de $\text{CO}_2$ no frasco de acondicionamento de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos de desinfecção da casca ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e sanitização da polpa ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) ( <b>A</b> ) e durante 10 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ( <b>B</b> ). .....	57
<b>FIGURA 4.</b> Sólidos solúveis totais (°Brix) ( <b>A</b> ), açúcares totais ( $\text{mg.100g}^{-1}$ ) ( <b>B</b> ), açúcares redutores ( $\text{mg.100g}^{-1}$ ) ( <b>C</b> ) e açúcares não-redutores ( $\text{mg.100g}^{-1}$ ) ( <b>D</b> ) em abacaxi 'Pérola' MP durante 10 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . .....	58
<b>FIGURA 5.</b> Acidez total titulável (% ácido cítrico) ( <b>A</b> ), ácido ascórbico ( $\text{mg.100g}^{-1}$ ) ( <b>B</b> ) em abacaxi 'Pérola' MP durante 10 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . .....	59
<b>FIGURA 6.</b> Sabor residual (grau de diferença) em abacaxi 'Pérola' MP decorrente de diferentes tratamentos de desinfecção da casca ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e sanitização da polpa ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).....	60
<b>FIGURA 7.</b> Microrganismos aeróbios mesófilos ( $\log \text{UFC.g}^{-1}$ ) ( <b>A</b> ) e bolores e leveduras ( $\log \text{UFC.g}^{-1}$ ) ( <b>B</b> ) em abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos de desinfecção da casca ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e sanitização da polpa ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) durante 12 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . .....	61

<b>3.5. ATIVIDADE METABÓLICA DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO DECORRENTE DO FORMATO DE CORTE E DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO.....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 1.</b> Acúmulo de CO <sub>2</sub> (%) no interior dos frascos de acondicionamento de abacaxi 'Pérola' MP mantidos a 4 e 10°C (A) durante as 12 horas posteriores ao processamento (B) .....	69
<b>FIGURA 2.</b> Taxa respiratória (mg CO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> ) de abacaxi 'Pérola' inteiro descascado e minimamente processado em fatias e cubos (A) durante 12 horas a 5 ± 1°C (B) .....	69
<b>FIGURA 3.</b> Taxa respiratória (mg CO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> ) de abacaxi 'Pérola' inteiro descascado e minimamente processado em fatias e cubos durante 14 dias a 5 ± 1°C .....	70
<b>3.6. COMPORTAMENTO DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO ARMAZENADO SOB ATMOSFERA CONTROLADA.....</b>	<b>73</b>
<b>FIGURA 1.</b> Cor da polpa de abacaxi 'Pérola' minimamente processado acondicionamento sob diferentes condições de atmosfera controlada durante 12 dias a 5 ± 1°C .....	79
<b>FIGURA 2.</b> Microrganismos aeróbios psicrotrófilos em abacaxi 'Pérola' minimamente processado acondicionado sob diferentes condições de atmosfera controlada (A) durante 12 dias a 5 ± 1°C (B) .....	80
<b>FIGURA 3.</b> Microrganismos aeróbios mesófilos em abacaxi 'Pérola' minimamente processado durante 12 dias de acondicionamento sob diferentes condições de atmosfera controlada .....	81
<b>FIGURA 4.</b> Bolores e leveduras em abacaxi 'Pérola' minimamente processado durante 12 dias de acondicionamento sob diferentes condições de atmosfera controlada .....	82
<b>3.7. AGENTES ANTIOXIDANTES NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO .....</b>	<b>85</b>
<b>FIGURA 1.</b> Potencial hidrogeniônico de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos com agentes antioxidantes durante 8 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C .....	90
<b>FIGURA 2.</b> Atividade peroxidásica (UAE.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ) de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos com agentes antioxidantes durante 8 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C .....	92
<b>FIGURA 3.</b> Cor da polpa (valor L*) de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos com agentes antioxidantes durante 8 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C .....	93
<b>FIGURA 4.</b> Cor da polpa (valor a*) de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos com agentes antioxidantes durante 8 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C .....	94
<b>FIGURA 5.</b> Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes agentes antioxidantes (A), durante 8 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C (B).....	94
<b>FIGURA 6.</b> Acidez total titulável (% ácido cítrico) em abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes agentes antioxidantes (A), durante 8 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C (B).....	95
<b>3.8. COMPORTAMENTO DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO SUBMETIDO AO TRATAMENTO COMBINADO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E ÁCIDO CÍTRICO ..</b>	<b>97</b>
<b>FIGURA 1.</b> Potencial hidrogeniônico de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico (A), durante 12 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C (B) .....	103
<b>FIGURA 2.</b> Atividade peroxidásica (UAE.g <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ) de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico durante 12 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C.....	104
<b>FIGURA 3.</b> Cor da polpa (valor a*) de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico durante 12 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C.....	105
<b>FIGURA 4.</b> Concentração de CO <sub>2</sub> (%) no interior dos frascos de acondicionamento de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico durante 12 dias a 4 ± 1°C.....	106

<b>FIGURA 5.</b> Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 12 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	107
<b>FIGURA 6.</b> Teor de açúcares totais ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) ( <b>A</b> ), redutores ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) ( <b>B</b> ) e não-redutores ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) ( <b>C</b> ) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 12 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	108
<b>FIGURA 7.</b> Acidez total titulável (% de ácido cítrico) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 12 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	109
<b>FIGURA 8.</b> Teor de ácido ascórbico ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico durante 12 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	110
<b>FIGURA 9.</b> Sabor residual (grau de diferença) em abacaxi ‘Pérola’ MP decorrente de diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico.	111
<b>FIGURA 10.</b> Microrganismos aeróbios mesófilos ( $\log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$ ) em abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico durante 13 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	112
<b>FIGURA 11.</b> Bolores e leveduras ( $\log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$ ) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 12 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	113
<b>3.9. VIDA ÚTIL DE ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO SUBMETIDO AO TRATAMENTO COMBINADO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E ÁCIDO CÍTRICO.</b>	<b>115</b>
<b>FIGURA 1.</b> Cor da polpa (valores $L^*$ ( <b>A</b> ) e $a^*$ ( <b>B</b> )) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e cítrico durante 11 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	120
<b>FIGURA 2.</b> Cor da polpa (notas ( <b>A</b> ) e notas x valor $a^*$ ( <b>B</b> )) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e cítrico durante 11 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	121
<b>FIGURA 3.</b> Aspecto desidratado de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e cítrico.	122
<b>FIGURA 4.</b> Aroma ( <b>A</b> ) e sabor ( <b>B</b> ) de fruto sobremaduro observados em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 11 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	123
<b>FIGURA 5.</b> Configuração da análise descritiva para abacaxi ‘Pérola’ MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e cítrico durante 11 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . ( <b>A</b> ) 0,0:0,0 (Controle); ( <b>B</b> ) 1,0:0,5 (AA:AC, %).	124
<b>FIGURA 6.</b> Aceitabilidade (notas) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e cítrico durante 11 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	125
<b>FIGURA 7.</b> Microrganismos aeróbios mesófilos ( $\log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$ ) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 11 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	126
<b>FIGURA 8.</b> Bolores e leveduras ( $\log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$ ) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 11 dias de acondicionamento a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .	126

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a otimização das várias etapas do processamento mínimo do abacaxi, com ênfase nos procedimentos de sanitização e nos tratamentos de prevenção ao escurecimento da polpa do fruto. Para tanto, foram conduzidos nove experimentos. Inicialmente, realizou-se a caracterização sensorial e definiu-se o formato de corte preferido para a comercialização do abacaxi minimamente processado (MP). Em seguida, estudou-se os procedimentos de sanitização, incluindo a determinação das concentrações de hipoclorito de sódio para desinfecção da casca e sanitização da polpa do fruto e a avaliação da vanilina e do peróxido de hidrogênio como alternativas à utilização do hipoclorito de sódio. Na etapa seguinte, avaliou-se a influência do tipo de corte e da temperatura sobre a atividade respiratória e a síntese de etileno em abacaxi MP, seguindo-se a investigação do seu comportamento quando armazenado sob diferentes condições de atmosfera controlada. Posteriormente, avaliou-se a utilização de agentes antioxidantes na manutenção da qualidade dos frutos MP. Finalmente, utilizando o melhor tratamento antioxidante, previamente estabelecido, determinou-se a vida útil do abacaxi MP. De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que, no processamento mínimo, o corte do abacaxi no formato de fatias foi preferido ao formato em cubos. O comportamento respiratório do abacaxi MP em ambos os tipos de corte foi semelhante, com taxa respiratória inicial equivalente ao dobro da observada nos frutos inteiros descascados. Não foi detectada síntese de etileno no período de 12 horas posteriores ao processamento mínimo. Quanto à utilização de agentes sanitizantes, o hipoclorito de sódio utilizado na desinfecção da casca e sanitização da polpa do fruto proporcionou menores populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras, sem conferir sabor residual ao produto MP. Tanto a vanilina quanto o peróxido de hidrogênio foram ineficientes na redução das populações endofíticas de microrganismos presentes no abacaxi MP. De maneira geral, o abacaxi MP foi pouco sensível ao acondicionamento sob atmosfera controlada, havendo, somente, uma ligeira redução no crescimento microbiano dos frutos acondicionados sob condições de 5% de O<sub>2</sub> e 15% de CO<sub>2</sub>. O tratamento de imersão em solução combinada de 1,0% de ácido ascórbico e 0,5% de ácido cítrico acrescida de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> proporcionou ao abacaxi MP vida útil de 8 dias, quando acondicionado em embalagem de polietileno tereftalato sob temperatura de 4 ± 1°C,

constatando-se, após esse período, o desenvolvimento de aroma característico de abacaxi sobremaduro.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, processamento mínimo, desinfecção, sanitização, crescimento microbiano, atmosfera controlada, agentes antioxidantes, escurecimento enzimático.

## ABSTRACT

### FRESH-CUT 'PÉROLA' PINEAPPLE

The objective of this work was to optimize some phases of the pineapple minimum processing, emphasizing the sanitation processes and the treatments that would prevent the pulp browning of the fruit. Nine experiments were carried out. Initially, the sensorial characterization of the pineapple was made and the preferred cut shape for the commercialization as fresh-cut was determined. After that, the sanitation processes were studied, including the determination of sodium hypochlorite concentrations for disinfection of intact fruit and sanitation of fruit pulp and the evaluation of vanillin and hydrogen peroxide as alternatives to the use of sodium hypochlorite. In the next phase, the influence of cut shape and temperature on the respiratory activity and ethylene synthesis in fresh-cut pineapple was evaluated. After that, the behavior of fresh-cut pineapple stored under controlled atmosphere was studied. Afterward, the use of antibrowning agents in order to maintain the quality of fresh-cut pineapple was evaluated. Finally, the shelf life of fresh-cut pineapple was determined, using the best-established antibrowning treatment. The experiments showed that pineapple cut in slices was preferred to cubes. The respiratory behavior of slices and cubes was very similar, with initial respiratory rates corresponding to the double of the observed in the peeled fruits. Ethylene synthesis was not detected during 12 hours of evaluation. The use of sanitation agents showed that the intact fruit disinfection associated with sanitation of pineapple slices with chlorine solution provided smaller microbial population, without conferring residual taste to the fresh-cut product. The vanillin and the hydrogen peroxide were inefficient in the reduction of mesophile aerobics and molds and yeasts endophytic populations on fresh-cut pineapple. In general way, the fresh-cut pineapple was little sensible to the storage under controlled atmosphere, with a slight reduction on the microbial growth of fruits stored at 5% O<sub>2</sub> and 15% CO<sub>2</sub>. The combined treatment of 1% ascorbic acid and 0,5% citric acid, with NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup>, provided 8 days of shelf life to the fresh-cut pineapple, when it was placed in polyethylene terephthalate packages and stored at 4 ± 1°C. The development of over-ripe pineapple flavor was verified after that period.

**Keywords:** *Ananas comosus*, minimal processing, disinfection, sanitation, microbial growth, controlled atmosphere, antibrowning agents, enzymatic browning.

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação com uma alimentação mais saudável, o aumento da expectativa de vida da população, a crescente participação feminina no mercado de trabalho e o aumento do número de pessoas que moram sozinhas têm provocado uma revolução nos hábitos de consumo da população brasileira, particularmente nos grandes centros urbanos.

Os alimentos minimamente processados (MP) surgem como uma adequação ao novo e exigente mercado consumidor, conquistando-o com a praticidade e conveniência, aliadas à preservação do frescor e da qualidade nutricional, próprios dos produtos frescos.

De acordo com a International Fresh-Cut Produce Association (IFPA), os Estados Unidos da América movimentaram, no ano de 2000, cerca de US\$ 10-12 bilhões em frutas e hortaliças MP, com estimativa de crescimento de 10-15% ao ano até 2005 (Garrett, 2002). O mercado brasileiro de frutas e hortaliças MP movimentou R\$ 450 milhões no ano de 1998, sendo observado, no período de 1996 a 1999, um aumento de 200% na oferta de tais produtos na Grande São Paulo (Costa, 2000; citado por Hanashiro, 2003).

A crescente demanda por vegetais MP têm levado à ampliação das áreas destinadas a estes produtos nos principais pontos de venda, onde já se pode encontrar alho, cebola, cebolinha, salsa, abóbora, abobrinha, cenoura, beterraba, mandioquinha, chuchu, vagem, quiabo, pimentão, salsão, couve-flor, repolho, brócolis, rúcula, alface, espinafre, couve, acelga e agrião, entre outros.

Tamanha variedade não é observada na oferta de frutos MP, que se restringem, na maioria das vezes, à melancias e melões, comercializados em porções menores como  $\frac{1}{2}$  ou  $\frac{1}{4}$  do fruto. O abacaxi já pode ser encontrado em vários pontos de venda, nas diversas formas: descascado com coroa reduzida, descascado sem coroa e fatiado com ou sem cilindro central. Em lojas de conveniência dos grandes centros urbanos pode-se ainda encontrar saladas de frutas comercializadas em pequenas porções. A diferença entre o número de itens oferecidos se dá em função da dificuldade de conservação e elevada perecibilidade dos frutos, o que implica numa vida útil de 1 a 2 dias, enquanto as hortaliças, quando devidamente acondicionadas, apresentam prazo de validade entre 4 e 8 dias.

Parece evidente, portanto, a necessidade de conhecimento da fisiologia dos frutos que apresentam potencial para comercialização na forma de minimamente processados,

principalmente quando submetidos a situações de estresse físico, bem como o estabelecimento de tecnologias que proporcionem o prolongamento da vida útil com a manutenção da qualidade sensorial, nutricional e microbiológica do vegetal.

A comercialização do abacaxi na forma de minimamente processado justifica-se pela própria estrutura morfológica do fruto que impõe certa dificuldade para o consumo imediato, bem como pela grande aceitação do fruto, visto que, do total produzido de 2.821.066 toneladas no ano de 2001, foram exportadas somente 17.846 toneladas, sendo 14.457 na forma de fruto fresco ou seco e 3.389 na forma de suco de abacaxi não fermentado (FNP Consultoria & AgroInformativos, 2003), o que leva a crer que a produção brasileira é quase que totalmente absorvida pelo mercado interno.

Dentro deste contexto, este trabalho teve como objetivo geral a otimização das várias etapas do processamento mínimo do abacaxi, com ênfase nos procedimentos de sanitização e nos tratamentos de prevenção ao escurecimento da polpa do fruto. A caracterização sensorial, bem como o formato de corte preferido para a comercialização do abacaxi MP foram abordados no trabalho 1 (item 3.1). A determinação das concentrações de hipoclorito de sódio para desinfecção da casca e sanitização da polpa do fruto e a avaliação da vanilina e do peróxido de hidrogênio como alternativas à utilização do hipoclorito de sódio foram apresentadas nos trabalhos 2, 3 e 4 (itens 3.2, 3.3 e 3.4), respectivamente. No trabalho 5 (item 3.5) foi avaliada a influência do tipo de corte e da temperatura sobre a atividade respiratória e a síntese de etileno em abacaxis MP, enquanto que no trabalho 6 (item 3.6) investigou-se o comportamento de abacaxis MP armazenados sob diferentes condições de atmosfera controlada. A utilização de agentes antioxidantes na manutenção da qualidade dos frutos MP foi avaliada nos trabalhos 7 e 8 (itens 3.7 e 3.8, respectivamente). Finalmente, no trabalho 9 (item 3.9), determinou-se a vida útil do abacaxi MP submetido ao melhor tratamento antioxidante, estabelecido no trabalho 8 (item 3.8). Com exceção dos trabalhos 5 e 6, realizados no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Hortifrutícolas do Instituto de Tecnologia de Alimentos (FRUTHOTEC / ITAL), os demais trabalhos foram conduzidos na Embrapa Agroindústria Tropical (CNPAT / EMBRAPA).

Espera-se que os resultados advindos deste trabalho sejam úteis aos processadores de alimentos, contribuindo para a oferta de frutos MP de elevada qualidade e livres de contaminação microbiana que ofereça riscos à saúde do consumidor.

**“Das fructas do paiz a mais louvada  
É o régio ananás, fructa tão boa  
Que a mesma natureza namorada  
Quiz como o rei cingil-a da coroa”**

**Do poema Caramuru, escrito por Santa Rita Durão em 1781.**

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Características da planta e do fruto**

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é uma planta originária do continente americano, sendo encontrado desde a América Central até o norte da Argentina. O centro de origem parece ter sido o Brasil central, de onde se disseminou para as demais regiões (Simão, 1998).

O abacaxizeiro é uma planta perene, monocotiledônea, pertencente à família *Bromeliaceae*, cujo ciclo varia de 12 a 30 meses. É composto por uma haste central curta e grossa, em cuja volta crescem folhas em forma de calha, estreitas e rígidas, e na qual também se inserem raízes axilares. O sistema radicular é fasciculado, superficial e fibroso, encontrado, em geral, à profundidade de 15 a 30cm e raramente a mais de 60cm da superfície do solo. A haste central, ao término do desenvolvimento vegetativo, dá origem à inflorescência, que possui cerca de 150 a 200 flores orientadas em espiral, que se abrem da base para o ápice. A completa floração se dá em 3 a 4 semanas. O fruto, botanicamente denominado sincarpo, é constituído por 100 a 200 frutinhos (bagas), normalmente partenocárpicos, fundidos entre si sobre o eixo central (Cunha et al., 1994; Simão, 1998).

O abacaxi apresenta excelente qualidade organoléptica, decorrente do sabor e aroma característicos que lhe são atribuídos por diversos constituintes químicos, ressaltando os açúcares e os ácidos responsáveis pelo sabor e os compostos voláteis associados ao aroma. Os carotenóides são responsáveis pela coloração amarela da polpa de algumas cultivares, estando, as vitaminas e os minerais, relacionados ao valor nutritivo (Gonçalves, 2000).

Dentre os açúcares, destaca-se a sacarose, com teores entre 5,9 e 12,0%, o que representa, em média, 66% dos açúcares totais nos frutos maduros. A glicose e a frutose variam, normalmente, de 1,0 a 3,2% e de 0,6 a 2,3%, respectivamente (Gonçalves, 2000).

A acidez do abacaxi é devida, principalmente, aos ácidos cítrico e málico, que contribuem, respectivamente, com 80 e 20% da acidez total (Dull, 1971). No interior do fruto, a acidez aumenta da região basal para a apical, acompanhando o gradiente de maturação. Observa-se que a acidez é muito mais acentuada na região próxima à casca quando comparada à do cilindro central (Botrel & Patto de Abreu, 1994).

O abacaxi é classificado como fruto não climatérico (Dull, 1971; Wills et al., 1981), não apresentando, portanto, uma mudança súbita na demanda de energia, como ocorre nos frutos climatéricos, responsável pela ascensão na taxa respiratória (Chitarra & Chitarra, 1990).

O ponto de colheita é dependente do destino que será dado à produção, sendo a maturação avaliada, na prática, pela coloração da casca, que passa de verde para amarelada (Botrel & Patto de Abreu, 1994).

De acordo com o Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2003), o abacaxi é classificado em grupo, subgrupo, classe e categoria de qualidade. Quanto ao grupo, o abacaxi é classificado de acordo com a coloração da polpa. O subgrupo está relacionado à coloração externa da infrutescência, sendo discriminado como: verde ou verdoso - frutos que apresentam a casca completamente verde; pintado - frutos com o centro dos frutinhos amarelo; colorido - frutos que apresentam até 50% dos frutinhos completamente amarelos; amarelo - frutos que apresentam mais de 50% dos frutinhos completamente amarelos. Quanto à classe, o fruto é classificado com relação à sua massa, enquanto a categoria de qualidade estabelece tolerâncias diferentes aos defeitos leves e graves.

As principais cultivares de abacaxi exploradas em todo o mundo são: Smooth Cayenne, Singapore Spanish, Queen, Red Spanish, Pérola e Perolena, sendo que as cultivares Smooth Cayenne e Pérola lideram o mercado brasileiro. A primeira é bastante explorada no Triângulo Mineiro, enquanto a cultivar Pérola é cultivada na região Nordeste e no Estado do Pará. O Estado do Tocantins vêm se destacando na abacaxicultura com o cultivo da cultivar Jupi (Gonçalves, 2000).

Os frutos da cultivar Pérola apresentam formato cônico com polpa de coloração branco-pérola, muito suculenta e de sabor muito agradável, com valores de textura em torno de 2,4kgf. Os teores de sólidos solúveis variam entre as porções do fruto, sendo que a região basal apresenta valores sempre superiores às regiões mediana e apical (Usberti Filho et al., 1999). Tais valores podem variar entre 13,10 e 15,10°Brix para frutos maduros (Manica, 1999). A acidez total titulável varia entre 0,57 e 0,67%, sendo expressa como porcentagem de ácido cítrico, enquanto o pH da polpa se enquadra na faixa de 3,5 a 3,9. Dentre os componentes vitamínicos, destaca-se o ácido ascórbico, com teores médios de 26,6mg.100g<sup>-1</sup> de polpa (Usberti Filho et al., 1999).

## **2.2. Processamento mínimo**

Produtos minimamente processados (MP) são definidos como frutos ou hortaliças fisicamente alterados de sua forma original, permanecendo, no entanto, no estado fresco (International Fresh-Cut Produce Association – IFPA, 2003).

O seguinte fluxograma para o processamento mínimo de abacaxi foi proposto por Bastos et al. (2000), baseado em ensaios conduzidos na Embrapa Agroindústria Tropical (CNPAT / EMBRAPA).



Não menos importantes são as etapas de colheita, processamento no campo e transporte do campo ao local de processamento.

**Colheita:** a colheita manual ainda é a mais utilizada por possibilitar a adequada seleção do ponto de maturação. As operações de colheita requerem manuseio cuidadoso e um bom padrão de higiene no campo, com atenção especial para os seguintes procedimentos: remover as unidades infectadas ou que não apresentem padrão de qualidade comercial; realizar limpeza e desinfecção dos implementos utilizados na colheita; evitar injúrias físicas; realizar a colheita nos períodos mais frescos do dia ou à noite; evitar exposição direta do produto às condições climáticas adversas, bem como não colocar o produto diretamente no solo; remover o produto colhido do campo ou mantê-lo em local sombreado; caso necessário,

realizar um pré-resfriamento, visando a remoção do calor de campo; evitar o manuseio excessivo do produto (Chitarra, 1998).

**Processamento no campo:** a seleção do produto pelo tamanho, defeitos e grau de maturação pode ser realizada no campo ou na área externa à unidade de processamento. A vantagem desta etapa ser realizada no campo é a possibilidade de descarte das partes do vegetal que não serão utilizadas no processamento, como folhas e caules, assim como a eliminação de materiais estranhos (Chitarra, 1998).

**Transporte do campo para o local de processamento:** deve ser realizado o mais rápido possível, preferencialmente nos horários de temperatura amena. Caso o transporte seja a longas distâncias, recomenda-se que sejam utilizados veículos refrigerados. Devem ser evitados os choques mecânicos, as vibrações e as cargas excessivas, a fim de evitar o amassamento do produto vegetal (Chitarra, 1998).

**Recepção / Seleção:** os abacaxis devem ser recebidos na área externa, evitando-se, desta forma, a contaminação da unidade de processamento pelas sujidades provenientes do campo. Nesta área os frutos são selecionados de acordo com o estágio de maturação (mínimo de 50% dos frutinhos amarelos) e integridade física (Bastos et al., 2000).

**Lavagem:** após a seleção, os frutos deverão ser submetidos a uma lavagem por aspersão e água corrente (Bastos et al., 2000). Alguns produtos vegetais, principalmente aqueles que ficam em contato direto com o solo, necessitam de uma lavagem com solução de detergente para que haja uma melhor remoção dos microrganismos e sujidades que aderem à superfície dos mesmos. Faz-se necessário, neste caso, um enxágue com água tratada para a devida remoção das sujidades e do resíduo de detergente (Chitarra, 1998).

**Desinfecção:** nesta etapa os abacaxis devem ser submetidos a uma lavagem mais criteriosa, sendo imersos em água contendo  $200\text{mg.L}^{-1}$  de cloro durante 2 minutos. Utiliza-se utensílios, como escovas, para melhor remoção das sujidades e promoção de uma higienização mais eficiente. Nesta etapa devem ser retiradas as coroas (Bastos et al., 2000). De acordo com Chitarra (1998), a desinfecção com água clorada é uma das etapas mais importantes no processamento mínimo, uma vez que promove a redução da carga microbiana presente na superfície do produto, sendo o tratamento por imersão um meio eficiente para a eliminação da maioria dos microrganismos que tenham permanecido após a lavagem com detergente. A legislação brasileira não menciona outros princípios ativos a não ser os

clorados, ou seja, os liberadores de cloro ativo, como o hipoclorito de sódio e o dicloroisocianurato (Chitarra, 1998). O enxágue final, com água potável contendo 2 a 5mg.L<sup>-1</sup> de cloro (água tratada comum), promove a eliminação dos resíduos (Chitarra, 1998).

**Drenagem:** os frutos devem ser colocados em caixas plásticas previamente higienizadas para facilitar a drenagem da água (Bastos et al., 2000).

**Resfriamento:** após a completa drenagem, os frutos devem ser mantidos sob refrigeração, em temperaturas entre 10 e 12°C (Bastos et al., 2000).

**Descascamento:** os frutos devem ser descascados manual ou mecanicamente (Bastos et al., 2000). O produto deve ser manuseado com o máximo cuidado a fim de evitar danos excessivos (Chitarra, 1998).

**Fatiamento:** após a retirada do cilindro central, manual ou mecanicamente, os frutos devem ser fatiados transversalmente (Bastos et al., 2000). As lâminas cortantes devem ser de aço inoxidável, finas e afiadas para a obtenção de um corte satisfatório e com o mínimo dano ao produto (Chitarra, 1998).

**Banho de imersão:** as fatias devem ser submetidas a um banho de imersão em solução contendo 20mg.L<sup>-1</sup> de cloro, durante 15 segundos, à temperatura de 7 a 10°C (Bastos et al., 2000).

**Embalagem:** deverá ser realizada em caixas de polietileno ou demais recipientes convenientes ao mercado (Bastos et al., 2000). A seleção da embalagem apropriada para produtos MP exige o conhecimento prévio das características do produto, tais como taxa respiratória e síntese de etileno. De forma semelhante, a permeabilidade aos gases, para cada tipo de filme polimérico, é determinada pela quantidade e espessura do material, logo, a escolha da embalagem requer a otimização dos fatores físicos, químicos e ambientais (Chitarra, 1998).

**Armazenamento:** realizado sob temperaturas de 4 a 5°C (Bastos et al., 2000).

**Distribuição:** deverá ser rápida e eficiente, de forma que o produto esteja disponível no tempo certo e a um custo razoável. Deve-se evitar, no transporte, os danos mecânicos devido à sobrecarga, às vibrações e aos choques (Chitarra, 1998).

## **2.3. Fatores que influenciam a qualidade de frutos e hortaliças minimamente processados**

### **2.3.1. Nível de dano**

Frutas e hortaliças MP são mais perecíveis que os respectivos produtos inteiros devido à presença de células danificadas sobre a superfície cortada. A otimização da técnica de corte é altamente dependente do tecido vegetal a ser cortado, sendo, seu sucesso, vinculado à minimização dos danos no produto final, garantindo a melhor qualidade possível e retardando o processo natural de deterioração do produto vegetal (Sanguansri, 1997).

De acordo com Abeles, Morgan & Saltveit (1992), a ocorrência de injúrias em tecidos vegetais conduz, num período de aproximadamente 1 hora, à elevação na síntese de etileno, atingindo nível máximo dentro de 6 a 12 horas. Watada, Abe & Yamuchi (1990) observaram que o fatiamento de bananas verdes conduziu à intensificação da síntese de etileno, verificando a existência de uma inter-relação entre a espessura do corte e o nível de etileno sintetizado, sendo que fatias com espessura de 2mm apresentaram síntese de etileno substancialmente mais elevada que fatias de 4 ou 6mm. O etileno sintetizado em resposta às injúrias acelerou o amolecimento da polpa de bananas e kiwis MP, bem como a perda de clorofila em espinafre MP (Abe & Watada, 1991).

Segundo Brecht (1995), tanto a intensidade dos cortes quanto a direção em que foram realizados interferiram na deterioração de pimentão verde MP, que foi mais lenta nos cortes transversais quando comparado aos longitudinais. De acordo com o autor, tais resultados parecem estar associados à maior solubilização da pectina na superfície das fatias longitudinais.

As respostas aos danos físicos diferem entre frutos climatéricos e não-climatéricos (Rosen & Kader, 1989). Verificou-se que o etileno sintetizado a partir de tecido lesionado não apresentou efeito sobre o amadurecimento de frutos não-climatéricos, promovendo, no entanto, o amadurecimento dos climatéricos (Brecht, 1995).

O aumento na taxa respiratória em tecidos vegetais lesionados parece ser uma consequência da elevação do etileno, que estimula a respiração. De acordo com Zagory (1998), o incremento na taxa respiratória possivelmente está relacionado ao aumento da área superficial exposta à atmosfera, decorrente do corte, que permite a rápida difusão do O<sub>2</sub> para

o interior das células, assim como ao aumento na atividade metabólica das células danificadas.

Watada, Abe & Yamuchi (1990) verificaram que a taxa respiratória de kiwis maduros, descascados e fatiados, foi duas vezes superior àquela constatada nos frutos inteiros, no entanto, não observaram efeito semelhante em bananas maduras.

Sarzi et al. (2000) verificaram que abacaxis 'Pérola' descascados e cortados em fatias transversais apresentaram taxa respiratória superior àqueles somente descascados, com pico de respiração uma hora após o corte.

### **2.3.2. Sanitização**

A qualidade e a segurança de frutas e hortaliças MP são dependentes do nível de contaminação inicial, que por sua vez, é influenciada pelas etapas de produção. As fontes de contaminação microbiana dos produtos vegetais são diversas, iniciando-se na fase de produção, quando há contato com solo, água, microrganismos, insetos e manipuladores, continuando durante as etapas de colheita, manuseio e transporte e finalizando no preparo do produto pelo consumidor (Vanetti, 2000).

Na indústria, o manuseio impróprio, o uso de equipamentos mal sanitizados e algumas etapas do processamento mínimo, como o fatiamento, geralmente promovem o aumento da população de microrganismos, podendo comprometer a qualidade e a segurança final do produto (Vanetti, 2000).

A lavagem com água é a primeira operação a que as frutas e hortaliças são submetidas durante o processamento mínimo, quando são removidos resíduos de solo e fragmentos do vegetal (Vanetti, 2000). No entanto, esse procedimento tem efeito limitado sobre a microbiota (Brackett, 1992b; Nguyen-The & Carlin, 1994), podendo até facilitar a disseminação de contaminantes, caso a água utilizada para lavagem seja reciclada (Brackett, 1992b) ou de má qualidade.

A sanitização é uma etapa de relevância no processamento mínimo, sendo que o cloro, nas suas várias formas, consiste no sanitizante mais utilizado em alimentos (Dychdala, 1991; Brecht, 1995). Os compostos à base de cloro são germicidas de amplo espectro de ação, que reagem com as proteínas da membrana das células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares (Vanetti, 2000).

A ampla utilização do hipoclorito de sódio (NaOCl) se dá em função de sua rápida ação, fácil aplicação e completa dissociação em água. O cloro, na forma de hipoclorito, é utilizado na limpeza e sanitização de produtos frescos e equipamentos, assim como na sanitização da própria planta de processamento (Park, Rua Jr. & Acker, 1991). O NaOCl, em água, origina hidróxido de sódio (NaOH) e ácido hipocloroso (HOCl). A eficiência germicida do cloro depende da sua concentração na forma ativa (ácido hipocloroso) presente na solução sanitizante (Dychdala, 1991). Este, por sua vez, se dissocia em  $H^+$  e íon hipoclorito ( $OCl^-$ ).



Tanto o HOCl quanto o  $OCl^-$  apresentam atividade germicida, sendo considerados como Cl livre (ativo). No entanto, a atividade germicida do ácido é consideravelmente maior que a do íon, sendo de 20 a 300 vezes mais letal aos microrganismos. A eficiência da atividade germicida é dependente de alguns fatores, tais como: concentração, temperatura e pH da solução, tempo de exposição e tipos de microrganismos presentes (Suslow, 1997).

A relação entre a concentração do ácido hipocloroso e a do íon é controlada, principalmente, pelo pH da solução. A faixa de pH mais apropriada compreende valores entre 6,0 e 7,5, com concentrações de ácido hipocloroso variando de 98 a 83%, respectivamente, sob temperatura de 0°C (Zagory et al., 1993).

A utilização de hipoclorito, tanto de sódio quanto de cálcio, promove o aumento do pH da solução a valores superiores a 7,5, o que reduz sua atividade germicida. A elevação do pH é decorrente do acúmulo de íons hidróxido, uma vez que os íons de hipoclorito ( $OCl^-$ ) combinam-se com os hidrogênios ( $H^+$ ) formando o ácido hipocloroso, enquanto que as hidroxilas são acumuladas, promovendo o aumento do pH da solução. A adição de alguns compostos à solução, como os ácidos cítrico e clorídrico, visa a neutralização da alcalinidade e manutenção dos valores apropriados de pH (Suslow, 1997).

A temperatura exerce grande influência na atividade germicida, uma vez que a máxima solubilidade do Cl livre é atingida em água sob temperatura de 3°C (Zagory et al., 1993).

Soluções de cloro 50-200mg.L<sup>-1</sup> são amplamente utilizadas na sanitização de frutas e hortaliças frescas, bem como de produtos vegetais MP. No entanto, a água clorada não é tão eficiente em tais produtos quando se compara à sua atividade letal, observada em sistemas aquosos simples, como no processo de tratamento de água ou em superfícies sólidas e não porosas, onde o contato com a matéria orgânica, que converte o cloro ativo para sua forma inativa, é mínimo (Beuchat et al., 1998). Concentrações mais elevadas de cloro parecem ser a causa da descoloração observada em alguns produtos, além de promover o aumento da corrosão de equipamentos e formar cloraminas voláteis, que representam risco à saúde dos trabalhadores (Hurst, 1995).

Mazzolier, 1988, citado por Nguyen-The & Carlin (1994), estudou os efeitos de diferentes concentrações de cloro sobre a contagem de coliformes totais e fecais em folhas de alface, obtendo a maior contagem nas amostras não tratadas. A população de coliformes totais foi consideravelmente reduzida com a utilização de solução de cloro 50mg.L<sup>-1</sup>, sendo que as concentrações mais elevadas (cerca de 200mg.L<sup>-1</sup>) não promoveram redução adicional na contagem destes microrganismos. Os coliformes fecais parecem ser muito sensíveis ao cloro, não sendo detectados em 70, 100 e 90% das amostras de folhas tratadas com 10, 20 e 50mg.L<sup>-1</sup> de cloro livre, respectivamente; enquanto que 70% das amostras não tratadas apresentaram-se contaminadas por coliformes fecais. O prolongamento do período de exposição de 5 para 20 ou 30 minutos, assim como a variação dos valores de pH da solução entre 4,0 e 8,8 interferiu ligeiramente sobre a contagem de coliformes totais.

A imersão de abacaxis 'Pérola' MP em solução de NaOCl 100 ou 200mg.L<sup>-1</sup>, durante 5 minutos, não interferiu na qualidade do produto durante 6 dias de acondicionamento a 8°C e 85% UR (Prado et al., 2000a). De acordo com os autores, a higienização e a sanitização foram fundamentais para o êxito do processamento, enfatizando, inclusive, a necessidade de elaboração de uma legislação voltada para frutos minimamente processados.

A busca por tratamentos alternativos, seja devido às possíveis restrições quanto à utilização do cloro, seja pela crescente demanda por produtos livres de aditivos químicos têm conduzido à avaliação de diversos agentes antimicrobianos, dentre os quais pode-se destacar os seguintes: dióxido de cloro, bissulfito de sódio, dióxido de enxofre, ácidos orgânicos, cloreto de cálcio, ozônio (Brecht, 1995; Izumi, 1999), peróxido de hidrogênio (Sapers &

Simmons, 1998) e os antimicrobianos naturais como a vanilina e os óleos essenciais provenientes de plantas (Cerrutti & Alzamora, 1996).

### **2.3.3. Temperatura**

A manipulação da temperatura constitui técnica amplamente utilizada e de grande importância na minimização dos efeitos causados pelos danos físicos em vegetais MP. As reações metabólicas são reduzidas cerca de 2 a 3 vezes para cada 10°C reduzidos na temperatura. O aumento na taxa respiratória e na síntese de etileno, assim como outras reações associadas aos tecidos que sofreram algum tipo de injúria física, são minimizados quando o produto é processado sob baixa temperatura. O enxágue em água fria, após o processo, pode ser benéfico por promover o abaixamento e auxiliar na manutenção da temperatura, sendo que os melhores resultados são obtidos quando a temperatura da água de enxágue encontra-se entre 0 e 5°C (Brecht, 1995).

A temperatura ótima para conservação de frutos e hortaliças varia em função do período de armazenamento e do produto, uma vez que as espécies vegetais, e mesmo as cultivares, diferem quanto à sensibilidade às baixas temperaturas. De acordo com Watada & Qi (1999), cerca de 40% dos produtos comercializados frescos são sensíveis à ocorrência de injúrias causadas pelo frio; no entanto, em se tratando de frutos e hortaliças MP, a conservação sob baixas temperaturas é preferível àquelas que conduzem à rápida deterioração do produto. Izumi & Watada (1995) concluíram que a melhor temperatura para conservação de abobrinha fatiada foi de 5°C, apesar da ocorrência de baixos níveis de injúria pelo frio. As amostras mantidas, durante 17 dias, a 0°C apresentaram excessivo dano pelo frio, ao passo que as acondicionadas a 10°C apresentaram intenso escurecimento decorrente da deterioração natural do produto. De forma semelhante, O'Connor-Shaw et al. (1994) observaram que o nível de injúrias causadas pelo frio, em melões MP mantidos a 4°C, foi inferior ao nível de deterioração natural quando sob temperaturas mais elevadas.

De acordo com O'Connor-Shaw et al. (1994), a utilização das temperaturas recomendadas para o armazenamento de frutos inteiros não apresentou benefícios na conservação dos frutos quando submetidos ao processamento mínimo. Os mesmos autores obtiveram os períodos de conservação de 2, 4, 11 e 14 dias, para kiwi e papaia, melão

‘Cantaloupe’, abacaxi e melão ‘Honeydew’, respectivamente, quando minimamente processados e acondicionados a 4°C.

O principal empecilho à conservação dos produtos vegetais MP corresponde à exposição destes à temperaturas inadequadas, em específico, nas operações de distribuição e comercialização, uma vez que as gôndolas de venda encontram-se, normalmente, desajustadas e incapazes de manter a temperatura recomendada pelo processador (Brackett, 1992a).

#### **2.3.4. Atmosfera controlada**

A atmosfera controlada (AC) consiste num processo bifásico que envolve a alteração intencional e a manutenção precisa da atmosfera ao redor do produto vegetal (International Fresh-Cut Produce Association - IFPA, 1998).

A redução dos níveis de O<sub>2</sub> e o aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> podem retardar o amadurecimento dos frutos, reduzir a taxa de respiração e de produção de etileno e desacelerar várias alterações metabólicas (Zagory & Kader, 1988). Níveis de O<sub>2</sub> inferiores a 1% e de CO<sub>2</sub> superiores a 10% suprimem significativamente o crescimento fúngico (Kader, 1986; Zagory, 1999). De acordo com Farber (1991), as alterações metabólicas causadas pelo CO<sub>2</sub> conduzem a célula ao estresse, resultando na redução da taxa de crescimento microbiano.

Qi, Wu & Watada (1999) observaram que a perda de qualidade em melões ‘Honeydew’ MP mantidos sob condições de 2,0:10,0 e 4,0:10,0 (O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>,%), foi concomitante ao aumento na taxa respiratória, verificado a partir do 3º e do 5º dia, para frutos MP mantidos a 10 e 5°C, respectivamente. De acordo com os autores, as composições gasosas utilizadas foram benéficas na manutenção da qualidade e no controle do crescimento microbiano, no entanto, o controle da temperatura é imprescindível para que não ocorra respiração anaeróbia.

O acondicionamento de abacaxis *in natura* sob AC de 3-5% O<sub>2</sub> e 5-8% CO<sub>2</sub> proporciona a redução da taxa respiratória e o prolongamento da vida útil, sendo que a exposição aos níveis inferiores a 2% O<sub>2</sub> e superiores a 10% CO<sub>2</sub> parece favorecer o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis (Kader, 2003). Limites de CO<sub>2</sub> relativamente mais amplos (1-20% CO<sub>2</sub> e 2-5% O<sub>2</sub>) foram estabelecidos por O’Connor Shaw et al. (1996) para o acondicionamento de abacaxi *in natura*. Há, no entanto, pouca informação disponível sobre as condições de AC ideais para o acondicionamento de frutos minimamente

processados. De acordo com Gorny (2003), níveis de 10% de CO<sub>2</sub> promovem a redução na deterioração de abacaxi ‘Champaka’ MP, enquanto os níveis de O<sub>2</sub> inferiores a 5% conduzem ao desenvolvimento de sabor e odor desagradáveis decorrentes do processo fermentativo.

Os baixos níveis de O<sub>2</sub> utilizados durante o acondicionamento a 5°C de abacaxi ‘Champaka’ minimamente processado conduziram à retenção da coloração amarela, ao passo que as elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> reduziram o escurecimento da polpa (Marrero & Kader, 2001). De acordo com os mesmos autores, o acondicionamento do abacaxi MP sob condições de 2% O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> proporcionou vida útil de duas semanas.

### **2.3.5. Atmosfera modificada**

A atmosfera modificada (AM), assim como a AC, consiste na adição ou remoção dos gases que compõem a atmosfera normal do ar, dispensando, no entanto, o elevado grau de controle existente no acondicionamento sob AC. A AM pode ser passiva ou ativa. É passiva quando resultante da respiração do produto no interior da embalagem e ativa quando realizado o ajuste ideal, ou pelo menos adequado, da atmosfera na embalagem. Tal ajuste pode ser feito através de um vácuo e substituição imediata pela mistura gasosa desejável (Brackmann & Chitarra, 1998).

Pode-se considerar que todas as frutas e hortaliças MP são armazenadas sob AM, uma vez que o simples fato de acondicionar o produto vegetal MP em um filme plástico polimérico ou em uma bandeja rígida coberta por um filme plástico criará uma atmosfera modificada passivamente. No entanto, o conhecimento da taxa respiratória de um produto vegetal MP a uma dada temperatura, assim como sua atmosfera ótima de acondicionamento, são fatores imprescindíveis na determinação do melhor sistema de AM para aquele produto (Gorny, 1998b).

O propósito da AM é conseguir um balanço entre as diversas variáveis (taxa respiratória; temperatura; permeabilidade, área superficial e espessura do filme; massa de produto), de forma que a atmosfera da embalagem atinja rapidamente um equilíbrio com concentrações benéficas de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Este equilíbrio ocorre quando a respiração do produto consome O<sub>2</sub> à mesma razão que o filme permite a entrada deste gás, e produz CO<sub>2</sub> à mesma razão que permite a saída do CO<sub>2</sub> da embalagem. Frutas e hortaliças variam grandemente quanto à sensibilidade e tolerância às baixas concentrações de O<sub>2</sub> e elevadas de CO<sub>2</sub>, de forma

que torna-se imprescindível a definição prévia das condições ótimas para o produto antes que se proceda à seleção do filme para embalagem (Zagory, 1998).

O acondicionamento sob AM, combinado com baixas temperaturas, retarda a deterioração de frutas e hortaliças através da atenuação do processo natural que conduz o tecido à senescência e à morte.

Carbonari et al. (2000), avaliando o efeito de 3 diferentes embalagens (filme de PVC 12µm, filme a base de náilon e polietileno com vácuo parcial de 20pol Hg e embalagem de polietileno tereftalato - PET) para abacaxis 'Smooth Cayenne' cortados em fatias de 1,5cm com e sem cilindro central, verificaram, através da análise sensorial, que o produto mais aceito foi o abacaxi sem cilindro central na embalagem PET e o menos aceito foi o sem cilindro central em embalagem à vácuo. A vida útil do abacaxi, com e sem cilindro central, na embalagem PET foi de 11 dias, ao passo que o filme de PVC proporcionou durabilidade de 4 dias e a embalagem a vácuo de 7 e 11 dias, para fatias sem e com cilindro central, respectivamente.

### **2.3.6. Inibidores do escurecimento enzimático**

O escurecimento enzimático consiste num grave problema de qualidade, ocorrendo em vários produtos vegetais, principalmente em frutas como maçã, pêra, pêssego, banana e uva (Sapers, 1993).

O escurecimento ocorre na superfície cortada de frutas e hortaliças como resultado da descompartimentalização celular, o que permite o contato entre o substrato e as oxidases (Rolle & Chism, 1987). As principais enzimas responsáveis pelo escurecimento do tecido de frutos são a polifenoloxidase e a peroxidase (Gonçalves, 2000).

A polifenoloxidase, na presença de oxigênio atmosférico, promove a hidroxilação de compostos monofenólicos a o-difenóis que posteriormente são oxidados a o-quinonas. As quinonas condensam-se e reagem não-enzimaticamente com outros compostos como os fenólicos, amino-ácidos e proteínas, produzindo pigmentos de coloração escura e estrutura indeterminada (Sapers, 1993). Das, Bhat & Gowda (1997) não observaram atividade da polifenoloxidase no suco de abacaxi. Resultados semelhantes foram observados por Brito (2001), com as cultivares Pérola, Smooth Cayenne e IAC Gomo-de-Mel.

A peroxidase é uma enzima que catalisa a oxidação de um grande número de compostos fenólicos e aminas aromáticas à quinonas, utilizando peróxido de hidrogênio comoceptor de elétrons e causando mudanças indesejáveis no sabor, aroma, textura e coloração do fruto (Burnette, 1977; Hemeda & Klein, 1990; Iaderoza & Baldini, 1991; Clemente & Pastore, 1998). De acordo com Brito (2001), a atividade da peroxidase nas cultivares Pérola e Smooth Cayenne é de 5624 e 5137 U.g<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo tais valores referentes à média dos obtidos nas regiões apical, mediana e basal dos frutos.

A utilização de inibidores do escurecimento em produtos hortícolas MP é restrita aos compostos que não ofereçam riscos de toxidez e não interfiram negativamente no aroma e sabor característicos dos produtos (Sapers, 1993). Dentre os compostos amplamente utilizados no controle do escurecimento destaca-se o ácido ascórbico, por promover a redução do pH e exercer função de agente redutor (Barret, 1998), além de seu baixo custo e de ser totalmente seguro para o consumo humano (Sapers, 1993). O ácido ascórbico, no entanto, é consumido na reação, promovendo, dessa forma, uma proteção temporária contra o escurecimento. A completa oxidação do ácido ascórbico a dehidroascórbico possibilita o acúmulo de quinonas, podendo produzir pigmentos de coloração escura (Sapers, 1993; Laurila, Kervinen & Ahvenainen, 1998). De acordo com os últimos autores, tanto o ácido ascórbico quanto o eritórbico são igualmente eficientes na prevenção do escurecimento em abacaxi MP.

O'Connor-Shaw et al. (1994) observaram escurecimento em abacaxis cortados em pedaços aproximadamente cúbicos e armazenados em recipientes de polipropileno mantidos a 4°C. Carbonari et al. (2000) constataram maior escurecimento em fatias de abacaxis 'Smooth Cayenne', armazenadas a 5 ± 1°C e 85 ± 5% UR, quando retirou-se o cilindro central.

### **2.3.7. Crescimento microbiano**

Frutas e hortaliças são reconhecidas como fontes potenciais de microrganismos relevantes em saúde pública. O processamento mínimo pode favorecer a contaminação dos alimentos por microrganismos deterioradores e patogênicos, em razão do intenso manuseio e do aumento de injúrias no tecido vegetal, que diminuem a qualidade e a vida útil do produto (Wiley, 1994). A microbiota de frutas e hortaliças MP é especialmente importante uma vez

que estes produtos promovem a alteração do microambiente através da própria atividade metabólica (Brackett, 1987).

Embora o crescimento de microrganismos patogênicos e deterioradores possa ser inibido ou retardado através da combinação adequada de temperatura e atmosfera modificada, existe a necessidade de pesquisas que avaliem o risco potencial destes produtos veicularem patógenos, principalmente os psicrotrófilos, que são os mais relevantes para a segurança alimentar de frutas e hortaliças MP. Neste caso, a refrigeração não consiste num fator de restrição à multiplicação dos patógenos, e o prolongamento da vida útil permite que as bactérias atinjam número suficiente para provocar infecção alimentar (Cherry, 1999; Zagory, 1999). Dentre os patógenos psicrotrófilos destacam-se: *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* e *Aeromonas hydrophila*, que apresentam capacidade de crescimento em alguns produtos vegetais MP mantidos sob refrigeração (Cherry, 1999). De acordo com Brackett (1987), o crescimento de *L. monocytogenes* é intensificado sob condições de elevadas concentrações de CO<sub>2</sub>.

O crescimento microbiano parece não ter contribuído significativamente na deterioração de kiwis, papaias e abacaxis MP armazenados a 4°C, no entanto, foi relevante em melões MP. Foram constatadas colônias microbianas sobre cada um destes frutos, quando mantidos sob as temperaturas recomendadas para acondicionamento dos respectivos frutos inteiros (O'Connor-Shaw et al., 1994).

### **3. TRABALHOS REALIZADOS**



### 3.1. PROCESSAMENTO MÍNIMO DE ABACAXI 'PÉROLA': ASPECTOS SENSORIAIS

Lucimara Rogéria ANTONIOLLI; Benedito Carlos BENEDETTI; Men de Sá Moreira de SOUZA FILHO; Deborah dos Santos GARRUTI

#### RESUMO

Procurou-se determinar a melhor porção do fruto, quanto aos atributos organolépticos e à preferência sensorial, a ser destinada ao processamento mínimo, bem como o formato de corte preferido para a comercialização na forma de minimamente processado. Os frutos foram descascados manualmente, delimitados em 12 seções de 1cm e fatiados, avaliando-se, cada fatia, quanto ao teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, onde o fator estudado foi a seção do fruto, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Sensorialmente, avaliou-se a porção do fruto de maior preferência, utilizando-se, para tanto, do teste de "Ordenação-Preferência". Os resultados foram analisados através do método Friedman. Os frutos foram ainda avaliados quanto ao formato de corte preferido, através do teste de "Preferência-Pareada". Considerando os teores de SST e ATT, não haveria restrições quanto à total utilização do fruto; no entanto, sensorialmente, a porção delimitada pelos 3 centímetros apicais foi pouco aceita, sugerindo que a porção compreendida entre a 4ª e a 12ª seções seja preferencialmente utilizada no processamento mínimo. O corte do abacaxi no formato de fatias foi preferido ao formato em cubos.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, preferência sensorial, formato de corte.

## SUMMARY

FRESH-CUT 'PÉROLA' PINEAPPLE: SENSORY ASPECTS. The purpose of this research was to determine the best portion of pineapple fruit to be used as fresh-cut considering organoleptic characteristics and sensorial preference, as well as the preferred cut shape for its commercialization. Fruits were manually peeled, delimited in 12 sections of 1cm and sliced. Each slice was evaluated for the total soluble solids (TSS) and the titratable acidity (TA) content. The experimental design was in randomized blocks. The studied factor was the fruit section, with four replicates. The data were submitted to the variance analysis and compared for Tukey's test. The preferred fruit portion was evaluated by "Ranking Preference" test, and the results were analyzed by Friedman's method. Fruits were evaluated for the preferred cut shape by "Paired Preference" test. Considering the TSS and TA values, no restrictions were found for the total use of the fruit, however, the portion delimited by the 3 apical slices was little accepted, suggesting that the portion between the 4<sup>th</sup> and 12<sup>th</sup> sections must be used in the minimum processing. Pineapple cut in slices was preferred to cubes.

**Keywords:** *Ananas comosus*, total soluble solids, titratable acidity content, sensorial preference, cut shape.

## 1 - INTRODUÇÃO

A produção mundial de abacaxi está estimada em 12,8 milhões de toneladas, equivalente a 3% da produção mundial de frutas. O Brasil é o 2º maior produtor de abacaxi, somente suplantado pela Tailândia (Usberti Filho et al., 1999). De acordo com dados do FNP Consultoria & AgroInformativos (2003), a produção de abacaxi durante o ano de 2001 foi de 2.821.066 toneladas. A região Sudeste destaca-se como a principal produtora, seguida pelas regiões Nordeste e Norte. Os principais Estados produtores são Minas Gerais, Paraíba e Pará, sendo que o Estado de São Paulo ocupa o 5º lugar.

O abacaxi apresenta excelente qualidade sensorial decorrente do sabor e aroma característicos que lhe são atribuídos por diversos constituintes químicos, como os açúcares, os ácidos, os ésteres, os carotenóides e demais constituintes vitamínicos, aminoácidos e protéicos (Botrel & Patto de Abreu, 1994).

A acidez do abacaxi é devida, principalmente, aos ácidos cítrico e málico, que contribuem, respectivamente, com 80 e 20% da acidez total (Dull, 1971). No interior do fruto,

a acidez aumenta da região basal para a apical, acompanhando o gradiente de maturação. Observa-se que a acidez é muito mais acentuada na região próxima à casca quando comparada à do cilindro central (Botrel & Patto de Abreu, 1994; Reinhardt et al., 2003). De acordo com Smith (1988), abacaxis destinados ao consumo *in natura* devem apresentar teor de sólidos solúveis totais igual ou superior a 14%, no entanto, Kader (1999) afirma que o teor mínimo de 12% de sólidos solúveis e o máximo de 1% de acidez titulável garantem a mínima aceitabilidade pela maioria dos consumidores.

As principais cultivares de abacaxi exploradas em todo o mundo são: Smooth Cayenne, Singapore Spanish, Queen, Red Spanish, Pérola e Perolena, sendo que as cultivares Smooth Cayenne e Pérola lideram o mercado brasileiro (Gonçalves, 2000). Embora a grande maioria dos estudos realizados com alimentos minimamente processados esteja relacionada aos produtos hortícolas, constata-se o grande potencial de comercialização de frutas minimamente processadas, principalmente aquelas que oferecem, em função de sua própria estrutura, alguma dificuldade para comercialização ou até mesmo para consumo. Siriphanich & Johnson (1994) destacaram o potencial do abacaxi ao descreverem o processamento mínimo de frutas tropicais.

O objetivo deste trabalho foi determinar a melhor porção do fruto, quanto aos atributos organolépticos e à preferência sensorial, a ser destinada, posteriormente, ao processamento mínimo; bem como o formato de corte preferido para a comercialização na forma de minimamente processado.

## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**

Abacaxis (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola, provenientes de Touros-RN, foram transportados ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE, onde foram padronizados quanto ao tamanho e à coloração da casca (verde-pintado).

Os frutos foram descascados manualmente, delimitados em 12 seções de 1cm e fatiados a partir da região apical. As fatias tiveram o cilindro central removido.

As características químicas avaliadas foram: teor de sólidos solúveis totais (°Brix), determinado por refratometria (Atago PR-101) e acidez total titulável (% ácido cítrico), determinada através da diluição de 1g de amostra homogeneizada em 50ml de água destilada,

e posterior titulação automática com solução de NaOH 0,1N, até pH 8,10 (Mettler Toledo - DL 12). Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, onde o fator estudado foi a seção do fruto (12 seções), com quatro repetições e cinco frutos por parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

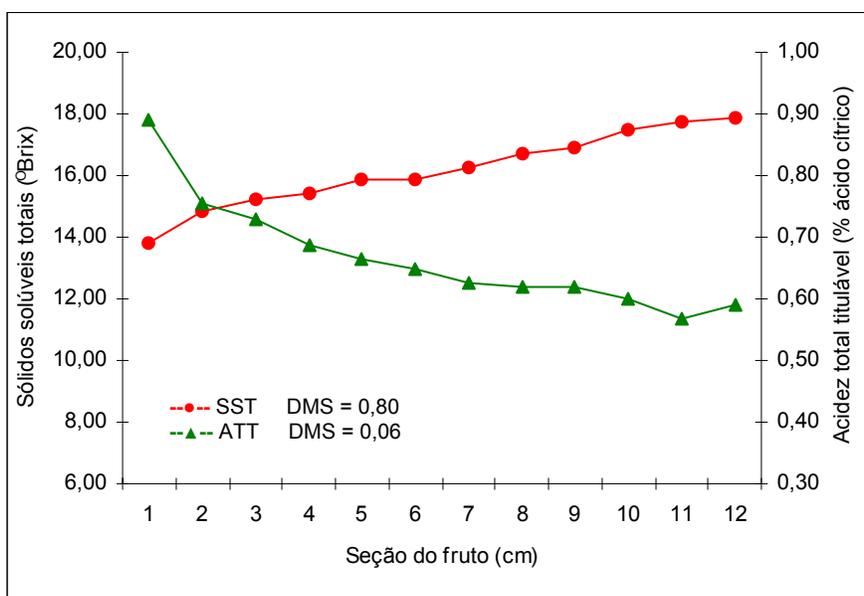
Sensorialmente, avaliou-se a porção do fruto de maior preferência. Para tanto, utilizou-se do teste de “Ordenação-Preferência” com a colaboração de 30 provadores (julgadores) não treinados. Frutos com tamanho entre 12 e 15cm foram descascados e delimitados em 4 porções de 3cm, sendo, cada uma delas, dividida radialmente em 8 pedaços iguais. A cada provador foram oferecidos, simultaneamente, 2 pedaços de cada uma das quatro porções do fruto, acondicionados em pratos plásticos devidamente codificados com números de três dígitos, sendo solicitado que ordenassem as amostras em ordem crescente de preferência. Foram atribuídas as ordens 1 e 4 às amostras de menor e maior preferência, respectivamente. Os resultados foram analisados através do método Friedman (Tabela de Newell e Mac Farlane), conforme sugerido por Ferreira et al. (2000).

Os frutos foram ainda avaliados quanto ao formato de corte preferido, através do teste de “Preferência-Pareada”. Fatias de aproximadamente 1cm, sem cilindro central, e cubos, obtidos a partir do corte das fatias em 4 seções iguais, foram acondicionados em embalagens de polietileno tereftalato e em pratos plásticos devidamente codificados, de forma a simular o produto nos pontos de venda, no primeiro caso, e, no segundo, de eliminar a possível interferência da embalagem na preferência do julgador. Ambos os formatos de corte foram apresentados simultaneamente a cada um dos julgadores, aos quais foi solicitado que indicassem sua preferência. Os resultados foram analisados conforme sugerido por Ferreira et al. (2000).

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se um aumento no teor de sólidos solúveis totais em função do distanciamento da região apical do fruto (Figura 1). Os teores, que variaram de 13,80°Brix no 1º centímetro apical, a 17,88°Brix na última seção basal do fruto, foram muito superiores aos valores verificados em estudos preliminares conduzidos com abacaxis ‘Pérola’ provenientes do Estado do Tocantins (10,92 a 13,12°Brix, observados na 1ª e na 17ª seções, respectivamente). Usberti Filho et al. (1999) citaram teores de 10,4, 11,8 e 13,4°Brix, para as regiões apical, mediana e basal do fruto, respectivamente.

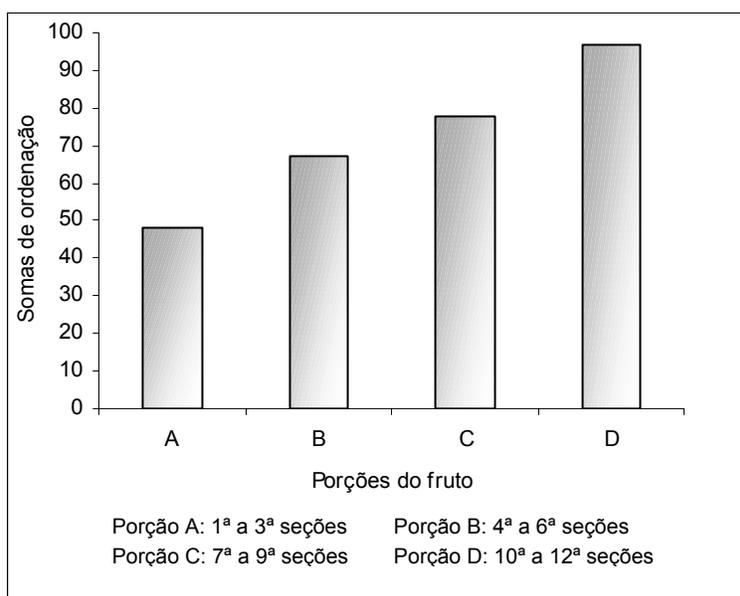
O teor de 0,89% de ácido cítrico, verificado na 1ª seção apical do fruto, foi reduzido a 0,76% na 2ª seção (2ºcm), sofrendo suaves reduções em função do distanciamento da região apical e atingindo o teor de 0,59% de ácido cítrico na última seção basal do fruto (Figura 1). Os resultados obtidos foram superiores aos observados preliminarmente em frutos da mesma cultivar (0,65 e 0,43% de ácido cítrico para a 1ª e a 17ª seções, respectivamente). Usberti Filho et al. (1999) citaram valores de 0,67 e 0,57% de ácido cítrico para as regiões apical e basal do fruto, respectivamente.



**FIGURA 1.** Sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez total titulável (% ácido cítrico) em abacaxis ‘Pérola’. DMS = diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Comparando as porções do fruto testadas e considerando os seguintes fatores: número total de julgamentos (30), número de amostras testadas (4), diferença mínima entre os

totais de ordenação para se estabelecer diferença de preferência significativa entre as amostras, a 5% de significância (26), constatou-se que a porção basal (10<sup>a</sup> a 12<sup>a</sup> seções) foi a preferida pelos provadores, no entanto, não foi observada diferença significativa entre esta porção do fruto e a imediatamente superior a ela (7<sup>a</sup> a 9<sup>a</sup> seções). A porção menos aceita foi a equivalente aos 3 primeiros centímetros apicais, sem, no entanto, diferir significativamente da região compreendida pela 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> seções. Não foi observada diferença significativa entre as duas porções medianas do fruto (4<sup>a</sup> a 6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> a 9<sup>a</sup> seções) (Figura 2).

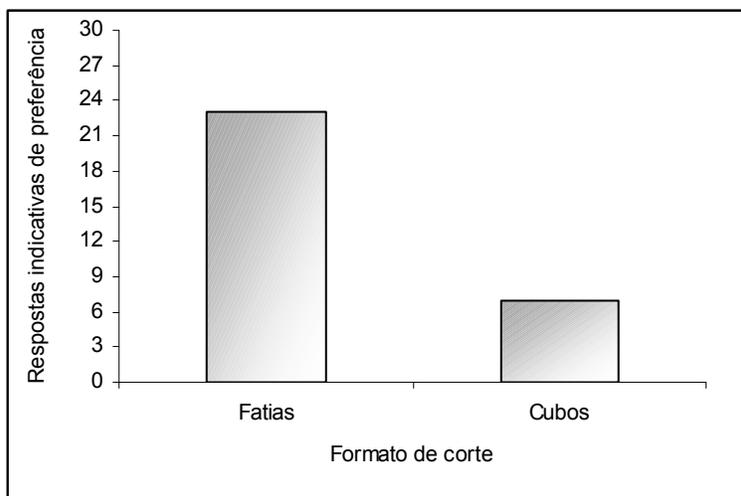


**FIGURA 2.** Teste de Ordenação-Preferência quanto às diferentes porções do abacaxi ‘Pérola’.

Os teores de SST e ATT mantiveram-se na faixa estabelecida por Kader (1999), e portanto, não haveria restrições quanto à utilização de todas as seções do fruto no processamento mínimo. No entanto, sensorialmente, a porção delimitada pelos 3 centímetros apicais foi pouco aceita, sugerindo que a porção compreendida entre a 4<sup>a</sup> e a 12<sup>a</sup> seções seja preferencialmente utilizada no processamento mínimo e que, existindo a possibilidade, a porção apical seja redirecionada para qualquer outro processo industrial, como o preparo de suco, polpa, geléia, abacaxi em calda ou abacaxi desidratado.

Considerando que 23 das 30 respostas indicaram a fatia como o formato de corte preferido e que este valor é superior ao número mínimo de respostas corretas para se estabelecer diferença significativa a 5% de probabilidade (21), conclui-se que houve

preferência significativa do corte no formato de fatias em relação ao em cubos (Figura 3). As justificativas pela preferência das fatias foram a menor manipulação e o formato mais próximo ao do fruto *in natura*, já os julgadores que preferiram o corte em cubos fizeram-no em função da praticidade para consumo, sugerindo, inclusive, que o tamanho dos cubos fosse reduzido. Mesmo preferindo o corte em fatias, 2 julgadores comentaram que ambos os tipos de corte seriam bem aceitos, por atenderem necessidades diferentes do mercado consumidor.



**FIGURA 3.** Teste de Preferência-Pareada quanto ao formato de corte preferido.

#### 4 - CONCLUSÕES

- A porção do fruto compreendida entre a 4<sup>a</sup> e a 12<sup>a</sup> seções deve ser preferencialmente utilizada no processamento mínimo.
- No processamento mínimo, o corte do abacaxi no formato de fatias é preferido ao formato em cubos.



### 3.2. EFEITO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO SOBRE A MICROBIOTA DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO

Lucimara Rogéria ANTONIOLLI; Benedito Carlos BENEDETTI; Men de Sá Moreira de SOUZA FILHO; Maria de Fátima BORGES

#### RESUMO

Procurou-se determinar a menor concentração efetivamente eficiente de hipoclorito de sódio (NaOCl) para desinfecção da casca, bem como avaliar a necessidade de utilização do mesmo agente sanitizante no banho de imersão da polpa do abacaxi 'Pérola' minimamente processado. Frutos previamente lavados foram desinfetados com NaOCl 100, 150 ou 200mg.L<sup>-1</sup> durante 2 minutos. Após aproximadamente 24 horas de armazenamento refrigerado, os frutos foram descascados e fatiados mecanicamente. As fatias foram imersas em solução de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> ou em água (controle) durante 30 segundos. Após período de repouso, para drenagem do excesso de líquido, foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato e mantidas à temperatura de 4 ± 1°C durante 16 dias. As análises microbiológicas, realizadas em intervalos de três dias, foram: coliformes a 35°C, coliformes a 45°C, bactérias aeróbias mesófilas e bolores e leveduras. Não foram detectados coliformes totais e fecais em nenhum dos tratamentos durante 16 dias de armazenamento refrigerado. A desinfecção da casca com NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup> associada à sanitização da polpa do abacaxi com NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> proporcionaram menores populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras, tornando tais operações imprescindíveis na obtenção de produtos minimamente processados que ofereçam garantia de sanidade ao consumidor.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, processamento mínimo, desinfecção, sanitização.

## SUMMARY

EFFECTS OF SODIUM HYPOCHLORITE ON THE MICROFLORA OF FRESH-CUT 'PÉROLA' PINEAPPLE. The purpose of this research was to determine the smallest effective concentration of sodium hypochlorite (NaOCl) for intact fruit disinfection as well as to evaluate the use of the same disinfectant product for sanitization of the fresh-cut 'Pérola' pineapple. Fruits were washed and disinfected with chlorine solutions 100, 150 or 200mg.L<sup>-1</sup> for 2 minutes. After approximately 24 hours of cold storage, fruits were mechanically peeled and sliced. Slices were dipped in 20mg.L<sup>-1</sup> chlorine solution or pure water (control), for 30 seconds. After that, the liquid in excess was drained and the slices were placed in polyethylene terephthalate packages and stored at 4 ± 1°C during 16 days. Microbiological analyses were made at 3 days intervals and involved mesophile aerobic counts, molds and yeasts, and total and fecal coliforms determination. Total and fecal coliforms were not detected in the treatments during 16 days of cold storage. The intact fruit disinfection (200mg.L<sup>-1</sup>) associated with sanitization of pineapple slices with 20mg.L<sup>-1</sup> chlorine solution provided smaller microbial population, showing that these operations are essential in order to get fresh-cut vegetables with sanity warranty to the consumer.

**Keywords:** *Ananas comosus*, minimal processing, disinfection, sanitation.

## 1 - INTRODUÇÃO

As mudanças no perfil do consumidor, interessado em uma alimentação mais saudável, sem contudo, abrir mão da praticidade e da conveniência proporcionadas pelos alimentos prontos, têm conduzido ao desenvolvimento de novas tecnologias, dentre as quais se destaca o processamento mínimo de frutas (Chervin & Boisseau, 1994; Alves et al., 2000; Souza, 2000). De acordo com Cantwell (1992), os produtos minimamente processados (MP) consistem em produtos frescos tornados convenientes, oferecendo ao usuário qualidade constante e garantia de sanidade.

O processamento mínimo pode favorecer a contaminação dos alimentos por microrganismos deterioradores e patogênicos, em razão do intenso manuseio e da presença de injúrias no tecido vegetal (Wiley, 1994), além do elevado teor de umidade no interior da embalagem (Nguyen-The & Carlin, 1994). O aumento na taxa de deterioração do fruto é decorrente da transferência da microbiota da casca para a polpa, onde os microrganismos

encontram condições favoráveis ao seu crescimento (Brackett, 1987). Torna-se imprescindível, portanto, a utilização de água de boa qualidade, bem como a sanitização dos frutos e a higienização de equipamentos e utensílios, de forma a evitar a contaminação cruzada e aumentar a segurança microbiológica dos alimentos minimamente processados (Suslow, 1997).

O cloro, nas suas várias formas, consiste no sanitizante mais utilizado em alimentos (Dychdala, 1991; Brecht, 1995). Os compostos à base de cloro são germicidas de amplo espectro de ação, que reagem com as proteínas da membrana das células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares (Vanetti, 2000). O hipoclorito de sódio (NaOCl) corresponde ao sanitizante químico de maior utilização (Brecht, 1995; Izumi, 1999), em função de sua rápida ação, fácil aplicação e completa dissociação em água (Park, Rua Jr. & Acker, 1991).

De acordo com Bastos et al. (2000), o processamento mínimo do abacaxi inclui as seguintes etapas: recepção / seleção, lavagem, desinfecção, drenagem, resfriamento (armazenamento preliminar), descascamento, fatiamento, banho de imersão (sanitização), drenagem, embalagem e armazenamento refrigerado. Após a lavagem, realizada com água corrente e detergente neutro, os frutos são submetidos ao processo de desinfecção que consiste na imersão em solução de NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup> durante 2 minutos. O banho de imersão corresponde à etapa de sanitização do fruto descascado e fatiado, devendo ser realizado em solução de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> mantida à temperatura de 7 a 10°C, durante 15 segundos.

Soluções de cloro 50-200mg.L<sup>-1</sup> são amplamente utilizadas na sanitização de frutas e hortaliças, bem como de produtos vegetais MP. A utilização de concentrações mais elevadas parece ser a causa da descoloração observada em alguns produtos, além de promover o aumento na corrosão de equipamentos e formar cloraminas voláteis (Hurst, 1995). De acordo com Ayhan, Chism & Richter (1998), o aumento em 10 vezes na concentração de NaOCl (200 e 2000mg.L<sup>-1</sup>) na solução de desinfecção de melões 'Cantaloupe' não promoveu redução adicional na população de microrganismos aeróbios mesófilos e de fungos e leveduras durante 20 dias de armazenamento a 2,2°C.

De acordo com Prado et al. (2000a), a desinfecção de abacaxis 'Pérola' em solução de NaOCl 500mg.L<sup>-1</sup>, durante 15 minutos, associada à imersão do fruto descascado e cortado em solução de NaOCl 100 ou 200mg.L<sup>-1</sup>, durante 5 minutos, não interferiu na qualidade do

produto durante 6 dias de armazenamento a 8°C e 85% UR, não sendo verificada a presença de coliformes nas amostras analisadas, independente do tratamento utilizado. Os mesmos autores concluíram que a higienização e a sanitização dos frutos são fundamentais para o êxito do processamento.

Objetivou-se, neste trabalho, a determinação da menor concentração efetivamente eficiente de hipoclorito de sódio para desinfecção da casca, bem como a avaliação da necessidade de utilização do mesmo agente sanitizante no banho de imersão da polpa do abacaxi 'Pérola' minimamente processado.

## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**

Abacaxis (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola foram colhidos e pré-selecionados na Estação Experimental do Curu, localizada no Município de Paraipaba-CE. Os frutos foram transportados à Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE, onde foram padronizados quanto ao tamanho e à coloração da casca (verde-pintado).

Após a remoção da coroa, realizada a cerca de 3cm da região apical do fruto, procedeu-se à lavagem com água corrente e detergente neutro. Em seguida os frutos foram separados em 3 lotes e desinfetados em solução de NaOCl 100, 150 ou 200mg.L<sup>-1</sup> em tanque de aço inoxidável com movimentação de água, durante 2 minutos. A seguir, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas previamente lavadas e higienizadas (NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>) e armazenados em câmara refrigerada mantida à temperatura de 12 ± 1°C durante aproximadamente 24 horas. Decorrido este período, os frutos foram descascados e fatiados mecanicamente. As fatias, com aproximadamente 1cm de espessura, tiveram o cilindro central removido utilizando-se da faca circular do descascador pneumático. Em seguida, foram acondicionadas em caixas plásticas perfuradas e submetidas ao tratamento de imersão, durante 30 segundos, em água (controle) ou solução de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup>, mantidas à temperatura de 10°C. Decorrido o tempo de imersão, as fatias permaneceram em repouso durante aproximadamente 2 minutos para drenagem do excesso de líquido. Em seguida, foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato, previamente higienizadas em água ou NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup>, de forma a não haver interferência nos tratamentos, e armazenadas sob temperatura de 4 ± 1°C durante 16 dias. Todo o processamento foi conduzido em ambiente refrigerado, com temperaturas variando entre 12 e 15°C.

Objetivando-se evitar a contaminação cruzada, os equipamentos e utensílios utilizados no processamento foram higienizados com solução de NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>. Com este mesmo intuito, foram utilizadas luvas, máscaras e toucas descartáveis.

O abacaxi MP foi avaliado microbiologicamente em intervalos de três dias, durante 16 dias de armazenamento refrigerado. A avaliação inicial dos frutos foi realizada após a lavagem com detergente neutro e água corrente. As análises microbiológicas envolveram a contagem de microrganismos aeróbios mesófilos, bolores e leveduras e a determinação de coliformes totais (35°C) e coliformes fecais (45°C). As análises foram realizadas conforme metodologia descrita no Manual de Análises Microbiológicas de Alimentos (Silva, Junqueira & Silveira, 1997) e no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, “APHA” (Downes & Ito, 2001).

A população de microrganismos aeróbios mesófilos foi quantificada pelo método de plaqueamento em profundidade em ágar para contagem padrão. As placas foram incubadas a 35°C, por 24-48 horas, e o resultado expresso em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC.g<sup>-1</sup>). A população de bolores e leveduras foi determinada pelo método de plaqueamento em superfície em ágar batata dextrosado acidificado. As placas foram incubadas (invertidas) a 21-22°C por 3-5 dias. O resultado foi expresso em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC.g<sup>-1</sup>). A determinação do número mais provável de coliformes totais (NMP.g<sup>-1</sup>) foi realizada através de teste presuntivo em caldo lactosado incubado a 35°C por 24-48 horas e de teste confirmativo em caldo bile verde brilhante, a 35°C por 24-48 horas. Em seguida, foi determinado o número mais provável de coliformes fecais em caldo *Escherichia coli* (EC) incubado a 44,5°C por 24 horas.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, onde se estudou a interação entre os fatores: desinfecção da casca (NaOCl 100, 150 ou 200mg.L<sup>-1</sup>), sanitização da polpa (água ou NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup>) e tempo (1, 4, 7, 10, 13 e 16 dias), com duas repetições. Os valores foram transformados em log (x) e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

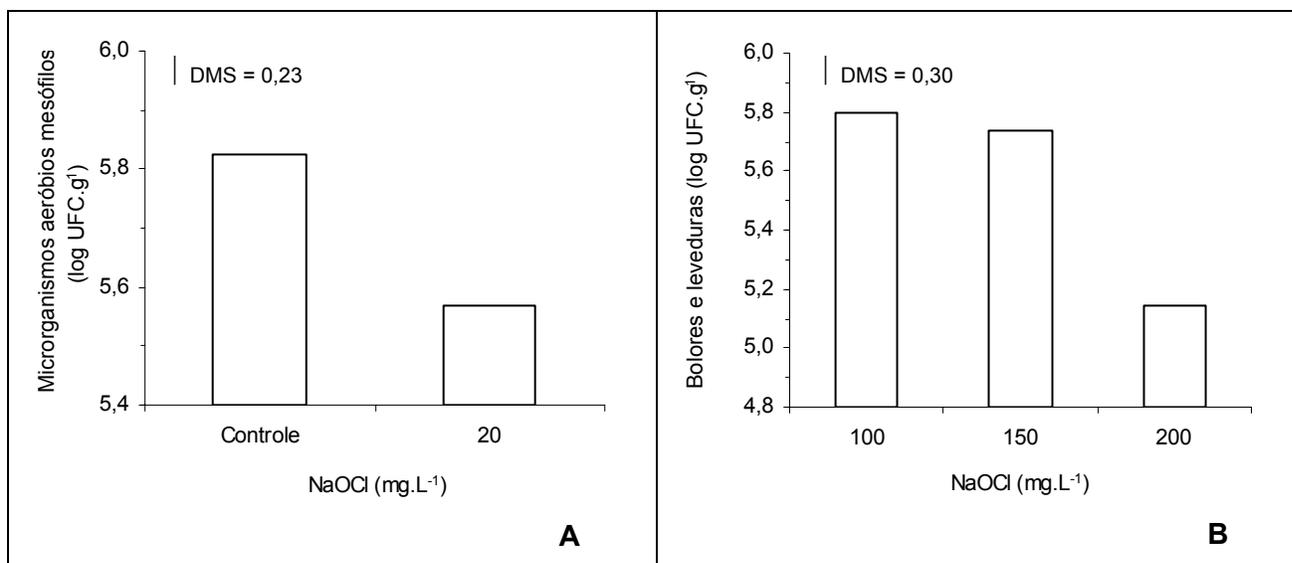
As populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras foram expressas em log UFC.g<sup>-1</sup>.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram detectados coliformes totais e fecais em nenhum dos tratamentos durante 16 dias de armazenamento refrigerado, o que sugere ausência de tais microrganismos na matéria-prima e indica que o processamento foi conduzido sob condições higiênico-sanitárias adequadas. Este resultado atende à Legislação Brasileira, ANVISA - Resolução RDC-12 (Brasil, 2002), que estabelece o limite de  $5 \times 10^2$  UFC de coliformes fecais por grama, para frutas, produtos de frutas e similares - frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanitizadas, refrigeradas ou congeladas para consumo direto.

As populações relativamente elevadas de microrganismos aeróbios mesófilos ( $1,6 \times 10^5$  UFC.g<sup>-1</sup>) e de bolores e leveduras ( $2,0 \times 10^4$  UFC.g<sup>-1</sup>), verificadas após a lavagem dos frutos, levam a supor que tais populações façam parte da microbiota endofítica (residente) do abacaxi e indicam que a simples lavagem com água e detergente, apesar de promover a eliminação das sujidades aderidas à superfície dos frutos, apresenta efeito bastante limitado sobre a microbiota. Nguyen-The & Carlin (1994) citam reduções máximas de 0,5 ciclos logarítmicos na população de microrganismos aeróbios mesófilos presente em hortaliças destinadas ao preparo de saladas após a lavagem com água.

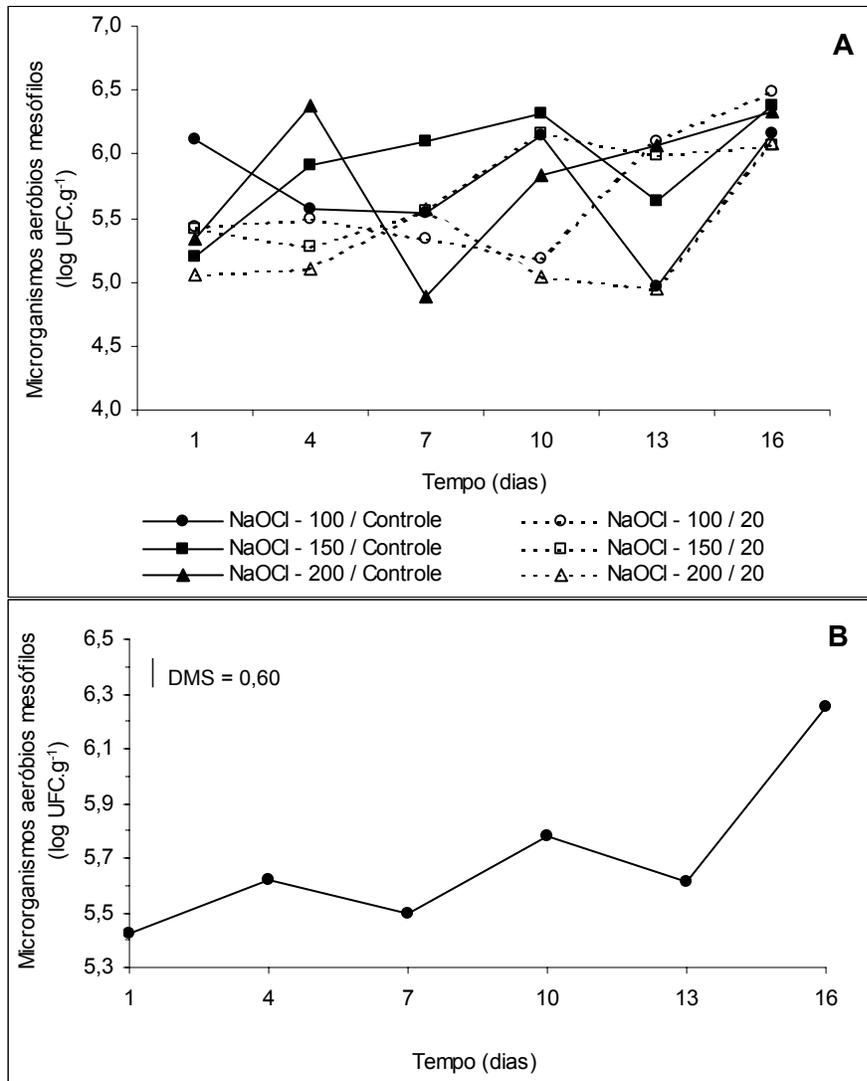
A população de microrganismos aeróbios mesófilos encontrada nas fatias sanitizadas com NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> foi significativamente inferior àquela encontrada nas fatias controle (Figura 1A). Quanto aos bolores e leveduras, verificou-se que a população de tais microrganismos foi significativamente inferior nos frutos submetidos ao tratamento de desinfecção com NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>, não havendo diferença entre os frutos tratados com menores concentrações do agente sanitizante (Figura 1B). Embora as populações de bolores e leveduras e de microrganismos aeróbios mesófilos estejam na ordem de  $10^5$  UFC.g<sup>-1</sup>, os resultados indicam que o tratamento de desinfecção da casca interferiu no crescimento de bolores e leveduras ao passo que o tratamento de sanitização da polpa foi eficiente no controle do crescimento de microrganismos aeróbios mesófilos.



**FIGURA 1.** População microbiana em abacaxi 'Pérola' minimamente processado submetido ao tratamento de desinfecção da casca (**B**) e sanitização da polpa (**A**) com hipoclorito de sódio (NaOCl). Barras verticais indicam a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Ayhan, Chism & Richter (1998) observaram que a população de microrganismos aeróbios mesófilos presente na casca de melões 'Cantaloupe' e 'Honeydew' foi estatisticamente inferior nos frutos submetidos ao tratamento de imersão em solução de NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>, quando comparada à daqueles não lavados ou imersos em água. Segundo os mesmos autores, o aumento na concentração de NaOCl para 500mg.L<sup>-1</sup> não promoveu redução significativa na população de microrganismos aeróbios mesófilos presente na superfície dos frutos.

A interação entre os fatores avaliados (desinfecção, sanitização e tempo) não foi significativa para a população de microrganismos aeróbios mesófilos, no entanto, as contagens médias apresentadas na Figura 2A indicam que, decorridas 24 horas do processamento, a maior população de microrganismos aeróbios mesófilos foi observada nas fatias não sanitizadas (controle) e provenientes de frutos submetidos à desinfecção com NaOCl 100mg.L<sup>-1</sup>. Independentemente do tratamento de desinfecção da casca e de sanitização da polpa, a população de microrganismos aeróbios mesófilos presente nas amostras manteve-se na ordem de 10<sup>5</sup> UFC.g<sup>-1</sup> até o 13º dia, com contagens oscilando entre 5,42 e 5,78 log UFC.g<sup>-1</sup>. A maior população foi observada ao 16º dia (6,25 log UFC.g<sup>-1</sup>), no entanto, tal contagem não diferiu estatisticamente daquela observada ao 10º dia de armazenamento refrigerado (5,78 log UFC.g<sup>-1</sup>) (Figura 2B).

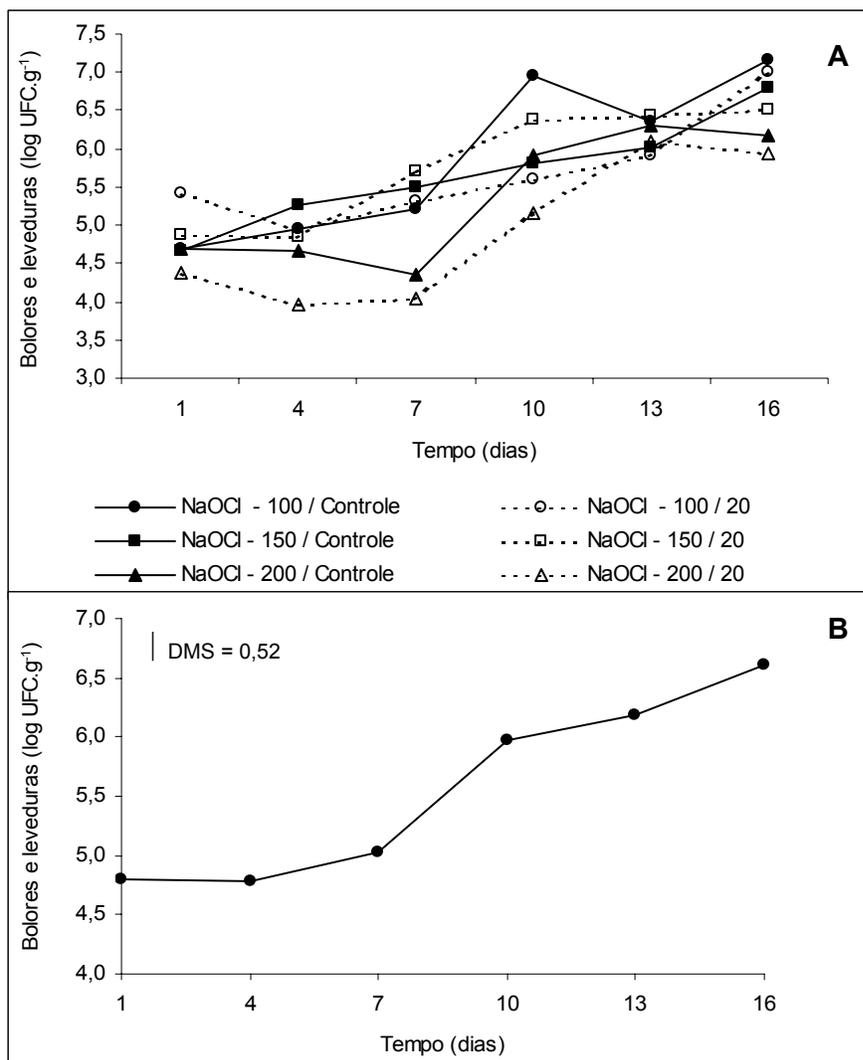


**FIGURA 2.** Microrganismos aeróbios mesófilos em abacaxi 'Pérola' minimamente processado durante 16 dias de armazenamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Valores médios (A); Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ) (B).

Semelhante ao observado para os microrganismos aeróbios mesófilos, não foi constatada interação significativa entre os fatores: desinfecção, sanitização e tempo para a população de bolores e leveduras, no entanto, as contagens médias indicaram que as amostras provenientes da associação entre os tratamentos de desinfecção da casca ( $\text{NaOCl } 200\text{mg.L}^{-1}$ ) e sanitização da polpa ( $\text{NaOCl } 20\text{mg.L}^{-1}$ ) apresentaram as menores populações até o 10º dia de armazenamento refrigerado (Figura 3A).

Constatou-se um aumento de dois ciclos logarítmicos na população de bolores e leveduras no decorrer do armazenamento. Populações na ordem de  $10^5 \text{ UFC.g}^{-1}$  foram

observadas ao 7º e ao 10º dias, no entanto, somente as contagens verificadas ao 10º dia diferiram significativamente das anteriores. A contagem máxima de bolores e leveduras foi verificada ao 16º dia ( $6,60 \log \text{UFC.g}^{-1}$ ). A população observada ao 13º dia, apesar de situar-se na ordem de  $10^6 \text{UFC.g}^{-1}$ , não diferiu significativamente daquelas observadas ao 10º e 16º dias de armazenamento refrigerado (Figura 3B).



**FIGURA 3.** Bolores e leveduras em abacaxi 'Pérola' minimamente processado durante 16 dias de armazenamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Valores médios (A); Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ) (B).

A oscilação das populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras observada neste experimento está de acordo com Borges et al. (2000), que constataram oscilações entre  $10^4$  e  $10^6 \text{UFC.g}^{-1}$  para microrganismos aeróbios mesófilos e

entre  $10^3$  e  $10^6$  UFC.g<sup>-1</sup> para bolores e leveduras, quando avaliaram a qualidade microbiológica, durante 16 dias de armazenamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ , de abacaxis 'Pérola' minimamente processados, submetidos à uma pré-lavagem com água, seguida pela desinfecção em solução de NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup> e posterior imersão do fruto descascado e fatiado em solução de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos neste experimento indicam que o NaOCl, utilizado como agente de desinfecção de frutos, apresenta maior eficiência na concentração de 200mg.L<sup>-1</sup> e que sua utilização, em baixas concentrações, no banho de imersão da polpa é imprescindível na obtenção de produtos minimamente processados que ofereçam garantia de sanidade ao consumidor.

#### **4 – CONCLUSÕES**

- A operação de sanitização da polpa do fruto é essencial no que diz respeito à segurança microbiológica do produto minimamente processado.
- A desinfecção da casca com NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup> associada à sanitização da polpa do abacaxi com NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> proporcionam menores populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras.

### 3.3. AVALIAÇÃO DA VANILINA COMO AGENTE ANTIMICROBIANO EM ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO

Lucimara Rogéria ANTONIOLLI; Benedito Carlos BENEDETTI; Men de Sá Moreira de SOUZA FILHO; Maria de Fátima BORGES

#### RESUMO

Procurou-se avaliar os efeitos da vanilina como agente antimicrobiano, bem como o nível de injúria física como fator de contaminação inicial em abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola minimamente processado. Fatias e cubos foram obtidos a partir de frutos sanitizados, descascados e fatiados mecanicamente. Os dois tipos de corte foram imersos, separadamente, em água (controle) ou soluções de vanilina 3000 ou 5000mg.L<sup>-1</sup>, durante 30 segundos. Após período de repouso, para drenagem do excesso de líquido, foram acondicionados em embalagens de polietileno tereftalato e mantidos à temperatura de 4 ± 1°C durante 12 dias. As análises microbiológicas, realizadas em intervalos de 3 dias, envolveram a contagem de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras e a determinação de coliformes totais e fecais. A utilização de vanilina mostrou-se ineficiente no controle do crescimento da população de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras em abacaxi 'Pérola' minimamente processado. O maior nível de injúrias físicas efetuado nos cubos parece ter favorecido a contaminação inicial do produto.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, processamento mínimo, antimicrobiano natural, armazenamento refrigerado.

## SUMMARY

EVALUATION OF VANILLIN AS AN ANTIMICROBIAL AGENT ON FRESH-CUT 'PÉROLA' PINEAPPLE. The purpose of this research was to evaluate the effects of vanillin as an antimicrobial agent, as well as the relationship between the injury degree and initial contamination in fresh-cut pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola. Slices and cubes were obtained from whole fruits that were mechanically peeled and sliced after fruits sanitization. Both kinds of cutting were dipped into pure water (control) or vanillin solutions 3000 or 5000mg.L<sup>-1</sup>, for 30 seconds. After that, the liquid in excess was drained, slices and cubes were placed in polyethylene terephthalate packages and stored at 4 ± 1°C during 12 days. Microbiological analyses were carried out every 3 days with mesophile aerobic and molds and yeasts counts and total and fecal coliforms determination. The use of vanillin was inefficient for the control of mesophile aerobic microorganisms and molds and yeasts growth on fresh-cut 'Pérola' pineapple. The largest injury degree made in the cubes favored the initial contamination of the product.

**Keywords:** *Ananas comosus*, minimal processing, natural antimicrobial, cold storage.

## 1 - INTRODUÇÃO

A demanda crescente por produtos hortícolas minimamente processados (MP) justifica-se pela preservação do frescor e da qualidade nutricional, associada à conveniência proporcionada por tais alimentos. Dentre as frutas tropicais com grande potencial de comercialização na forma de minimamente processado, destaca-se o abacaxi, em função de sua excelente qualidade organoléptica e de certa dificuldade para consumo imediato, decorrente de sua própria estrutura morfológica.

A qualidade e a segurança microbiológica devem ser consideradas como prioridade no processamento mínimo de frutas e hortaliças devido à intensa manipulação durante as etapas de processamento e aos fatores extrínsecos, como a temperatura de armazenamento. Pode-se destacar, dentre os riscos potenciais, a ausência de uma etapa crítica que promova a destruição de microrganismos, uma vez que tais produtos são normalmente consumidos crus, a possível ocorrência de temperaturas elevadas durante a distribuição e a comercialização, além da existência de microrganismos que se multiplicam sob baixas temperaturas (Cantwell, 1998).

As fontes de contaminação microbiológica dos produtos vegetais são diversas, iniciando-se na fase de produção e prolongando-se durante as etapas de colheita, manuseio, transporte e comercialização (Vanetti, 2000). O processamento mínimo favorece a contaminação dos alimentos em razão do intenso manuseio e do aumento de injúrias no tecido vegetal (Wiley, 1994). O aumento na taxa de deterioração do fruto é decorrente da transferência da microbiota da casca para a polpa, onde os microrganismos encontram condições favoráveis ao seu crescimento (Brackett, 1987). Dessa forma, a sanitização consiste numa etapa de relevância no processamento mínimo, sendo o cloro, nas suas várias formas, o sanitizante mais utilizado em alimentos até o presente momento (Dychdala, 1991; Brecht et al., 1993).

Apesar de sua eficiência, a possibilidade de futuras restrições quanto à utilização do cloro, associada às novas tendências na preservação de alimentos conduz à necessidade de busca por tratamentos alternativos, como os antimicrobianos naturais. O efeito antimicrobiano da vanilina (4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde), assim como de vários outros extratos vegetais, ainda não é bem compreendido; no entanto, tais substâncias parecem ser eficientes na conservação de sucos e purês de frutas (Jay & Rivers, 1984; Beuchat & Golden, 1989).

A adição de vanilina  $2000\text{mg.L}^{-1}$  ao purê de maçã inibiu o crescimento de *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces rouxii*, *Zygosaccharomyces bailii* e *Debaryomyces hansenii*, inoculados com  $10^4$  células.g<sup>-1</sup>, durante 40 dias de armazenamento a 27°C (Cerrutti & Alzamora, 1996).

De acordo com Cerrutti, Alzamora & Vidales (1997), não foi detectado crescimento de microrganismos aeróbios mesófilos em purê de morango com adição de vanilina  $3000\text{mg.L}^{-1}$ , constatando-se um aumento, em um período de 2 dias, na população destes microrganismos nas amostras controle. Verificou-se, ao quarto dia do armazenamento, uma redução na ordem de dois ciclos logarítmicos na população de bolores e leveduras presente no purê com vanilina, ao passo que na ausência de vanilina a população, inicialmente de  $10^4$  UFC.g<sup>-1</sup>, atingiu valores de  $10^7$  UFC.g<sup>-1</sup> após 4 dias de armazenamento a 27°C.

De forma semelhante, Castañón, Argaiiz & Malo-López (1999) verificaram inibição no crescimento de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras em purê de banana com adição de vanilina  $3000\text{mg.L}^{-1}$  armazenado durante 60 dias sob temperaturas de 15, 25 e 35°C.

Objetivou-se, neste trabalho, a avaliação dos efeitos da vanilina como agente antimicrobiano, bem como a avaliação do nível de injúria física, decorrente do corte, como fator de contaminação inicial em abacaxi 'Pérola' minimamente processado.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Abacaxis (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola, provenientes de Mari-PB, foram pré-selecionados e transportados à Planta de Processamento Mínimo da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE, onde foram padronizados quanto ao tamanho e à coloração da casca (verde-pintado), lavados com água corrente e detergente neutro e sanitizados com hipoclorito de sódio (NaOCl) 200mg.L<sup>-1</sup>, em tanque de aço inoxidável com movimentação de água, durante 2 minutos. Em seguida, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas previamente lavadas e higienizadas (NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>) e armazenados em câmara refrigerada mantida a 12 ± 1°C durante aproximadamente 24 horas. Para a obtenção de abacaxi MP em fatias e cubos, os frutos foram descascados e fatiados mecanicamente. As fatias, com aproximadamente 1cm de espessura, tiveram o cilindro central removido utilizando-se da faca circular do descascador pneumático. Os cubos foram obtidos através do corte das fatias em 4 seções iguais.

Ambos os tipos de corte foram acondicionados, separadamente, em caixas plásticas perfuradas e submetidos ao tratamento de imersão, durante 30 segundos, em água (controle) ou soluções de vanilina 3000 ou 5000mg.L<sup>-1</sup>, mantidas à temperatura de 10°C. Decorrido o tempo de imersão, as fatias e os cubos permaneceram em repouso durante aproximadamente 2 minutos para drenagem do excesso de líquido. Em seguida foram acondicionados em embalagens de polietileno tereftalato e armazenados sob temperatura de 4 ± 1°C durante 12 dias. Todo o processamento foi conduzido em ambiente refrigerado, com temperaturas variando entre 12 e 15°C. Objetivando-se evitar a contaminação cruzada, foram utilizadas luvas, máscaras e toucas descartáveis.

O abacaxi MP foi avaliado microbiologicamente em intervalos de três dias, durante 12 dias de armazenamento refrigerado. As amostras destinadas à avaliação no tempo 0 foram retiradas imediatamente após o corte em fatias e cubos. As análises microbiológicas envolveram a contagem de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras e a determinação de coliformes totais (35°C) e coliformes fecais (45°C). As análises foram

realizadas conforme metodologia descrita no Manual de Análises Microbiológicas de Alimentos (Silva, Junqueira & Silveira, 1997) e no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, “APHA” (Downes & Ito, 2001).

A população de microrganismos aeróbios mesófilos foi quantificada pelo método de plaqueamento em profundidade em ágar para contagem padrão. As placas foram incubadas a 35°C, por 24-48 horas, e o resultado expresso em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC.g<sup>-1</sup>). A população de bolores e leveduras foi determinada pelo método de plaqueamento em superfície em ágar batata dextrosado acidificado. As placas foram incubadas (invertidas) a 21-22°C por 3-5 dias. O resultado foi expresso em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC.g<sup>-1</sup>). A determinação do número mais provável de coliformes totais (NMP.g<sup>-1</sup>) foi realizada através de teste presuntivo em caldo lactosado incubado a 35°C por 24-48 horas e de teste confirmativo em caldo bile verde brilhante, a 35°C por 24-48 horas. Em seguida, foi determinado o número mais provável de coliformes fecais em caldo *Escherichia coli* (EC) incubado a 44,5°C por 24 horas.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, onde se estudou a interação entre os fatores: concentração de vanilina (0, 3000 e 5000mg.L<sup>-1</sup>), corte (fatia e cubo) e tempo (0, 3, 6, 9 e 12 dias), com 2 repetições. Os valores foram transformados em log (x) e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

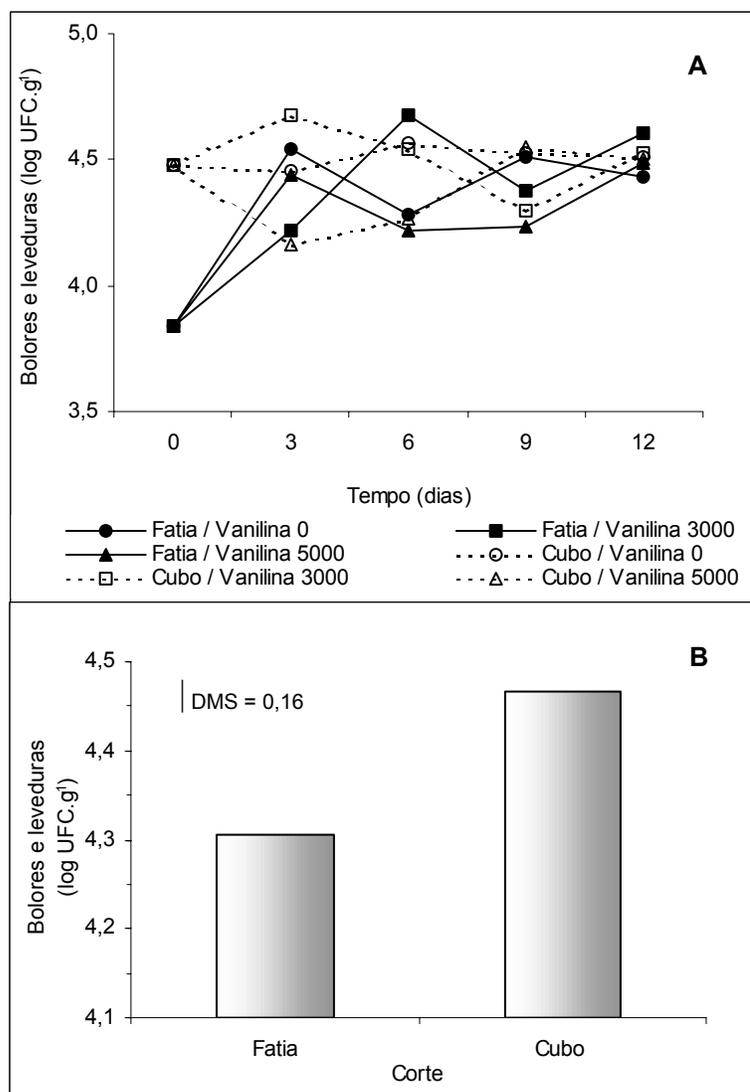
As populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras foram expressas em log UFC.g<sup>-1</sup>.

### **3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Não foram detectados coliformes totais e fecais em nenhum dos tratamentos durante 12 dias de armazenamento refrigerado, o que sugere ausência de tais microrganismos na matéria-prima e indica que o processamento foi conduzido sob condições higiênico-sanitárias adequadas. Este resultado atende à Legislação Brasileira, ANVISA - Resolução RDC-12 (Brasil, 2002), que estabelece o limite de  $5 \times 10^2$  UFC de coliformes fecais por grama, para frutas, produtos de frutas e similares - frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanitizadas, refrigeradas ou congeladas para consumo direto.

A contagem inicial, tanto para microrganismos aeróbios mesófilos quanto para bolores e leveduras, esteve na ordem de  $10^3$  e  $10^4$  UFC.g<sup>-1</sup>, nas fatias e cubos, respectivamente (Figuras 1A e 2). É provável que as populações observadas no abacaxi MP não resultem única e exclusivamente da contaminação microbiológica durante o processamento, uma vez que tais microrganismos fazem parte da microbiota endofítica (residente) do abacaxi. Robbs (1986), avaliando a distribuição e a oscilação da população de leveduras nas diversas fases de formação e desenvolvimento do abacaxi (flor, frutinho e fruto), observou que as populações variaram de  $2,2 \times 10^5$  a  $1,1 \times 10^6$  UFC.g<sup>-1</sup> nas flores e frutos. Houve participação significativa da população de bactérias gram negativas na flora microbiana de flores e frutos imaturos. A população de bolores aumentou na fase de floração até o início da formação dos frutos, permanecendo estável posteriormente. As bactérias lácticas representaram uma pequena parte da população microbiana das flores, com declínio após o início da formação dos frutos. As bactérias acéticas foram detectadas somente em frutos maduros. Weber et al. (1999) observaram populações de bactérias endofíticas na ordem de  $10^2$  UFC.g<sup>-1</sup> em frutos parcialmente maduros de abacaxizeiro. De acordo com Sarzi, Durigan & Rossi Júnior (2002), a população de microrganismos aeróbios mesófilos detectada em abacaxi 'Pérola' MP, após 7 dias de armazenamento a 9°C ( $10^5$  UFC.g<sup>-1</sup>), foi coincidente com a flora detectada nos frutos frescos.

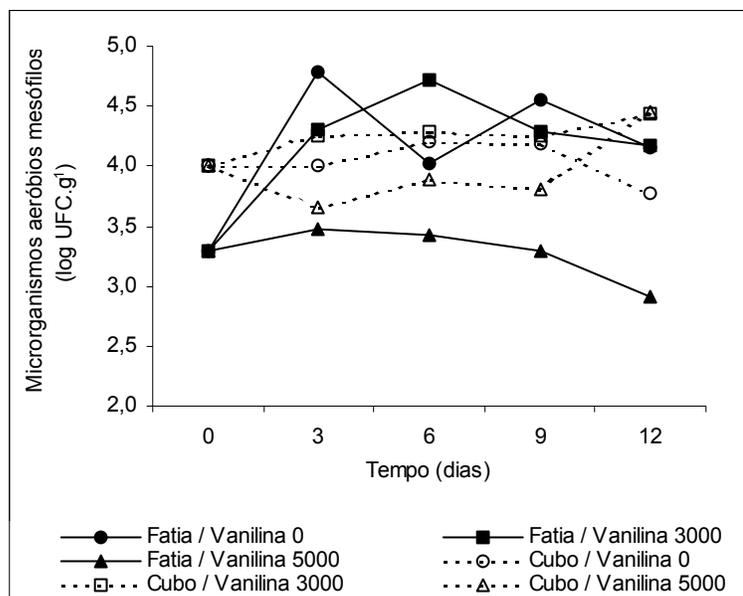
A interação entre os fatores avaliados (concentração de vanilina, corte e tempo) não foi significativa para a população de bolores e leveduras, no entanto, as contagens médias (Figura 1A) indicam que a população de bolores e leveduras observada nas fatias, ao tempo 0, foi cerca de 1 ciclo logarítmico inferior àquela constatada nos cubos, verificando-se, a partir do 3º dia, populações semelhantes nas amostras provenientes de todos os tratamentos. Independente da concentração de vanilina e do tempo, os abacaxis minimamente processados na forma de fatias apresentaram população de bolores e leveduras estatisticamente inferior àquela encontrada nos frutos cortados em cubos (Figura 1B). Embora a diferença entre as populações encontradas nas fatias e nos cubos seja pequena (4,30 e 4,54 log UFC.g<sup>-1</sup>, respectivamente), trabalhos conduzidos por Gorny (1998a), sugerem que a maior exposição de superfícies desprotegidas, causada pelo corte, conduza à maior contaminação microbiana.



**FIGURA 1.** Bolores e leveduras em abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado em fatias e cubos (**B**), submetido ao tratamento com vanilina e armazenado a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 12 dias (**A**). (**A**: valores médios; **B**: Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ )).

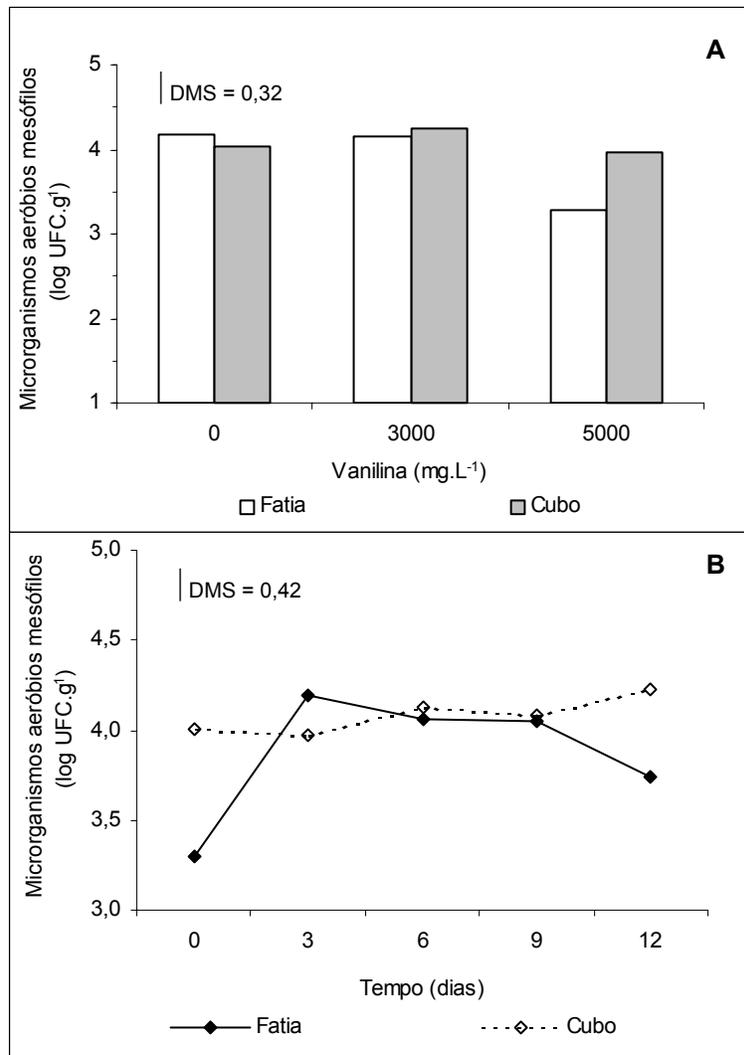
Semelhante ao observado anteriormente, não foi constatada interação significativa entre os fatores: concentração de vanilina, corte e tempo para a população de microrganismos aeróbios mesófilos; no entanto, as contagens médias indicam que as fatias submetidas ao tratamento com vanilina  $5000\text{mg.L}^{-1}$  apresentaram as menores populações até o 12º dia de armazenamento refrigerado (Figura 2). Independente do tempo, constatou-se que a vanilina ( $5000\text{mg.L}^{-1}$ ) proporcionou população estatisticamente inferior nos frutos cortados em fatias quando comparado àqueles cortados em cubos. Tal comportamento não foi observado no

controle bem como quando usada menor concentração do agente antimicrobiano. Verificou-se que, embora significativamente diferentes, as populações de microrganismos aeróbios mesófilos encontradas nas fatias e nos cubos submetidos ao tratamento com vanilina 5000mg.L<sup>-1</sup> encontravam-se na ordem de 10<sup>3</sup> UFC.g<sup>-1</sup>. As populações observadas nos demais tratamentos, em ambos os tipos de corte, encontravam-se na ordem de 10<sup>4</sup> UFC.g<sup>-1</sup> (Figura 3A).



**FIGURA 2.** Microrganismos aeróbios mesófilos em abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado em fatias e cubos, submetido ao tratamento com vanilina e armazenado a 4 ± 1°C durante 12 dias (Valores médios).

A população de microrganismos aeróbios mesófilos presente nas fatias apresentou curva típica de crescimento, caracterizada pelas fases de latência, exponencial ou logarítmica, estacionária e de declínio ou morte, ao passo que a população de microrganismos aeróbios mesófilos presente nos cubos manteve-se praticamente inalterada durante 12 dias de armazenamento refrigerado, com valores oscilando entre 3,97 e 4,22 log UFC.g<sup>-1</sup>. As populações diferiram estatisticamente entre si no início e ao término do armazenamento, quando as populações de microrganismos aeróbios mesófilos foram inferiores nas fatias (Figura 3B).



**FIGURA 3.** Microorganismos aeróbios mesófilos em abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado em fatias e cubos, submetido ao tratamento com vanilina e armazenado a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (A) durante 12 dias (B). Barras verticais indicam a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Embora a utilização de vanilina  $5000\text{mg.L}^{-1}$  tenha propiciado menores populações de microorganismos aeróbios mesófilos no abacaxi MP, verificou-se, de modo geral, que a microbiota presente nas amostras oscilou entre  $10^3$  e  $10^4$  UFC.g<sup>-1</sup> durante todo o armazenamento refrigerado, independente do tipo de corte e do tratamento a que foram submetidas. A manutenção da população de microorganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras em níveis praticamente inalterados talvez seja melhor explicada como resultado do armazenamento sob baixas temperaturas ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ), do que como efeito do tratamento com vanilina.

Embora não tenha sido realizada análise sensorial, constatou-se que a vanilina, nas concentrações utilizadas, conferiu um forte aroma de baunilha, característico do produto, ao abacaxi minimamente processado.

#### **4 – CONCLUSÕES**

- A utilização de vanilina não é eficiente no controle do crescimento da população de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras em abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado.
- Embora em baixos níveis, a injúria física parece favorecer a contaminação inicial do produto minimamente processado.

### 3.4. AVALIAÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO ALTERNATIVA À UTILIZAÇÃO DO HIPOCLORITO DE SÓDIO EM ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO

Lucimara Rogéria ANTONIOLLI; Benedito Carlos BENEDETTI; Men de Sá Moreira de SOUZA FILHO; Maria de Fátima BORGES; Deborah dos Santos GARRUTI

#### RESUMO

Procurou-se avaliar o potencial do peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) como alternativa à utilização do hipoclorito de sódio (NaOCl) na desinfecção e sanitização do abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado (MP). Frutos previamente lavados foram separados em 4 lotes, sendo um deles mantido como controle e os demais desinfetados com soluções de NaOCl ( $200mg.L^{-1}$ ) ou  $H_2O_2$  (200 ou  $1000mg.L^{-1}$ ) durante 2 minutos. Após aproximadamente 24 horas de armazenamento refrigerado, os frutos foram descascados mecanicamente e fatiados manualmente. As fatias foram imersas em água (controle) ou em soluções de NaOCl ( $20mg.L^{-1}$ ) ou  $H_2O_2$  (20 ou  $100mg.L^{-1}$ ) durante 30 segundos. Após drenagem do excesso de líquido, foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato e mantidas à temperatura de  $4 \pm 1^\circ C$ . Os parâmetros: pH, atividade peroxidásica, cor, concentração de  $CO_2$ , teor de sólidos solúveis totais, teor de açúcares totais, redutores e não-redutores, acidez total titulável e teor de ácido ascórbico foram analisados a cada 2 dias, durante 10 dias. O abacaxi MP foi avaliado sensorialmente quanto à existência de sabor residual. Microbiologicamente, o fruto foi avaliado quanto à presença de coliformes totais ( $35^\circ C$ ) e fecais ( $45^\circ C$ ) ao tempo 0 e quanto à população de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras em intervalos de 3 dias, durante 12 dias. Apesar de não interferir nas características físico-químicas, bioquímicas e sensoriais do abacaxi MP, os agentes sanitizantes utilizados foram ineficientes na redução das populações endofíticas de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras, havendo, portanto, a necessidade de novos estudos que avaliem o potencial do peróxido de hidrogênio como agente sanitizante.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, processamento mínimo, agente sanitizante, sabor residual, segurança microbiológica.

## SUMMARY

EVALUATION OF HYDROGEN PEROXIDE AS ALTERNATIVE TO THE USE OF SODIUM HYPOCHLORITE IN FRESH-CUT 'PÉROLA' PINEAPPLE. The purpose of this research was to evaluate the potential of hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) as an alternative to the use of the sodium hypochlorite ( $NaOCl$ ) in the disinfection and sanitization of fresh-cut 'Pérola' pineapple. Fruits were washed and separated in 4 groups. One of them was kept as control and the others were disinfected with  $NaOCl$  ( $200mg.L^{-1}$ ) or  $H_2O_2$  (200 or  $1000mg.L^{-1}$ ) solutions for 2 minutes. After approximately 24 hours of cold storage, fruits were mechanically peeled and manually sliced. Slices were dipped in pure water (control) or in  $NaOCl$  ( $20mg.L^{-1}$ ) or  $H_2O_2$  (20 or  $100mg.L^{-1}$ ) solutions for 30 seconds. The liquid in excess was drained and the slices were placed in polyethylene terephthalate packages and stored at  $4 \pm 1^\circ C$ . The parameters: pH, peroxidase activity, pulp color, carbon dioxide concentration, total soluble solid, total, reducing and non-reducing sugars, total titratable acidity and ascorbic acid content were evaluated every 2 days, for 10 days. Fresh-cut pineapple was evaluated for residual taste. Microbiological analysis were made every 3 days, during 12 days for mesophile aerobic, molds and yeasts counts. The determination of total and fecal coliforms was made only on day 0. Although the sanitation agents have not interfered in physical, chemical, biochemical and sensorial characteristics of fresh-cut pineapple, they were inefficient in the reduction of mesophile aerobic and molds and yeasts endophytic populations. Therefore, new studies must be carried for evaluation of the potential of hydrogen peroxide as a sanitation agent.

**Keywords:** *Ananas comosus*, minimal processing, sanitation agent, residual taste, microbiological security.

## 1 – INTRODUÇÃO

O processamento mínimo pode favorecer a contaminação dos alimentos por microrganismos deterioradores e patogênicos, em razão do intenso manuseio e da presença de injúrias no tecido vegetal (Wiley, 1994), além do elevado teor de umidade no interior da embalagem (Nguyen-The & Carlin, 1994). O aumento na taxa de deterioração do fruto é decorrente da transferência da microbiota da casca para a polpa, onde os microrganismos encontram condições favoráveis ao seu crescimento (Brackett, 1987).

Os compostos à base de cloro são amplamente utilizados na sanitização de frutos e hortaliças minimamente processados (MP), no entanto, futuras restrições quanto à sua utilização conduzem à necessidade de busca por tratamentos alternativos.

O tratamento com peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) tem como objetivo o prolongamento da vida útil do produto vegetal através da redução da população de microrganismos existente sobre sua superfície. O tratamento de imersão em solução de  $H_2O_2$  5-10%, por 2 minutos, foi eficiente em retardar o início da deterioração em abóboras, pimentas e abobrinhas. Benefícios foram igualmente observados em melões ‘Cantaloupe’ e ‘Honeydew’ MP submetidos ao tratamento com  $H_2O_2$  5%. Constatou-se uma redução de 3,4 ciclos logarítmicos na população de *Escherichia coli* ATCC 25922 em fatias de maçãs ‘Golden Delicious’ tratadas com  $H_2O_2$  5%, ao passo que, naquelas submetidas ao tratamento de imersão em solução de cloro  $200\text{mg.L}^{-1}$  a redução foi de somente 2,0 ciclos logarítmicos (Sapers & Simmons, 1998).

A utilização de  $H_2O_2$  2-6% em melão MP promoveu reduções na ordem de 2,5 ciclos logarítmicos na contagem de coliformes totais e de 1 ciclo logarítmico nas populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras (Vilas Boas et al., 2002a). Por outro lado, o mesmo agente sanitizante utilizado nas concentrações 5,0 e 7,5% em mangas MP foi ineficiente na redução da flora microbiana durante 10 dias de acondicionamento a  $6^\circ\text{C}$  (Vilas Boas et al., 2002b).

Estudos realizados com abacaxi ‘Pérola’ MP indicaram que a desinfecção da casca com hipoclorito de sódio ( $\text{NaOCl}$ )  $200\text{mg.L}^{-1}$  associada à sanitização da polpa do fruto com  $\text{NaOCl}$   $20\text{mg.L}^{-1}$  proporcionaram menores populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras, tornando tais operações imprescindíveis na obtenção de produtos minimamente processados que ofereçam garantia de sanidade ao consumidor. Não foram detectados coliformes totais e fecais durante 16 dias de armazenamento sob temperatura de  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Trabalho 3.2).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do peróxido de hidrogênio como alternativa à utilização do hipoclorito de sódio na desinfecção e sanitização do abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado, particularmente com relação a alguns parâmetros físico-químicos, bioquímicos, sensoriais e microbiológicos.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Abacaxis (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola, provenientes de Touros-RN, foram pré-selecionados e transportados à Planta de Processamento Mínimo da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE, onde foram padronizados quanto ao tamanho e à coloração da casca (verde-pintado).

Após a remoção da coroa, realizada a cerca de 3cm da região apical do fruto, procedeu-se à lavagem com água corrente e detergente neutro. Em seguida, os frutos foram separados em 4 lotes, sendo um deles mantido como controle e os demais desinfetados com soluções de hipoclorito de sódio (NaOCl) 200mg.L<sup>-1</sup> ou peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 200 ou 1000mg.L<sup>-1</sup> em tanque de aço inoxidável com movimentação de água, durante 2 minutos. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas previamente lavadas e higienizadas (NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>) e armazenados em câmara refrigerada mantida à temperatura de 12 ± 1°C durante aproximadamente 24 horas. Decorrido este período, os frutos foram descascados mecanicamente e fatiados manualmente. As fatias, com aproximadamente 1cm de espessura, tiveram o cilindro central removido utilizando-se da faca circular do descascador pneumático. Em seguida, foram acondicionadas em caixas plásticas perfuradas e submetidas aos tratamentos de imersão, durante 30 segundos, em água (controle) e soluções de NaOCl (20mg.L<sup>-1</sup>) ou H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (20 ou 100mg.L<sup>-1</sup>) mantidas à temperatura de 10°C. Decorrido o tempo de imersão, as fatias permaneceram em repouso durante aproximadamente 2 minutos para drenagem do excesso de líquido. A seguir, foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato, previamente higienizadas em água, NaOCl (20mg.L<sup>-1</sup>) ou H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (20 ou 100mg.L<sup>-1</sup>), de forma a não haver interferência nos tratamentos e armazenadas sob temperatura de 4 ± 1°C durante 12 dias. Para a avaliação da concentração de CO<sub>2</sub> foram utilizadas embalagens herméticas (1,5L), com adaptação de um septo de borracha para a retirada das amostras gasosas.

Todo o processamento foi conduzido em ambiente refrigerado, com temperaturas variando entre 12 e 15°C. Objetivando-se evitar a contaminação cruzada, os equipamentos e utensílios utilizados no processamento foram higienizados com solução de NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>. Com este mesmo intuito, foram utilizadas luvas, máscaras e toucas descartáveis.

A cada dois dias, durante o período de 10 dias, foram analisados os seguintes parâmetros: a) pH: determinado por potenciometria em amostra triturada e homogeneizada; b)

atividade peroxidásica ( $\text{UAE.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ): determinada segundo metodologia de Khan & Robinson (1994) com modificações; c) cor: determinada com auxílio de colorímetro (Minolta - CR-300). Na colorimetria de reflexão, o valor  $L^*$  (luminosidade, em um eixo de 0 (preto) a 100 (branco)) é um bom indicador do grau de escurecimento da amostra. Os parâmetros  $L^*$  e  $a^*$  (cromaticidade, em um eixo de  $-60$  (verde) a  $+60$  (vermelho)), recomendados para maçã (Artés, Castañer & Gil, 1998), foram igualmente utilizados na avaliação do escurecimento do abacaxi MP, por serem mais adequados na detecção da coloração amarronzada verificada em ensaios preliminares; d) concentração de  $\text{CO}_2$  (%): determinada através da retirada de alíquotas gasosas das embalagens herméticas de acondicionamento do fruto MP, com posterior injeção em cromatógrafo a gás CG DANI 86.10. O gás carbônico foi quantificado pela calibração com padrão de  $\text{CO}_2$  5%; e) sólidos solúveis totais (SST) ( $^\circ\text{Brix}$ ): determinado por refratometria (Atago PR-101); f) açúcares totais ( $\text{g.100g}^{-1}$ ): determinado através do método de Antrona; g) açúcares redutores ( $\text{g.100g}^{-1}$ ): determinado através do método do ácido dinitrosalicílico (DNS); h) açúcares não-redutores ( $\text{g.100g}^{-1}$ ): determinado através da diferença entre o teor de açúcares totais e o de açúcares redutores; i) acidez total titulável (ATT) (% ácido cítrico): determinada através da diluição de 1g de amostra homogeneizada em 50 ml de água destilada, e posterior titulação automática com solução de NaOH 0,1N, até pH 8,10 (Mettler Toledo - DL 12); j) teor de ácido ascórbico ( $\text{mg.100g}^{-1}$ ): determinado segundo metodologia de Carvalho et al. (1990), a qual se baseia na redução do indicador 2,6-diclorobenzenoindofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, onde se estudou a interação entre os fatores: processo de sanitização (tipo de sanitizante, teor na desinfecção da casca : teor na sanitização da polpa) (controle, NaOCl 200:20 $\text{mg.L}^{-1}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  200:20 $\text{mg.L}^{-1}$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$  1000:100 $\text{mg.L}^{-1}$ ) e tempo (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias), com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Após aproximadamente 15 horas de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ , os frutos foram avaliados sensorialmente quanto à existência de sabor residual. Para tanto, utilizou-se do teste “Diferença-do-Controle” com a colaboração de 30 provadores (julgadores) não treinados. Este teste é utilizado para determinar a existência de diferença perceptível entre uma ou mais amostras em relação a um padrão e estimar o tamanho desta diferença (Ferreira et al., 2000).

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

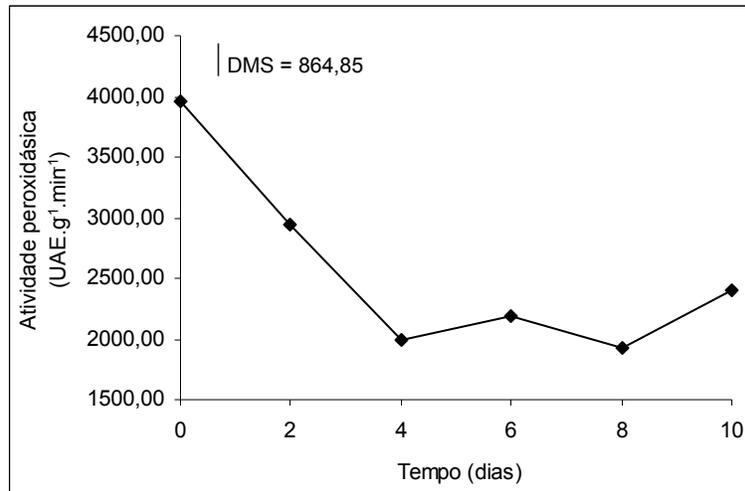
O abacaxi MP foi avaliado quanto à presença de coliformes totais (35°C) e fecais (45°C) ao tempo 0 e quanto à população de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras, durante 12 dias (0, 3, 6, 9 e 12 dias). As análises foram realizadas conforme metodologia descrita no Manual de Análises Microbiológicas de Alimentos (Silva, Junqueira & Silveira, 1997) e no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, “APHA” (Downes & Ito, 2001). Os valores foram transformados em log (x) e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras foram expressas em log UFC.g<sup>-1</sup>.

### **3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A interação entre os tratamentos e o tempo foi significativa somente para o valor a\* da cor da polpa. Com exceção da concentração de CO<sub>2</sub>, nenhum dos demais parâmetros físico-químicos e bioquímicos avaliados foi influenciado pelo tratamento, sofrendo modificações somente em função do período de armazenamento.

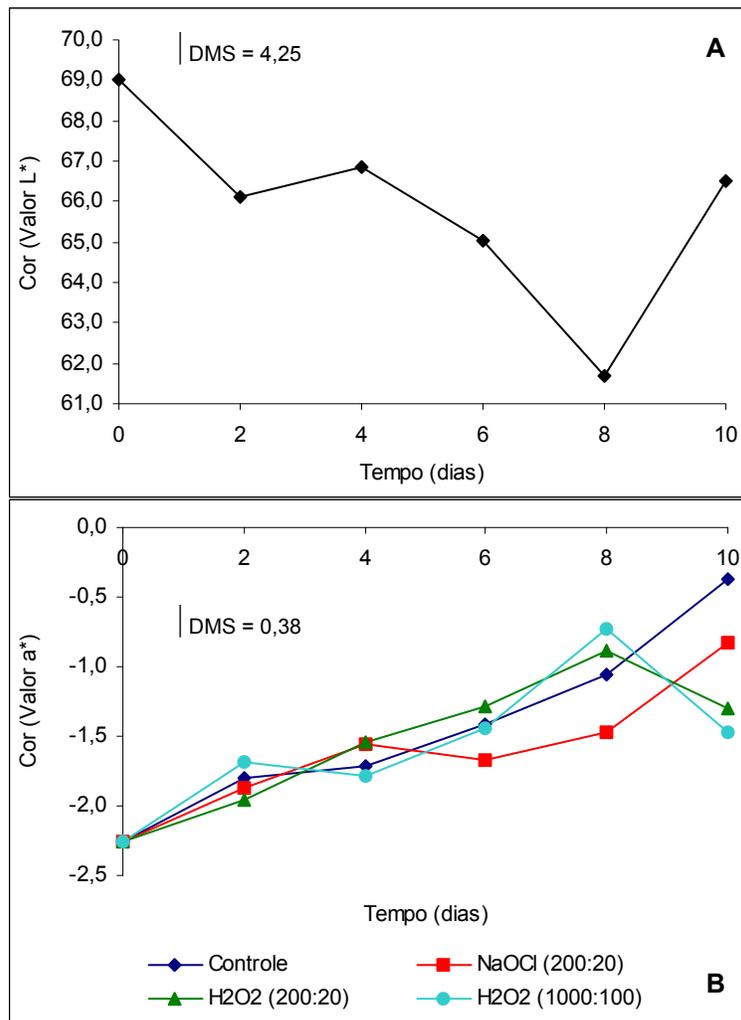
Os valores de pH da polpa oscilaram entre 3,76 e 3,83 durante todo o período de acondicionamento refrigerado, mantendo-se muito próximos ao verificado inicialmente (3,83). Tais resultados enquadram-se na faixa de pH de 3,7 a 3,9 citada por Gonçalves (2000).

A atividade peroxidásica inicial, de aproximadamente 4000 UAE.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, foi reduzida em 4 dias a cerca da metade, mantendo-se, a partir de então, em níveis próximos a 2000 UAE.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> (Figura 1). A redução da atividade peroxidásica em função do período de armazenamento foi igualmente observada em abacaxis ‘Pérola’ MP submetidos ao tratamento com cloreto de cálcio (Antoniolli, Benedetti & Souza Filho, 2003).



**FIGURA 1.** Atividade peroxidásica (UAE.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 10 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C. Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

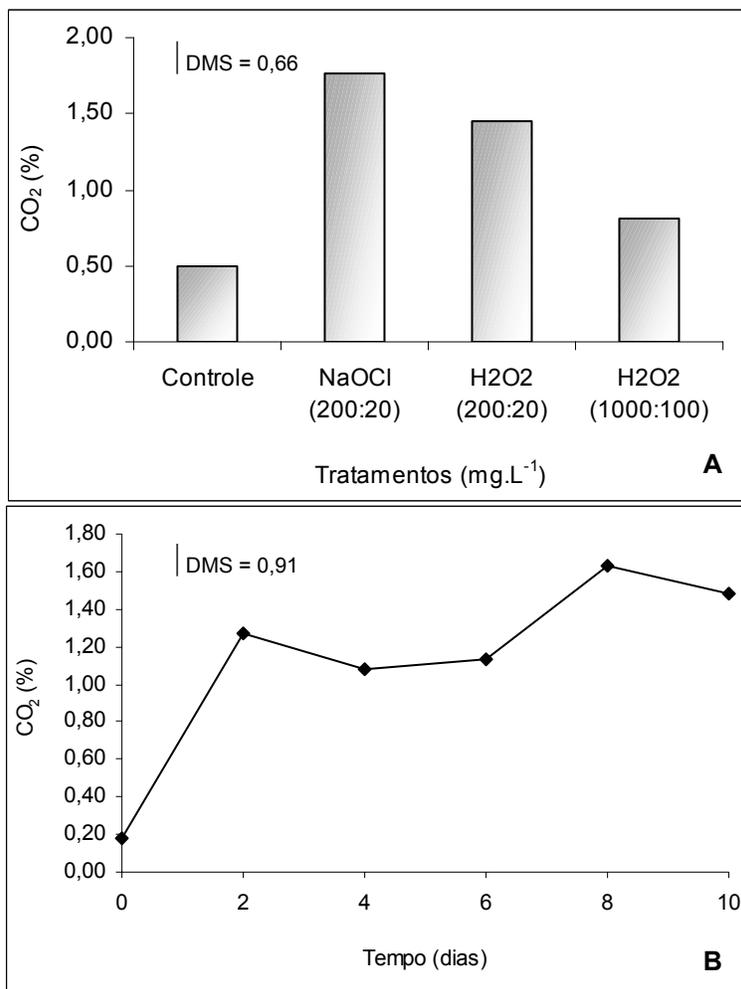
Quanto à coloração da polpa, constatou-se que o valor L\* observado inicialmente (69,01) sofreu uma ligeira redução ao 2º dia, atingindo valores próximos a 66,00, que mantiveram-se sem alterações estatísticas até praticamente o término do período de avaliação. O valor L\* observado ao 8º dia, significativamente inferior aos constatados nos demais períodos, talvez seja melhor explicado como resultado da heterogeneidade de cor existente entre as fatias do que como efeito do tratamento, uma vez que, excetuando-se este valor, os demais apresentaram oscilação restrita a uma faixa muito pequena (65,02 a 69,01) (Figura 2A). Quanto ao valor a\* da cor, não se observou diferença estatística entre os tratamentos e o controle até o 6º dia de acondicionamento refrigerado. Ao 8º dia, constatou-se os menores valores de a\* nas fatias tratadas com NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> e os maiores naquelas tratadas com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 100mg.L<sup>-1</sup>; ambas, no entanto, não diferiram do controle, cujas fatias apresentaram valores de a\* intermediários aos observados nos referidos tratamentos. Ao término do acondicionamento, os tratamentos com ambas as concentrações de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> proporcionaram valores de a\* estatisticamente inferiores ao controle, sem, no entanto, diferirem dos valores observados nas fatias tratadas com NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> (Figura 2B).



**FIGURA 2.** Cor da polpa de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos de desinfecção da casca ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e sanitização da polpa ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) durante 10 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . (A: valor  $L^*$ ; B: valor  $a^*$ ). Barras verticais indicam a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Constatou-se concentração de  $\text{CO}_2$  estatisticamente superior ao controle nos frascos de acondicionamento dos frutos submetidos aos tratamentos com  $\text{NaOCl } 20\text{mg.L}^{-1}$  e  $\text{H}_2\text{O}_2 20\text{mg.L}^{-1}$ , que não diferiram entre si. O tratamento com  $\text{H}_2\text{O}_2 100\text{mg.L}^{-1}$  proporcionou concentração de  $\text{CO}_2$  estatisticamente igual ao controle e ao tratamento com o mesmo agente sanitizante utilizado em menor concentração (Figura 3A). Independente do tratamento, verificou-se, ao 2º dia de acondicionamento, um aumento significativo na taxa respiratória e, conseqüentemente, na concentração de  $\text{CO}_2$  no interior dos frascos, atingindo o teor de 1,27% de  $\text{CO}_2$  e mantendo-se estatisticamente sem alterações até o término do período de avaliação (Figura 3B). O acúmulo de  $\text{CO}_2$  observado ao 2º dia parece refletir as alterações metabólicas ocorridas nas primeiras horas após o processamento, quando as operações de descascamento e

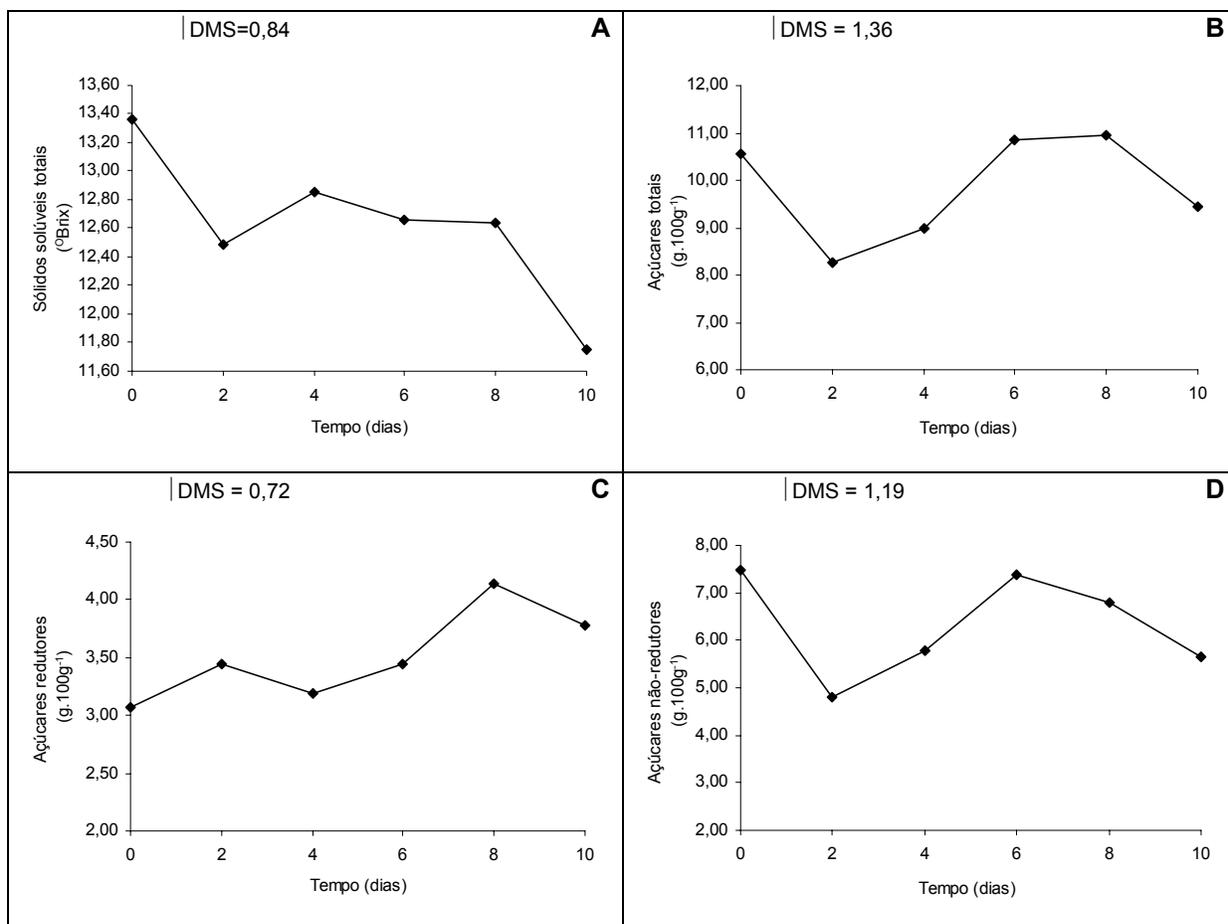
fatiamento conduzem à um incremento na taxa respiratória, decorrente tanto da maior área de exposição do tecido vegetal à atmosfera, quanto do aumento na atividade metabólica das células danificadas (Zagory, 1998).



**FIGURA 3.** Concentração de CO<sub>2</sub> no frasco de acondicionamento de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos de desinfecção da casca (mg.L<sup>-1</sup>) e sanitização da polpa (mg.L<sup>-1</sup>) (A) e durante 10 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C (B). Barras verticais indicam a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Verificou-se uma redução de aproximadamente 6,5% no teor de SST ao 2º dia de acondicionamento, atingindo teores próximos a 12,5ºBrix que mantiveram-se sem variações estatísticas até o 10º dia de acondicionamento refrigerado. Comparado à avaliação inicial (tempo 0), houve uma redução de aproximadamente 12,0% no teor de SST (Figura 4A). A

redução no teor de SST durante o acondicionamento é decorrente da oxidação de substratos orgânicos, como os açúcares, no processo respiratório (Wills et al., 1981).

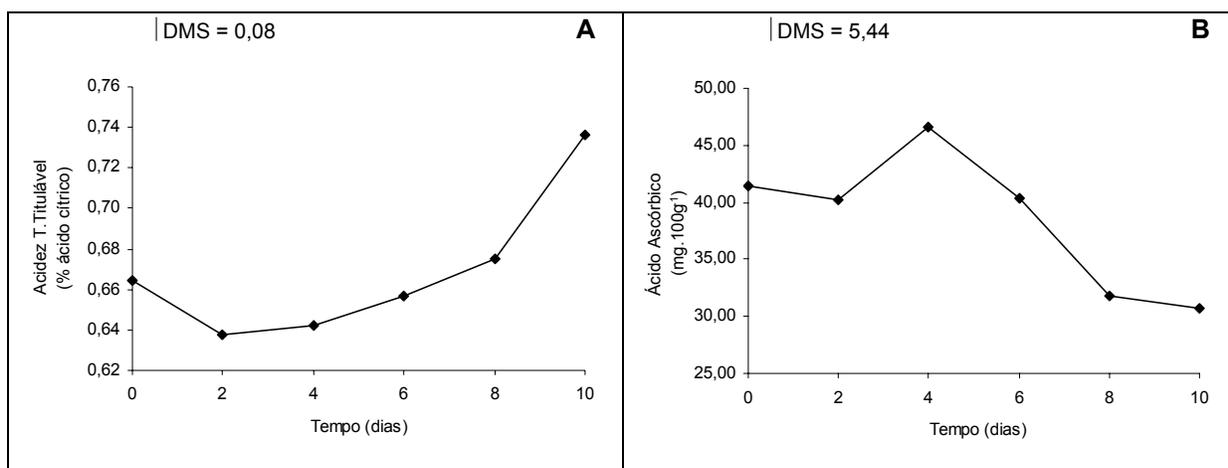


**FIGURA 4.** Sólidos solúveis totais (°Brix) (A), açúcares totais (mg.100g<sup>-1</sup>) (B), açúcares redutores (mg.100g<sup>-1</sup>) (C) e açúcares não-redutores (mg.100g<sup>-1</sup>) (D) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 10 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa (p ≤ 0,05).

A redução de cerca de 21,0% observada no teor de açúcares totais ao 2º dia de acondicionamento, baixou os teores iniciais de 10,56 para valores próximos a 8,25mg.100g<sup>-1</sup>, que mantiveram-se estatisticamente iguais até o 4º dia de avaliação. A partir deste período observou-se uma elevação nos teores, que os tornou estatisticamente iguais aos observados ao tempo 0 (Figura 4B). Os teores de açúcares redutores oscilaram entre 3,07 e 4,13mg.100g<sup>-1</sup> durante todo o período de acondicionamento refrigerado, não diferindo do teor observado ao tempo 0 (3,07mg.100g<sup>-1</sup>) (Figura 4C). O comportamento do teor de açúcares não-redutores ao longo do tempo foi muito semelhante ao dos açúcares totais, verificando-se uma redução de

aproximadamente 35,0% ao 2º dia e posterior elevação dos teores, ao 6º dia, para valores muito próximos aos verificados na avaliação inicial (Figura 4D). De acordo com Dull (1971), os teores de sacarose variam, nos frutos maduros, de 5,9 a 12,0%, enquanto a glicose e a frutose (açúcares redutores) variam de 1,0 a 3,2% e de 0,6 a 2,3%, respectivamente.

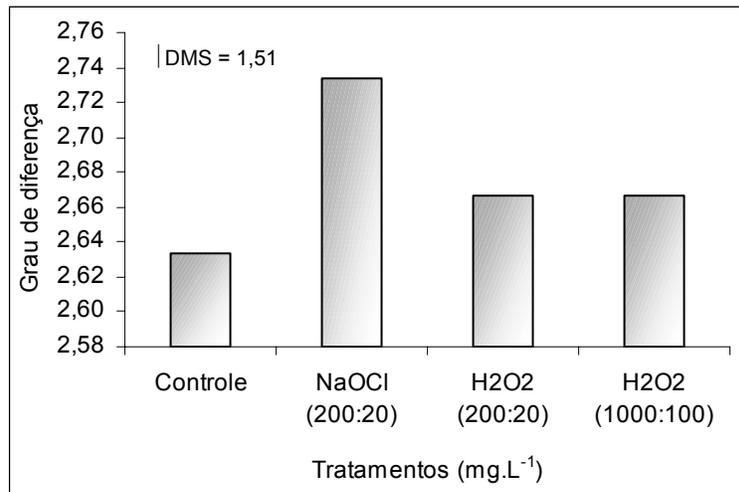
A ATT variou de 0,64 a 0,74% de ácido cítrico durante os 10 dias de acondicionamento refrigerado, não diferindo, no entanto, do teor observado na avaliação inicial (0,66% ácido cítrico) (Figura 5A).



**FIGURA 5.** Acidez total titulável (% ácido cítrico) (A), ácido ascórbico (mg.100g<sup>-1</sup>) (B) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 10 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa (p ≤ 0,05).

Os teores de ácido ascórbico mantiveram-se estatisticamente iguais ao observado ao tempo 0 até o 6º dia de avaliação. Constatou-se, ao 8º dia, teores estatisticamente inferiores aos anteriores, com posterior estabilização em níveis próximos a 31mg.100g<sup>-1</sup>. Comparado à avaliação inicial (tempo 0), houve uma redução de aproximadamente 25,0% no teor de ácido ascórbico das fatias (Figura 5B).

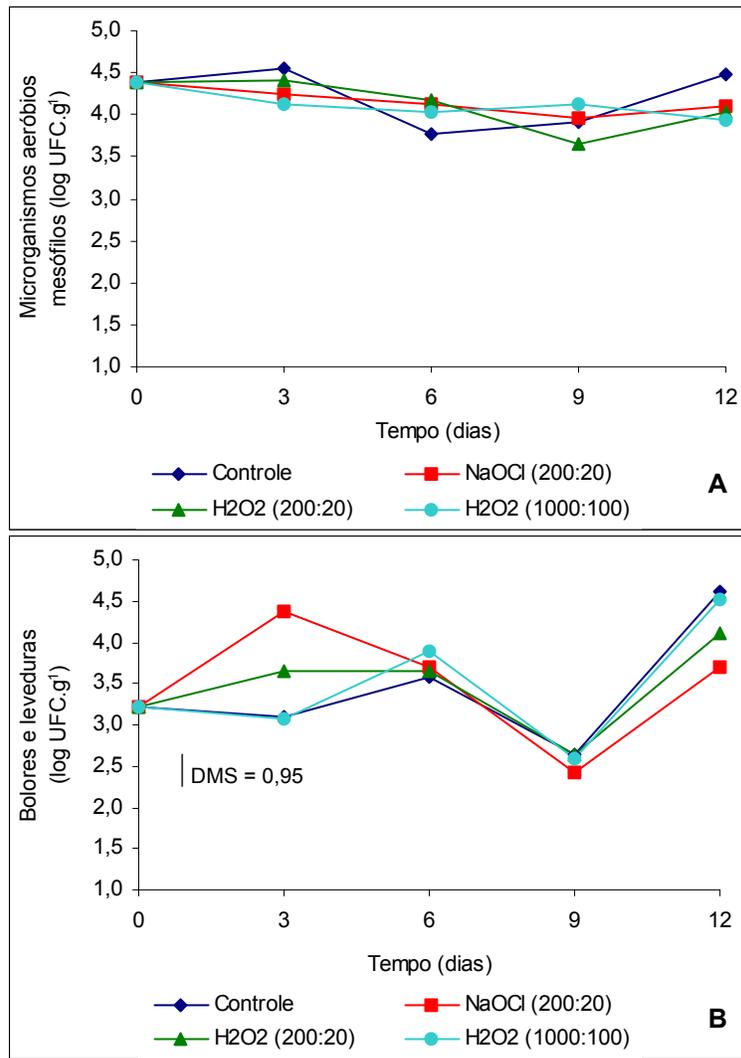
Sensorialmente, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos e o controle, indicando a não detecção de sabor residual dos agentes sanitizantes no fruto MP (Figura 6). Tais resultados estão de acordo com Sapers & Simmons (1998) que não observaram efeitos adversos no aroma, no sabor e na aparência de produtos hortícolas tratados com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.



**FIGURA 6.** Sabor residual (grau de diferença) em abacaxi ‘Pérola’ MP decorrente de diferentes tratamentos de desinfecção da casca (mg.L<sup>-1</sup>) e sanitização da polpa (mg.L<sup>-1</sup>). Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Não foram detectados coliformes totais e fecais nas amostras coletadas ao tempo 0, o que sugere ausência de tais microrganismos na matéria-prima e indica que o processamento foi conduzido sob condições higiênico-sanitárias adequadas.

As populações de microrganismos aeróbios mesófilos mantiveram-se na ordem de  $10^3$  a  $10^4$  UFC.g<sup>-1</sup> durante todo o período de avaliação, não sendo, o crescimento de tais populações influenciado pelo tratamento e pelo tempo de acondicionamento, bem como pela interação entre ambos os fatores (Figura 7A). Vilas Boas et al. (2002a) observaram, ao 1º dia de acondicionamento, uma redução de 1 ciclo logarítmico na população de microrganismos aeróbios mesófilos presente em melões MP submetidos aos tratamentos com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2, 4 e 6%.



**FIGURA 7.** Microorganismos aeróbios mesófilos (log UFC.g<sup>-1</sup>) (A) e bolores e leveduras (log UFC.g<sup>-1</sup>) (B) em abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos de desinfecção da casca (mg.L<sup>-1</sup>) e sanitização da polpa (mg.L<sup>-1</sup>) durante 12 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C. Barra vertical indica a diferença mínima significativa (p ≤ 0,05).

Quanto aos bolores e leveduras, as populações oscilaram entre 10<sup>2</sup> e 10<sup>4</sup> UFC.g<sup>-1</sup> durante os 12 dias de acondicionamento refrigerado. Foram observadas diferenças significativas entre as populações presentes nas fatias tratadas com os diferentes agentes sanitizantes e as presentes nas fatias controle somente ao 3º dia, quando a população de bolores e leveduras presente nas fatias tratadas com NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> foi estatisticamente superior àquela observada no controle, não diferindo, no entanto, daquela verificada nas fatias submetidas ao tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20mg.L<sup>-1</sup> (Figura 7B). A sanitização de mangas MP com

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 5,0 e 7,5% promoveu a redução da população de bolores e leveduras na ordem de 0,5 e 0,7 ciclos logarítmicos, respectivamente (Vilas Boas et al., 2002b). No entanto, estes autores concluíram que tais reduções foram insuficientes para que o agente sanitizante fosse considerado eficiente pelos padrões do FDA (Food and Drug Administration) dos Estados Unidos da América.

De forma geral, as populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras mantiveram-se em níveis relativamente baixos durante os 12 dias de acondicionamento refrigerado, não sendo observada redução da microbiota em função da utilização de quaisquer agentes sanitizantes. Embora tais populações provavelmente consistam de microrganismos endofíticos (residentes), é recomendável a utilização de agentes sanitizantes na desinfecção da casca e sanitização da polpa dos frutos, considerando que o processo de lavagem com água corrente é bastante limitado e que a ausência de um fator de restrição ao crescimento de microrganismos pré-existentes na matéria-prima implica na rápida deterioração e possível veiculação de agentes patogênicos ao produto minimamente processado.

Apesar de não interferir nas características físico-químicas, bioquímicas e sensoriais do abacaxi MP, este trabalho não foi conclusivo no sentido de demonstrar a eficiência do peróxido de hidrogênio como agente sanitizante, existindo, portanto, a necessidade de novos estudos que confirmem tal suposição.

#### **4 – CONCLUSÕES**

- O peróxido de hidrogênio não causa prejuízos à qualidade do abacaxi MP no que diz respeito às características físico-químicas e bioquímicas.
- Nas concentrações utilizadas, tanto o hipoclorito de sódio quanto o peróxido de hidrogênio não conferem sabor residual ao abacaxi ‘Pérola’ MP.
- Os agentes sanitizantes utilizados foram ineficientes na redução das populações endofíticas de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras presentes no abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado.

### **3.5. ATIVIDADE METABÓLICA DE ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO DECORRENTE DO FORMATO DE CORTE E DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO**

Lucimara Rogéria ANTONIOLLI; Benedito Carlos BENEDETTI; José Maria Monteiro SIGRIST; Men de Sá Moreira de SOUZA FILHO; Ricardo Elesbão ALVES

#### **RESUMO**

Procurou-se avaliar a influência do formato de corte e da temperatura sobre a atividade respiratória e a síntese de etileno em abacaxis ‘Pérola’ minimamente processados (MP). Para tanto foram conduzidos dois experimentos. No primeiro, fatias e cubos foram acondicionados em embalagens herméticas mantidas a 4 ou 10°C. Alíquotas gasosas foram retiradas a cada 2 horas, durante 12 horas, e analisadas através de cromatografia gasosa. No segundo experimento, frutos inteiros descascados, fatias e cubos foram acondicionados em frascos de vidro herméticos conectados a um fluxcentro instalado em câmara refrigerada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ . Tal sistema garantiu o fornecimento de um fluxo contínuo de ar umidificado e frio durante 14 dias. O monitoramento da taxa respiratória ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) foi realizado em intervalos de 2 horas, durante as 12 primeiras horas, e, posteriormente, em intervalos de 24 horas durante 10 dias. A partir do 10º dia, a amostragem foi realizada a cada 2 dias. Não foi detectada síntese de etileno no período de 12 horas em que foram realizadas as análises de cromatografia gasosa. As menores taxas respiratórias ocorreram quando os frutos foram acondicionados a 4°C, indicando que esta condição proporciona maior vida útil ao produto minimamente processado. A taxa respiratória inicial dos frutos cortados em fatias e em cubos e acondicionados a 5°C correspondeu ao dobro da observada nos frutos inteiros descascados mantidos na mesma condição. No decorrer dos 14 dias de armazenamento refrigerado, o comportamento respiratório dos frutos MP em fatias e cubos foi muito semelhante, com taxas respiratórias oscilando entre 1,96 e 4,10  $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ .

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, processamento mínimo, atividade respiratória, etileno.

## SUMMARY

METABOLIC ACTIVITY OF FRESH-CUT 'PÉROLA' PINEAPPLE ACCORDING TO CUT SHAPE AND STORAGE TEMPERATURE. The purpose of this research was to evaluate the influence of cut shape and temperature on the respiratory activity and ethylene synthesis in fresh-cut 'Pérola' pineapple. Two experiments were carried out. In the first one, slices and cubes were placed in air-tight packages kept at 4 or 10°C. Gaseous samples were taken every 2 hours during 12 hours and analyzed through gaseous chromatography. In the second experiment, peeled fruits, slices and cubes were placed in air-tight glass jars connected to a flowboard installed in a cold room at  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ . This system guaranteed the continuous flow of humid and cold air during 14 days. Respiration rate ( $\text{mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) was analyzed every 2 hours, during the first 12 hours, following by every 24 hours for 10 days. After the 10<sup>th</sup> day, samples were taken every 2 days. Ethylene synthesis was not detected during 12 hours of evaluation. The lower respiratory rates occurred when fruits were stored at 4°C, indicating that this condition provides greater shelf life to the fresh-cut product. The initial respiratory rate of slices and cubes stored at 5°C was the double of the observed in the peeled fruits in the same condition. The respiratory behavior of slices and cubes was very similar during 14 days of cold storage, with respiratory rates oscillating between 1,96 and 4,10  $\text{mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ .

**Keywords:** *Ananas comosus*, minimal processing, respiration rate, ethylene.

## 1 - INTRODUÇÃO

O abacaxi é um fruto composto, não-climatérico, cujos frutinhos basais e apicais encontram-se em diferentes estádios de desenvolvimento fisiológico (Dull, Young & Biale, 1967). O comportamento respiratório, estabelecido pelos mesmos autores com frutos 'Cayenne' mantidos a 20°C, indicou que a taxa respiratória inicial, de aproximadamente  $50\text{ml CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , observada uma semana após o pleno florescimento, atingiu, após onze semanas, o valor mínimo de  $10\text{ml CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , seguido por uma ligeira ascensão ( $15\text{ml CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ), quando os frutos apresentavam-se com coloração da casca 100% amarelada. Sob temperatura de 20°C, a taxa de produção de etileno corresponde a menos de  $0,2\mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  (Kader, 2003).

A intensa manipulação durante o preparo de frutas e hortaliças minimamente processadas (MP), envolvendo operações de descascamento e fatiamento, conduz à algumas

modificações no comportamento fisiológico do vegetal, destacando-se as alterações nas taxas respiratória e de síntese de etileno.

O incremento na taxa respiratória possivelmente está relacionado ao aumento da área superficial exposta à atmosfera, decorrente do corte, que permite a rápida difusão do O<sub>2</sub> para o interior das células, assim como ao aumento na atividade metabólica das células danificadas (Zagory, 1998).

A taxa respiratória de abacaxis colhidos no estágio verde-maturo e cortados em cubos variou entre 2,0-2,5ml CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, quando mantidos sob temperatura de 5°C, e entre 3,5-8,0ml CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> quando sob temperatura de 10°C. Já, os frutos colhidos com coloração da casca amarela apresentaram taxas respiratórias entre 5,5-7,0 e 13,0-16,0ml CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, quando acondicionados sob temperaturas de 5 e 10°C, respectivamente. Fatias com 1cm de espessura apresentaram taxas respiratórias entre 0,5-1,0; 1,3-4,0 e 4,0-16,0ml CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> sob temperaturas de 0, 5 e 10°C, respectivamente (Gorny, 2003).

De acordo com Abeles, Morgan & Saltveit, (1992), a ocorrência de injúrias em tecidos vegetais conduz, num período de aproximadamente 1 hora, à elevação na síntese de etileno, atingindo nível máximo dentro de 6 a 12 horas. O etileno sintetizado em resposta às injúrias acelerou o amolecimento da polpa de bananas e kiwis MP, bem como a perda de clorofila em espinafre MP (Abe & Watada, 1991). De acordo com os mesmos autores, a síntese de etileno, em vários frutos e hortaliças, é proporcional ao nível de injúria causada.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do formato de corte e da temperatura sobre a atividade respiratória e a síntese de etileno em abacaxis 'Pérola' minimamente processados.

## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois experimentos independentes. Abacaxis (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola, obtidos no Campo Experimental do Curu – Paraipaba-CE, foram pré-selecionados e transportados à Planta de Processamento Mínimo da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE, onde foram padronizados quanto ao tamanho e à coloração da casca (verde-pintado), lavados com água corrente e detergente neutro e sanitizados com hipoclorito de sódio (NaOCl) 200mg.L<sup>-1</sup>, em tanque de aço inoxidável com movimentação de água, durante 2 minutos. Em seguida, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas

previamente lavadas e higienizadas ( $\text{NaOCl } 200\text{mg.L}^{-1}$ ) e armazenados em câmara refrigerada mantida à temperatura de  $12 \pm 1^\circ\text{C}$  durante aproximadamente 24 horas. Para a obtenção de abacaxi MP em fatias e cubos, os frutos foram descascados mecanicamente e fatiados manualmente. As fatias, com aproximadamente 1cm de espessura, tiveram o cilindro central removido utilizando-se da faca circular do descascador pneumático. Os cubos foram obtidos através do corte das fatias em 4 seções iguais.

Todo o processamento foi conduzido em ambiente refrigerado, com temperaturas variando entre 12 e  $15^\circ\text{C}$ . Objetivando-se evitar a contaminação cruzada, foram utilizadas luvas, máscaras e toucas descartáveis.

Ambos os formatos de corte foram acondicionados em embalagens herméticas (1,5L) com adaptação de um septo de borracha para a retirada das amostras gasosas, sendo estas mantidas em câmaras B.O.D sob temperaturas de 4 ou  $10^\circ\text{C}$ , durante 12 horas. Alíquotas gasosas de 5ml foram retiradas a cada 2 horas com auxílio de uma seringa e injetadas em um cromatógrafo a gás CG DANI 86.10, equipado com dois detetores conectados em série, um de condutividade térmica ( $\text{CO}_2$ ) e outro de ionização de chama (etileno). A coluna de separação utilizada foi Porapak N com 4 m de comprimento e diâmetro de  $1/8''$ , operada à temperatura constante de  $60^\circ\text{C}$ . Foi utilizado hidrogênio como gás de arraste, a um fluxo de  $30\text{ml.min}^{-1}$ . O gás carbônico e o etileno foram quantificados pela calibração com padrões de 5%  $\text{CO}_2$  e  $10\mu\text{l.L}^{-1}$  de etileno, respectivamente.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, onde se estudou a interação entre os fatores: formato de corte (fatia e cubo), temperatura (4 e  $10^\circ\text{C}$ ) e tempo (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas) com três repetições, sendo considerada, como repetição, cada embalagem contendo 4 fatias sem cilindro central ou 16 cubos (0,330kg). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No segundo experimento, os frutos, provenientes de Miranorte-TO, foram pré-selecionados e transportados ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Hortifrúctícolas do Instituto de Tecnologia de Alimentos (FRUTHOTEC / ITAL), Campinas-SP, onde passaram pelo mesmo processo de seleção, lavagem e sanitização descrito anteriormente. Para a obtenção dos cortes os abacaxis foram descascados e fatiados manualmente. Frutos inteiros descascados, fatias e cubos foram sanitizados em solução de  $\text{NaOCl } 20\text{mg.L}^{-1}$ , mantida a

temperatura de 10°C. Após drenagem do excesso de líquido, os frutos foram acondicionados em frascos de vidro herméticos (3,6L) conectados a um fluxcentro (Claypool & Keefer, 1942; Calbo, 1989), instalado em câmara refrigerada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ . Tal sistema garantiu o fornecimento de um fluxo contínuo de ar umidificado e frio durante 14 dias. A passagem do ar através de solução de cal hidratada 20% e permanganato de potássio 20%, tornava-o livre de gás carbônico e de etileno, respectivamente, antes de entrar no fluxcentro.

Alíquotas gasosas de 1ml foram retiradas de cada um dos frascos com auxílio de uma seringa, e injetadas em um cromatógrafo a gás Varian, modelo Star 3400, equipado com coluna Hysesep N de 1m de comprimento e detetor de condutividade térmica (TCD) para determinação de  $\text{CO}_2$  e operado a 70, 60 e 140°C para injetor, coluna e detetor, respectivamente. O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste a  $26\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ . O gás carbônico foi quantificado pela calibração com padrões de  $500\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  e 10%  $\text{CO}_2$ .

O monitoramento da taxa respiratória ( $\text{mg CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) foi realizado em intervalos de 2 horas, durante as 12 primeiras horas, e posteriormente, em intervalos de 24 horas, durante 10 dias. A partir do 10º dia, a amostragem foi realizada a cada 2 dias.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no tempo, onde se estudou a interação entre os fatores: formato de corte (inteiro descascado, fatia e cubo), e tempo (2, 4, 6, 8, 10, 12 horas e 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 e 14 dias) com três repetições, sendo considerado, como repetição, cada frasco contendo 1 fruto inteiro descascado (0,950kg) ou 5 fatias sem cilindro central (0,350kg) ou ainda 20 cubos (0,350kg). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

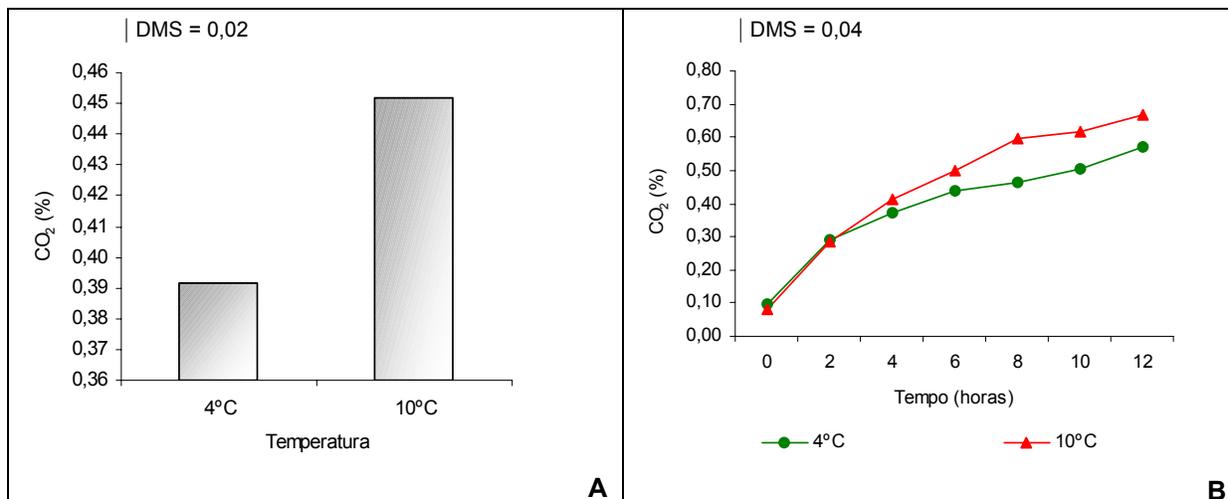
### **3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Não foi detectada síntese de etileno no período de 12 horas em que foram realizadas as análises de cromatografia gasosa. Latifah et al. (2000), de forma semelhante, não detectaram síntese de etileno em abacaxi ‘Josapine’ MP durante 2 dias de armazenamento a 25°C e 7 dias de armazenamento a 10°C. Marrero & Kader (2001), no entanto, observaram um rápido aumento na taxa respiratória, seguido de aumento na síntese de etileno, responsáveis pelo término da vida útil de abacaxis ‘Champaka’ MP. De acordo com os mesmos autores, a manutenção do armazenamento após esse período promoveu o crescimento

microbiano e o aparecimento de sabor e aroma desagradáveis. Apesar da biossíntese do etileno ser ativada pela ocorrência de danos físicos, nem todos os tecidos vegetais respondem à este estresse com aumentos significativos na produção deste hormônio (Salveit, 1998). Cantwell & Suslow (1999) observaram que melões ‘Cantaloupe’, kiwis e morangos maduros MP, mantidos a 20°C, apresentaram respectivamente aumentos de 10, 8 e 4 vezes na produção de etileno quando comparados aos respectivos frutos *in natura*, ao passo que bananas MP mantidas nas mesmas condições não apresentaram alterações na síntese de etileno quando comparadas aos frutos intactos. Melões ‘Cantaloupe’ e morangos MP acondicionados a 2°C apresentaram produção de etileno idêntica à dos respectivos frutos *in natura*.

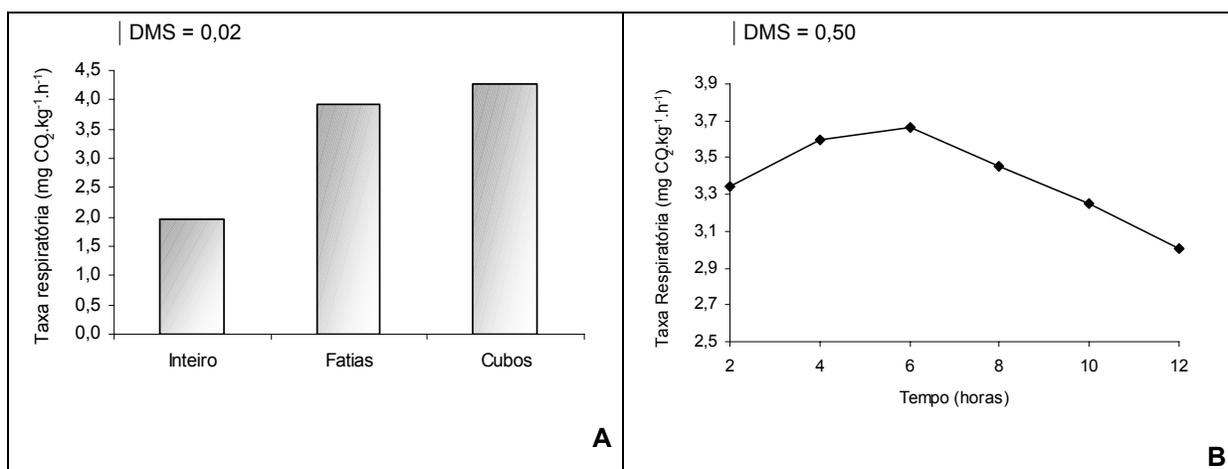
Independente do formato de corte, constatou-se menor acúmulo de CO<sub>2</sub> nos frascos mantidos sob temperatura de 4°C, implicando que os frutos mantidos nesta condição apresentaram atividade respiratória inferior à daqueles acondicionados a 10°C (Figura 1A). Sarzi, Durigan & Rossi Jr. (2002), de forma semelhante, observaram maiores teores de CO<sub>2</sub> nas embalagens que continham abacaxi ‘Pérola’ MP mantidas à 9°C quando comparado àquelas acondicionadas a 6 e 3°C.

Houve um aumento na concentração de CO<sub>2</sub> no interior dos frascos em função do tempo. Somente a partir da sexta hora de acondicionamento é que puderam ser observados os efeitos da temperatura, quando os frutos mantidos a 4°C apresentaram menor taxa respiratória, resultando numa concentração de CO<sub>2</sub> estatisticamente inferior no interior dos frascos que os continham, quando comparado aos mantidos a 10°C. Tal comportamento manteve-se até o término das 12 horas de avaliação (Figura 1B). Considerando-se que a temperatura de acondicionamento dos frutos *in natura* foi de 12 ± 1°C e a do ambiente de processamento manteve-se entre 12 e 15°C, supõe-se que a temperatura da polpa do abacaxi MP estivesse em torno de 12°C ao tempo 0. Logo, o efeito da temperatura de acondicionamento só foi observado quando a temperatura da polpa do fruto atingiu a desejada (4 ou 10°C). Watada, Ko & Minott (1996), avaliando o comportamento de diversos frutos e hortaliças MP, observaram um aumento na taxa respiratória em função do aumento da temperatura. De acordo com Schlimme (1995), o acondicionamento de frutas e hortaliças MP sob temperaturas próximas a 10°C pode acelerar o processo natural de deterioração, uma vez que o quociente de temperatura (Q<sub>10</sub>) das reações biológicas aumenta 3 a 4 vezes, podendo atingir 7 vezes nesta faixa de temperatura.



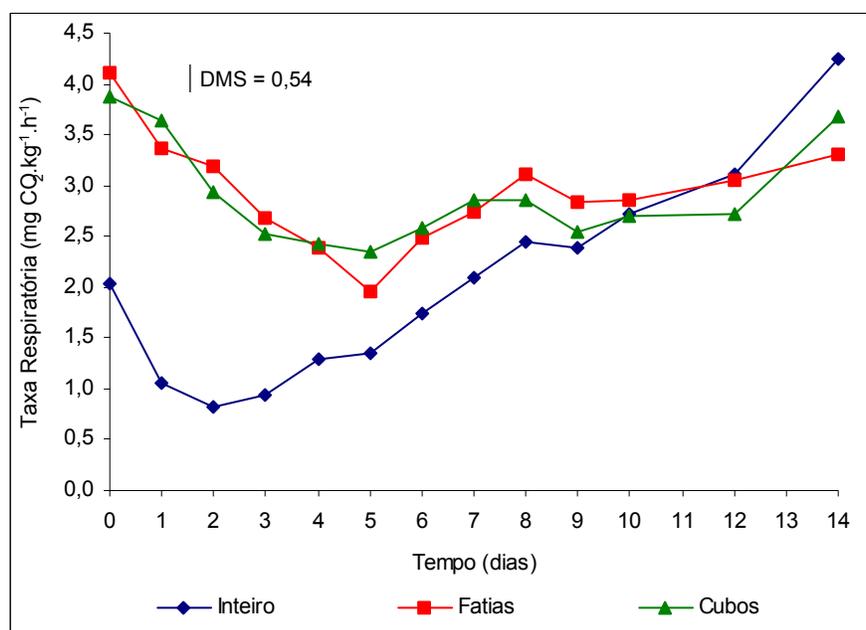
**FIGURA 1.** Acúmulo de CO<sub>2</sub> (%) no interior dos frascos de acondicionamento de abacaxi ‘Pérola’ MP mantidos a 4 e 10°C (A) durante as 12 horas posteriores ao processamento (B). Barras verticais indicam a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Não se observou interação significativa entre os fatores formato de corte e tempo ao se avaliar a taxa respiratória dos frutos durante as 12 primeiras horas do processamento. Independente do tempo, o abacaxi inteiro descascado apresentou menor taxa respiratória ( $1,96 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ), seguido pelos frutos MP em fatias e em cubos ( $3,91$  e  $4,28 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , respectivamente) (Figura 2A). Constatou-se que a taxa respiratória apresentou um ligeiro aumento até a 6<sup>a</sup> hora do processamento, com posterior declínio, atingindo o teor de  $3,00 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  após 12 horas do processamento (Figura 2B).



**FIGURA 2.** Taxa respiratória ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) de abacaxi ‘Pérola’ inteiro descascado e minimamente processado em fatias e cubos (A) durante 12 horas a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  (B). Barras verticais indicam a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Avaliando-se o comportamento respiratório dos frutos no decorrer dos 14 dias de acondicionamento, verificou-se que a taxa respiratória inicial dos frutos cortados em fatias e em cubos correspondeu, aproximadamente, ao dobro daquela observada nos frutos inteiros descascados, decorrente do maior nível de estresse causado no tecido vegetal. Os frutos cortados em fatias e cubos apresentaram comportamento respiratório bastante semelhante, com taxas respiratórias oscilando entre 1,96 e 4,10mg CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> durante os 14 dias de armazenamento refrigerado (Figura 3). Maiores taxas respiratórias em abacaxis MP foram, de maneira semelhante, observadas em frutos ‘Pérola’ (Sarzi, Durigan & Rossi Jr., 2002) e ‘Smooth Cayenne’ (Budu et al., 2001) quando comparadas à dos frutos inteiros descascados. Watada, Ko & Minott (1996) verificaram que a taxa respiratória de kiwis maduros, descascados e fatiados foi duas vezes superior àquela constatada nos frutos intactos, no entanto, não observaram efeito semelhante em bananas maduras.



**FIGURA 3.** Taxa respiratória (mg CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>) de abacaxi ‘Pérola’ inteiro descascado e minimamente processado em fatias e cubos durante 14 dias a 5 ± 1°C. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa (p ≤ 0,05).

Observou-se uma redução na taxa respiratória dos frutos inteiros descascados até o 2º dia do processamento, constatando-se, a partir de então, uma contínua elevação. Ao 9º dia, a taxa respiratória de tais frutos atingiu valores próximos aos observados nos abacaxis cortados

em cubos e em fatias, não diferindo estatisticamente destes. Tal comportamento manteve-se até o 12º dia. Ao término do armazenamento, os frutos inteiros descascados apresentaram taxa respiratória estatisticamente superior à dos frutos MP (Figura 3).

#### **4 - CONCLUSÕES**

- Não foi detectada síntese de etileno no período de 12 horas em que foram realizadas as análises de cromatografia gasosa;
- O acondicionamento de abacaxi ‘Pérola’ MP a 4°C proporciona menores taxas respiratórias;
- A taxa respiratória inicial do abacaxi ‘Pérola’ MP em fatias e em cubos corresponde ao dobro da observada nos frutos inteiros descascados;
- Abacaxis ‘Pérola’ MP em fatias e em cubos apresentam comportamento respiratório semelhante.



### 3.6. COMPORTAMENTO DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO ARMAZENADO SOB ATMOSFERA CONTROLADA

Lucimara Rogéria ANTONIOLLI; Benedito Carlos BENEDETTI; José Maria Monteiro  
SIGRIST; Neliane Ferraz de Arruda SILVEIRA

#### RESUMO

Procurou-se determinar a composição gasosa ótima para o acondicionamento do abacaxi 'Pérola' minimamente processado, particularmente com relação à manutenção da qualidade visual e à redução do crescimento microbiano. Frutos previamente sanitizados foram descascados e fatiados manualmente. As fatias foram imersas em solução de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> durante 30 segundos. Após período de repouso, para drenagem do excesso de líquido, foram acondicionadas em frascos de vidro herméticos conectados a um fluxcentro instalado em câmara refrigerada a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ . As composições gasosas desejadas foram fornecidas continuamente, durante 12 dias, a partir de cilindros conectados ao fluxcentro. As combinações de O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> (%), balanceadas com N<sub>2</sub>, foram as seguintes: 2:5, 2:10, 2:15, 5:5, 5:10, 5:15, 8:5, 8:10 e 8:15. O tratamento controle foi o ar atmosférico. Os parâmetros analisados foram: cor, coliformes a 35 e a 45°C, microrganismos aeróbios mesófilos, psicrotrófilos, bolores e leveduras. Não foram detectados coliformes totais e fecais. A combinação 5:15 (O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>, %) reduziu ligeiramente o crescimento microbiano, entretanto o abacaxi 'Pérola' minimamente processado foi pouco sensível ao acondicionamento sob atmosfera controlada, considerando-se que ao término do armazenamento as fatias apresentavam-se pouco escurecidas e livres de contaminação que comprometesse a segurança do alimento.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, processamento mínimo, composição gasosa, qualidade, crescimento microbiano.

## SUMMARY

BEHAVIOR OF FRESH-CUT 'PÉROLA' PINEAPPLE STORED UNDER CONTROLLED ATMOSPHERE. The purpose of this research was to determine the best gas mixture for storage of fresh-cut 'Pérola' pineapple, particularly in relation to the maintenance of visual quality and reduction of microbial growth. After sanitization, fruits were manually peeled and sliced. Slices were dipped into NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> solution for 30 seconds. After that, the liquid in excess was drained and the slices were placed in sealed glass jars connected to a flowboard installed in a cold room (5 ± 1°C). Desired gas mixtures were supplied continuously during 12 days from cylinders connected to the flowboard. Controlled atmospheres of 2:5, 2:10, 2:15, 5:5, 5:10, 5:15, 8:5, 8:10 e 8:15 (O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>, %) and air were used. The product was evaluated for pulp color, total and fecal coliforms, mesophile and psicrotrophile aerobic counts, molds and yeasts. Total and fecal coliforms were not detected. The mixture of 5% O<sub>2</sub> and 15% CO<sub>2</sub> reduced slightly the microbial growth, but the fresh-cut 'Pérola' pineapple was little sensible to the storage under controlled atmosphere, considering that at the end of the period the slices had little browning and were free of contamination that would compromise the food security.

**Keywords:** *Ananas comosus*, minimal processing, gas mixture, quality, microbial growth.

## 1 - INTRODUÇÃO

Os produtos hortícolas minimamente processados (MP) vêm ganhando espaço nas gôndolas dos supermercados, em função, principalmente, da conveniência e praticidade proporcionadas aos consumidores. É imprescindível, no entanto, que frutas e hortaliças comercializadas nesta forma preservem o frescor e a qualidade nutricional próprios dos produtos frescos, além de estarem livres de contaminação microbiana que ofereça riscos à segurança do alimento. O abacaxi MP já pode ser encontrado em alguns pontos de venda. No entanto, a vida útil bastante reduzida, cerca de 2-3 dias, é resultante da perda de qualidade decorrente, principalmente, do escurecimento da polpa e do acúmulo de líquido na embalagem.

As atmosferas controladas (AC) combinadas com baixas temperaturas proporcionam a manutenção da qualidade e o prolongamento da vida útil de frutos e hortaliças. Apesar do abacaxi ser um fruto tropical e, portanto, estar sujeito aos danos pelo frio quando exposto às

temperaturas inferiores a 12°C, O'Connor Shaw et al. (1994) não observaram sintomas deste distúrbio em abacaxi MP acondicionado a 4°C.

De acordo com Portela & Cantwell (1998), a AC com ar acrescida de 15% CO<sub>2</sub> reduziu as mudanças de coloração em melões 'Cantaloupe' e 'Honeydew' MP. De maneira semelhante, Rocha & Morais (2000) constataram menor alteração na coloração de maçãs 'Jonagored' MP quando acondicionadas sob AC de 2% O<sub>2</sub> e 12% CO<sub>2</sub>.

Níveis de O<sub>2</sub> inferiores a 1% e de CO<sub>2</sub> superiores a 10% suprimem significativamente o crescimento fúngico (Kader, 1986; Zagory, 1999). De acordo com Farber (1991), as alterações metabólicas causadas pelo CO<sub>2</sub> conduzem a célula ao estresse, resultando na redução da taxa de crescimento microbiano.

O acondicionamento de abacaxis *in natura* sob AC de 3-5% O<sub>2</sub> e 5-8% CO<sub>2</sub> proporciona a redução da taxa respiratória e o prolongamento da vida útil, sendo que a exposição aos níveis inferiores a 2% O<sub>2</sub> e superiores a 10% CO<sub>2</sub> parece favorecer o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis (Kader, 2003). Limites de CO<sub>2</sub> relativamente mais amplos (1-20% CO<sub>2</sub> e 2-5% O<sub>2</sub>) foram estabelecidos por O'Connor Shaw et al. (1996) para o acondicionamento de abacaxi *in natura*. Há, no entanto, pouca informação disponível sobre as condições de AC ideais para o acondicionamento de frutos MP. De acordo com Gorny (2003), níveis de 10% de CO<sub>2</sub> promovem a redução na deterioração de abacaxi 'Champaka' MP, enquanto os níveis de O<sub>2</sub> inferiores a 5% conduzem ao desenvolvimento de sabor e odor desagradáveis decorrentes do processo fermentativo.

Os baixos níveis de O<sub>2</sub> utilizados durante o acondicionamento a 5°C de abacaxi 'Champaka' MP conduziram à retenção da coloração amarela, ao passo que as elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> reduziram o escurecimento da polpa (Marrero & Kader, 2001). De acordo com os mesmos autores, o acondicionamento do abacaxi MP sob condições de 2% O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> proporcionou vida útil de duas semanas.

Este trabalho teve como objetivo a determinação da composição gasosa ótima, sob condições de atmosfera controlada, para o acondicionamento do abacaxi 'Pérola' minimamente processado, particularmente com relação à melhoria da qualidade visual e à redução do crescimento microbiano.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Abacaxis (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola, provenientes de Miranorte-TO, foram pré-selecionados e transportados ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Hortifrutícolas do Instituto de Tecnologia de Alimentos (FRUTHOTEC / ITAL), Campinas-SP, onde foram padronizados quanto ao tamanho e à coloração da casca (verde-pintado), lavados com água corrente e detergente neutro e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 200mg.L<sup>-1</sup> durante 2 minutos. Em seguida, os frutos foram acondicionados em gôndolas plásticas previamente lavadas e higienizadas (NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>) e mantidos à temperatura de 20°C durante aproximadamente 20 horas. Para a obtenção do fruto minimamente processado, os abacaxis foram descascados e fatiados manualmente. As fatias, com aproximadamente 1cm de espessura, tiveram o cilindro central removido utilizando-se de uma faca circular de aço inoxidável.

As fatias foram acondicionadas em escurredores de aço inoxidável e submetidas ao tratamento de imersão, durante 30 segundos, em solução NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup>, mantida à temperatura de 10°C. Decorrido o tempo de imersão, as fatias permaneceram em repouso durante aproximadamente 2 minutos para drenagem do excesso de líquido. Todo o processamento foi conduzido em ambiente refrigerado, com temperaturas variando entre 12 e 15°C. Objetivando-se evitar a contaminação cruzada, os equipamentos e utensílios utilizados no processamento foram higienizados com solução de NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>. Com este mesmo intuito, foram utilizadas luvas, máscaras e toucas descartáveis.

Posteriormente, as fatias foram acondicionadas em frascos de vidro herméticos conectados a um fluxcentro (Claypool & Keefer, 1942; Calbo, 1989), instalado em câmara refrigerada a 5 ± 1°C. Tal sistema garantiu o fornecimento de um fluxo de misturas gasosas contínuo e frio durante 12 dias. As diferentes composições gasosas foram fornecidas a partir de cilindros conectados ao fluxcentro. As combinações de O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub> (%), balanceadas com N<sub>2</sub>, foram as seguintes: 2:5, 2:10, 2:15, 5:5, 5:10, 5:15, 8:5, 8:10 e 8:15. O tratamento controle constou de fluxo com ar atmosférico.

O fluxo destas misturas foi baseado na taxa respiratória do abacaxi MP. Resultados obtidos no Trabalho 3.5 indicaram que a taxa respiratória do fruto cortado em fatias ou em cubos situou-se ao redor de 3mg CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> no período compreendido entre o 2º e o 12º dia de armazenamento a 5 ± 1°C.

Os frutos foram avaliados no tempo 0, logo após o processo de sanitização, e aos 2, 5, 8 e 12 dias de armazenamento. A cada avaliação foram utilizadas 3 repetições por tratamento, sendo, cada repetição, constituída por um frasco contendo 8 fatias de abacaxi (aproximadamente 0,550kg). A cor da polpa foi determinada com auxílio de colorímetro (Minolta - CR-300) em dois pontos equidistantes em cada uma das fatias. Na colorimetria de reflexão, o valor  $L^*$  (luminosidade, em um eixo de 0 (preto) a 100 (branco)) é um bom indicador do grau de escurecimento da amostra. Os parâmetros  $L^*$  e  $a^*$  (cromaticidade, em um eixo de -60 (verde) a +60 (vermelho)), recomendados para maçã (Artés, Castañer & Gil, 1998), foram igualmente utilizados na avaliação de um possível escurecimento do abacaxi MP, por serem mais adequados na detecção da coloração amarronzada verificada em ensaios preliminares.

O abacaxi MP foi avaliado microbiologicamente quanto à presença de coliformes totais (35°C) e fecais (45°C) ao tempo 0, quanto à população de microrganismos aeróbios mesófilos e psicotrófilos (0, 5 e 12 dias) e quanto à população de bolores e leveduras (0, 2, 5, 8 e 12 dias). A avaliação inicial dos frutos foi realizada após a lavagem com detergente neutro e água corrente. As análises foram realizadas conforme metodologia descrita no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, “APHA” (Downes & Ito, 2001).

A determinação do número mais provável de coliformes totais (NMP.g<sup>-1</sup>) foi realizada através de teste presuntivo em caldo lactosado incubado a 35°C por 24-48 horas e de teste confirmativo em caldo bile verde brilhante, a 35°C por 24-48 horas. Em seguida, foi determinado o número mais provável de coliformes fecais em caldo *Escherichia coli* (EC) incubado a 44,5°C por 24 horas.

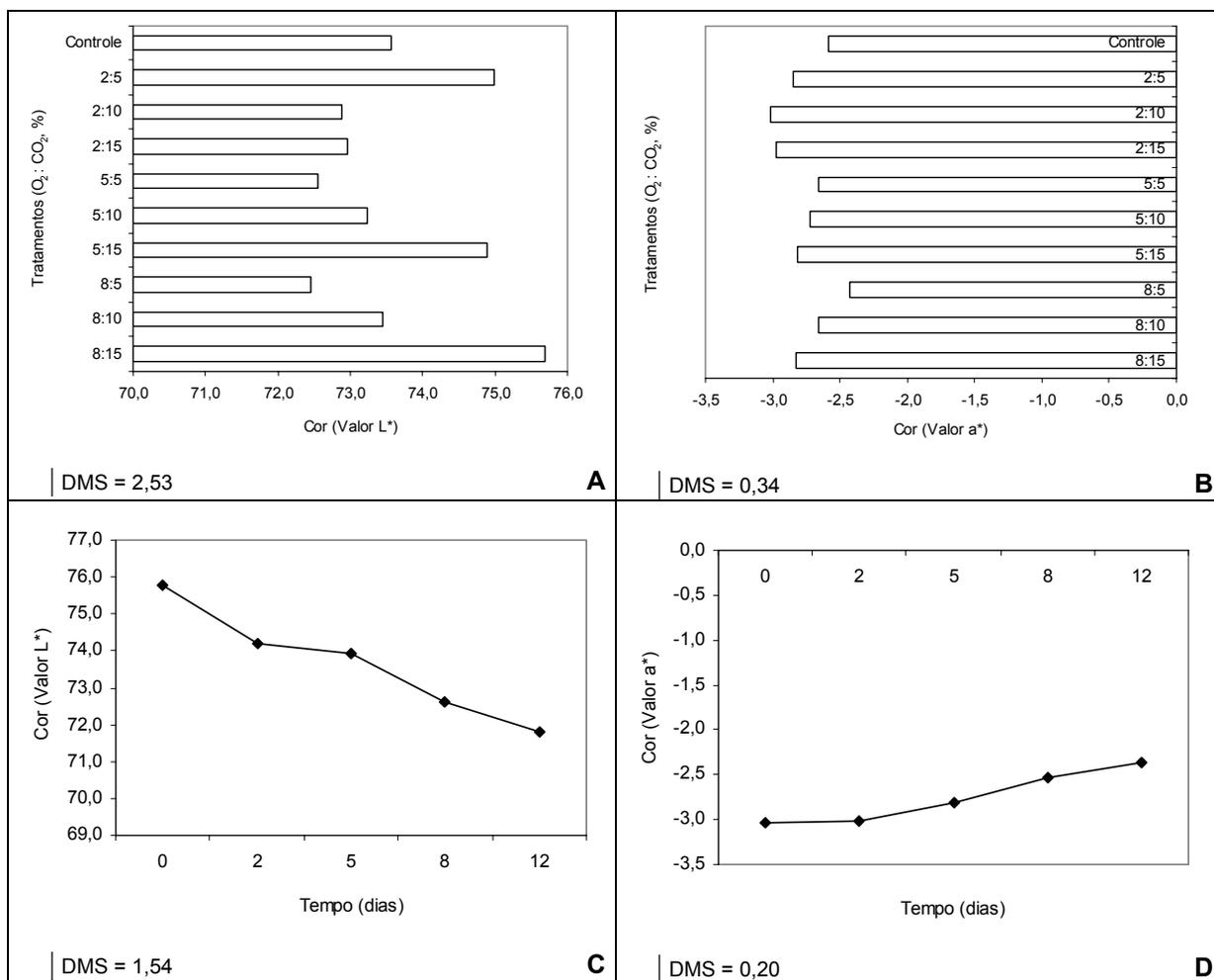
A população de microrganismos aeróbios mesófilos foi quantificada pelo método de plaqueamento em profundidade em ágar para contagem padrão. As placas foram incubadas a 35°C por 24-48 horas. A população de microrganismos aeróbios psicotrófilos foi quantificada pelo método descrito anteriormente, sendo as placas incubadas a 7°C por 10 dias. A população de bolores e leveduras foi determinada pelo método de plaqueamento em superfície em meio Dicloran Rosa de Bengala Clorofenicol (DRBC). As placas foram incubadas (invertidas) a 21-22°C por 3-5 dias. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC.g<sup>-1</sup>).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, onde se estudou a interação entre os fatores: composição gasosa e tempo, com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os valores referentes às populações de microrganismos aeróbios mesófilos, psicrotrófilos e de bolores e leveduras foram transformados em  $\log(x)$  e expressos em  $\log \text{ UFC.g}^{-1}$ .

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada diferença significativa com relação ao valor  $L^*$  da cor entre os frutos acondicionados sob AC e o controle (Figura 1A). Independente do tratamento, constatou-se uma ligeira redução neste parâmetro em função do tempo de armazenamento, relacionada à perda gradativa de luminosidade das amostras. Tal redução foi de 5,25%, considerando os valores de 75,78 e 71,80, observados ao tempo 0 e ao término do acondicionamento, respectivamente (Figura 1C). De maneira semelhante, Gil, Gorny & Kader (1998) não observaram diferenças no valor  $L^*$  da polpa de maçã 'Fuji' MP quando acondicionada, durante 3 dias, sob AC de 0,25%  $O_2$  ou ar atmosférico, no entanto, as fatias armazenadas sob 0%  $O_2$  apresentaram escurecimento significativamente menor que as submetidas aos demais tratamentos. O rápido escurecimento observado em pêssegos, 1 dia após o processamento, foi independente das condições de AC (ar, 2%  $O_2$ , ar + 12%  $CO_2$  e 2%  $O_2$  + 12%  $CO_2$ ) a que foram submetidos (Wright & Kader, 1997).

As baixas concentrações de  $O_2$  (2%) combinadas com 10 ou 15% de  $CO_2$ , proporcionaram valores de  $a^*$  estatisticamente inferiores ao controle, não havendo, no entanto, diferença entre ambas as composições gasosas (Figura 1B). Verificou-se um aumento gradativo no valor  $a^*$  a partir do 2º dia de acondicionamento sob AC (Figura 1D). Considerando os valores observados ao tempo 0 e ao 12º dia de armazenamento (-3,04 e -2,37, respectivamente), constatou-se um incremento de 22% neste parâmetro da cor. No entanto, tal alteração não foi perceptível visualmente. Somente quando os valores de  $a^*$  tornam-se positivos é que se caracteriza a contribuição do vermelho à cor, o que não foi observado até o término do período de avaliação.



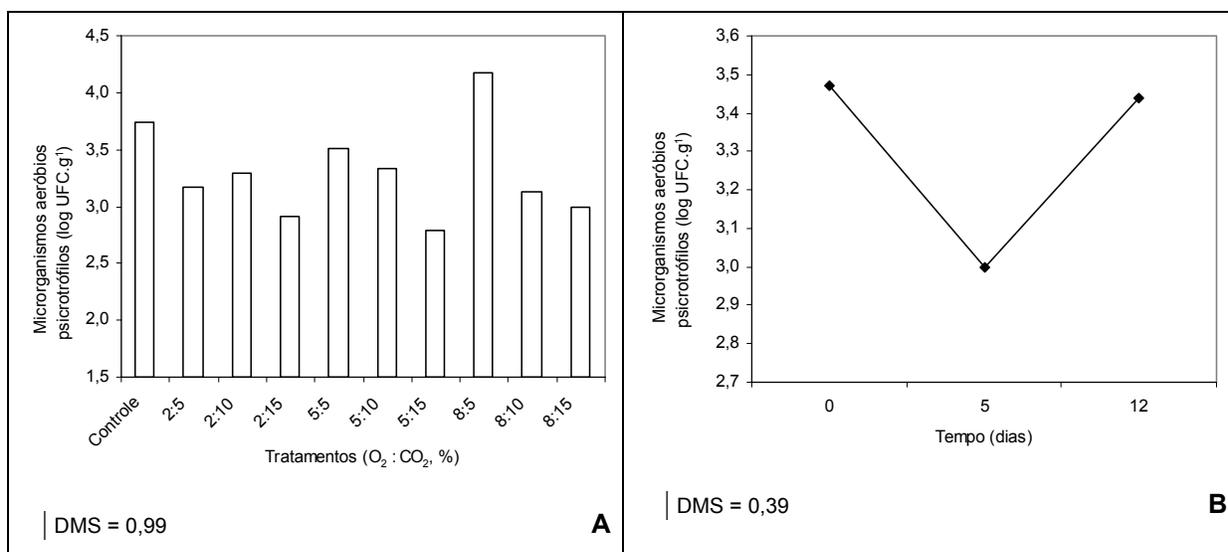
**FIGURA 1.** Cor da polpa de abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado acondicionamento sob diferentes condições de atmosfera controlada durante 12 dias a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  (A e C: valor L\*; B e D: valor a\*). Barras verticais indicam a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Não foram detectados coliformes totais e fecais ao tempo 0 (pós sanitização), o que sugere ausência de tais microrganismos na matéria-prima e indica que o processamento foi conduzido sob condições higiênico-sanitárias adequadas.

A avaliação inicial dos frutos, realizada após a lavagem com detergente neutro e água corrente, revelou populações relativamente baixas de microrganismos aeróbios mesófilos, psicrotrófilos e de bolores e leveduras, correspondentes às contagens de 3,65, 1,78 e 3,95 log UFC.g<sup>-1</sup>, respectivamente.

A interação entre os fatores estudados (atmosfera de acondicionamento e tempo) foi significativa para a população de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras, não sendo observado comportamento semelhante para a população de microrganismos

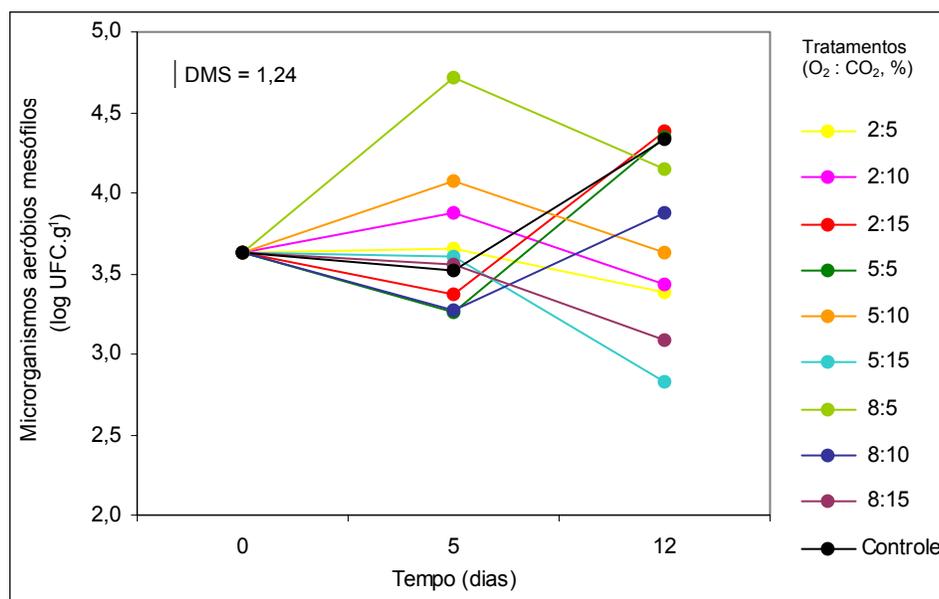
aeróbios psicrotrófilos. Independente do tempo, as populações destes microrganismos encontradas nos frutos acondicionados sob as diferentes condições de AC oscilaram entre 2,79 e 4,18 log UFC.g<sup>-1</sup>, não diferindo, no entanto, da população observada nas amostras acondicionadas sob ar atmosférico (3,74 log UFC.g<sup>-1</sup>). Embora não diferindo do controle, a maior população (4,18 log UFC.g<sup>-1</sup>) foi observada nas amostras acondicionadas sob AC de 8% O<sub>2</sub> e 5% CO<sub>2</sub>, sendo que dos cinco tratamentos que se diferenciaram desta concentração, três apresentavam 15% de CO<sub>2</sub> na sua composição (Figura 2A). Considerando-se a população observada na avaliação inicial de 1,78 log UFC.g<sup>-1</sup>, verificou-se um aumento de 2 ciclos logarítmicos ao tempo 0, quando a população atingiu níveis de 3,47 log UFC.g<sup>-1</sup>. Embora mantendo-se na ordem de 10<sup>3</sup> UFC.g<sup>-1</sup>, observou-se uma redução ao 5º dia de armazenamento, seguida por um aumento que elevou a população aos níveis verificados ao tempo 0 (3,44 log UFC.g<sup>-1</sup>) (Figura 2B).



**FIGURA 2.** Microrganismos aeróbios psicrotrófilos em abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado acondicionado sob diferentes condições de atmosfera controlada **(A)** durante 12 dias a 5 ± 1°C **(B)**. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa (p ≤ 0,05).

O processamento mínimo do abacaxi não proporcionou aumento na população de microrganismos aeróbios mesófilos, considerando as contagens obtidas na avaliação inicial e ao tempo 0 (3,65 e 3,63 log UFC.g<sup>-1</sup>, respectivamente). Até o 5º dia de armazenamento não se observou diferença significativa entre as populações presentes nos frutos submetidos à AC e o controle. Nesta avaliação, a maior população (4,71 log UFC.g<sup>-1</sup>) foi observada nas amostras

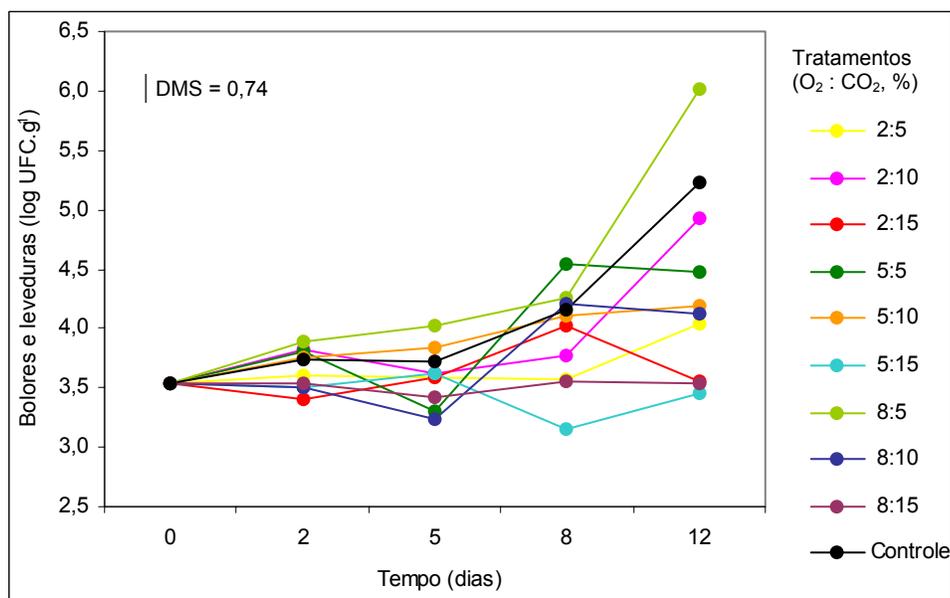
acondicionadas sob AC de 8% O<sub>2</sub> e 5% CO<sub>2</sub>. Tanto a AC 5:15, quanto a AC 8:15 (O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>, %) proporcionaram, ao 12º dia, populações de microrganismos aeróbios mesófilos estatisticamente inferiores ao controle, sem, no entanto, diferirem entre si. A AC 5% O<sub>2</sub> e 15% CO<sub>2</sub> proporcionou a menor contagem de microrganismos aeróbios mesófilos (2,83 log UFC.g<sup>-1</sup>) e uma redução na população de 2 ciclos logarítmicos quando comparado ao controle (4,33 log UFC.g<sup>-1</sup>). A população de 3,09 log UFC.g<sup>-1</sup> foi constatada nos frutos acondicionados sob AC 8% O<sub>2</sub> e 15% CO<sub>2</sub>. Embora tais composições gasosas tenham proporcionado menores contagens ao 12º dia, a população de microrganismos aeróbios mesófilos apresentou pequena variação, com valores oscilando entre 10<sup>2</sup> e 10<sup>4</sup> UFC.g<sup>-1</sup> (Figura 3).



**FIGURA 3.** Microrganismos aeróbios mesófilos em abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado durante 12 dias de acondicionamento sob diferentes condições de atmosfera controlada. Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Comparada à população inicial, constatou-se, ao tempo 0, uma ligeira redução na população de bolores e leveduras (3,95 e 3,53 log UFC.g<sup>-1</sup>, respectivamente). Não houve diferença significativa até o 5º dia de armazenamento entre as populações de bolores e leveduras presentes nos frutos submetidos à AC e o controle. Tal comportamento foi igualmente observado na população de microrganismos aeróbios mesófilos. Embora não diferindo do controle, as maiores populações ao 2º e 5º dias (3,89 e 4,02 log UFC.g<sup>-1</sup>,

respectivamente), foram constatadas nos frutos acondicionados sob AC 8% O<sub>2</sub> e 5% CO<sub>2</sub>. Ao 8º dia foram observadas populações estatisticamente inferiores ao controle nos frutos submetidos às AC 2:10, 2:5, 8:15 e 5:15 (O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>, %). A menor contagem de bolores e leveduras (3,16 log UFC.g<sup>-1</sup>) foi observada nos frutos mantidos sob AC 5% O<sub>2</sub> e 15% CO<sub>2</sub>. No entanto, tal população não diferiu daquelas encontradas nos frutos acondicionados sob AC 2:10, 2:5 e 8:15 (O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>, %). A AC 5% O<sub>2</sub> e 15% CO<sub>2</sub> proporcionou, ao 12º dia, a menor contagem de bolores e leveduras (3,46 log UFC.g<sup>-1</sup>) e uma redução na população de 2 ciclos logarítmicos quando comparado ao controle (5,22 log UFC.g<sup>-1</sup>); no entanto a população de bolores e leveduras encontrada nesta condição atmosférica não diferiu daquelas observadas sob as AC 8:15, 2:15, 2:5, 8:10 e 5:10 (O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>, %). Apesar dos frutos acondicionados sob ar atmosférico e AC 8:5 (O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>, %) terem apresentado elevadas populações de bolores e leveduras ao término do armazenamento (5,22 e 6,02 log UFC.g<sup>-1</sup>, respectivamente), observou-se que, de forma geral, a população de tais microrganismos oscilou entre 10<sup>3</sup> e 10<sup>4</sup> UFC.g<sup>-1</sup> durante todo o período de armazenamento (Figura 4).



**FIGURA 4.** Bolores e leveduras em abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado durante 12 dias de acondicionamento sob diferentes condições de atmosfera controlada. Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Qi, Wu & Watada (1999) observaram menores populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras em melão ‘Honeydew’ MP quando os cubos

foram acondicionados sob AC 2% O<sub>2</sub> e 10% CO<sub>2</sub> e mantidos sob temperatura de 5°C. Embora inferior, a população de bolores e leveduras observada nesta condição atmosférica diferiu do controle somente ao 10º dia, não sendo observado comportamento semelhante para os microrganismos aeróbios mesófilos. De acordo com O'Connor-Shaw et al. (1994), o crescimento microbiano não contribuiu significativamente na limitação da vida útil do abacaxi MP durante 11 dias de acondicionamento a 4°C.

Embora a combinação 5:15 (O<sub>2</sub>:CO<sub>2</sub>, %) tenha reduzido ligeiramente o crescimento microbiano, o abacaxi 'Pérola' MP parece ser pouco sensível ao acondicionamento sob atmosfera controlada, considerando-se que ao término do armazenamento as fatias apresentavam-se pouco escurecidas e livres de contaminação que compromettesse a segurança do alimento. A manutenção da população microbiana em níveis relativamente baixos talvez seja melhor explicada como resultado do armazenamento sob baixas temperaturas, da baixa contaminação inicial da matéria-prima e das condições de processo do que como efeito do acondicionamento sob atmosfera controlada.

#### **4 – CONCLUSÕES**

- O abacaxi 'Pérola' minimamente processado é pouco sensível ao acondicionamento sob atmosfera controlada;
- A atmosfera controlada 5% O<sub>2</sub> e 15% CO<sub>2</sub> reduz ligeiramente o crescimento microbiano em abacaxi 'Pérola' minimamente processado.



### 3.7. AGENTES ANTIOXIDANTES NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO

Lucimara Rogéria ANTONIOLLI; Benedito Carlos BENEDETTI; Men de Sá Moreira de SOUZA FILHO

#### RESUMO

Procurou-se avaliar o potencial do ácido ascórbico (AA) e do ácido cítrico (AC), isolados e combinados, em abacaxi 'Pérola' minimamente processado, visando a manutenção da qualidade do produto, particularmente com relação ao controle do escurecimento da polpa. Frutos previamente lavados e sanitizados foram descascados mecanicamente e fatiados manualmente, sendo, posteriormente imersos em água (controle) ou diferentes soluções, durante 30 segundos. As combinações de AA:AC (%) foram as seguintes: 0,0:0,5; 0,0:1,0; 0,5:0,0; 0,5:0,5; 0,5:1,0; 1,0:0,0; 1,0:0,5 e 1,0:1,0. As fatias foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato e mantidas à temperatura de  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 8 dias. Os parâmetros, analisados a cada 2 dias, foram: pH, atividade peroxidásica, cor, teor de sólidos solúveis totais e acidez total titulável. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, onde se estudou a interação entre o tratamento e o tempo, com três repetições. Abacaxis 'Pérola' minimamente processados submetidos aos tratamentos combinados de ácido ascórbico e ácido cítrico nas concentrações: 1,0:0,5 (%) e 1,0:1,0 (%) apresentaram menor atividade peroxidásica. Quanto à coloração da polpa, a manutenção dos valores  $a^*$  em níveis próximos aos iniciais foi proporcionada pelos tratamentos: 0,5:0,0; 0,5:0,5; 0,5:1,0; 1,0:0,0; 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %).

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, processamento mínimo, peroxidase, escurecimento enzimático.

## SUMMARY

QUALITY PRESERVATION OF FRESH-CUT 'PÉROLA' PINEAPPLE USING ANTIBROWNING AGENTS. The purpose of this research was to evaluate the potential of ascorbic acid (AA) and citric acid (CA), isolated and combined, in fresh-cut 'Pérola' pineapple for product quality maintenance, especially for pulp browning control. Washed and sanitized fruits were mechanically peeled and manually sliced. After that, slices were dipped into pure water (control) or different solutions, for 30 seconds. The combinations of AA:CA (%) were the following: 0,0:0,5; 0,0:1,0; 0,5:0,0; 0,5:0,5; 0,5:1,0; 1,0:0,0; 1,0:0,5 and 1,0:1,0. Slices were placed in polyethylene terephthalate packages and stored at  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  during 8 days. The parameters: pH, peroxidase activity, pulp color, total soluble solids and total titratable acidity were evaluated every 2 days. The experimental design was a completely randomized. The interaction between treatment and evaluation period was studied, with three replicates. Fresh-cut 'Pérola' pineapple treated with 1,0:0,5 and 1,0:1,0 (AA:CA, %) presented smaller peroxidase activity. The initial  $a^*$  value of pulp color was maintained by the treatments: 0,5:0,0; 0,5:0,5; 0,5:1,0; 1,0:0,0; 1,0:0,5; 1,0:1,0 (AA:CA, %).

**Keywords:** *Ananas comosus*, minimal processing, peroxidase activity, enzymatic browning.

## 1 – INTRODUÇÃO

Produtos hortícolas minimamente processados (MP) correspondem à um segmento do mercado em ascensão, no entanto, a oferta de frutas MP ainda é praticamente inexistente, devido às dificuldades de conservação. O abacaxi, apesar do grande potencial de comercialização como "fruta pronta para consumo" (Siriphanich & Johnson, 1994), apresenta alguns fatores limitantes de conservação, dentre os quais pode-se destacar o escurecimento da polpa.

O escurecimento ocorre na superfície cortada de frutas e hortaliças como resultado da descompartimentalização celular, o que permite o contato entre o substrato e as oxidases (Rolle & Chism, 1987). As principais enzimas responsáveis pelo escurecimento do tecido de frutos são a polifenoloxidase e a peroxidase (Gonçalves, 2000).

A polifenoloxidase, na presença de oxigênio atmosférico ( $\text{O}_2$ ), promove a hidroxilação de compostos monofenólicos a o-difenóis que posteriormente são oxidados a o-quinonas. As quinonas condensam-se e reagem não-enzimaticamente com outros compostos

como os fenólicos, amino-ácidos e proteínas, produzindo pigmentos de coloração escura e estrutura indeterminada (Sapers, 1993). Das et al. (1997) não observaram atividade da polifenoloxidase no suco de abacaxi. Resultados semelhantes foram obtidos por Brito (2001), com as cultivares Pérola, Smooth Cayenne e IAC Gomo-de-Mel.

A peroxidase é uma enzima que catalisa a oxidação de um grande número de compostos fenólicos e aminas aromáticas à quinonas, utilizando peróxido de hidrogênio comoceptor de elétrons e causando mudanças indesejáveis no sabor, aroma, textura e coloração do fruto (Burnette, 1977; Hemeda & Klein, 1990; Iaderoza & Baldini, 1991; Clemente & Pastore, 1998). De acordo com Brito (2001), a atividade da peroxidase nas cultivares Pérola e Smooth Cayenne é de 5624 e 5137 U.g<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo tais valores referentes à média dos obtidos nas regiões apical, mediana e basal dos frutos.

A utilização de inibidores do escurecimento em produtos hortícolas MP é restrita aos compostos que não ofereçam riscos de toxidez e não interfiram negativamente no aroma e sabor característicos dos produtos (Sapers, 1993). Dentre os compostos amplamente utilizados no controle do escurecimento destaca-se o ácido ascórbico, por promover a redução do pH e exercer função de agente redutor (Barret, 1998), além de seu baixo custo e de ser totalmente seguro para o consumo humano (Sapers, 1993). O ácido ascórbico, no entanto, é consumido na reação, promovendo, dessa forma, uma proteção temporária contra o escurecimento. A completa oxidação do ácido ascórbico a dehidroascórbico possibilita o acúmulo de quinonas, podendo produzir pigmentos de coloração escura (Sapers, 1993; Laurila, Kervinen, Ahvenainen, 1998). De acordo com os últimos autores, tanto o ácido ascórbico quanto o eritórbico são igualmente eficientes na prevenção do escurecimento em abacaxi MP. Independente da atmosfera de acondicionamento (0; 0,25 ou 21% O<sub>2</sub>), fatias de maçã tratadas com ácido ascórbico 2,0% apresentaram luminosidade (valor L\*) significativamente superior às fatias não-tratadas (Gil, Gorny & Kader, 1998).

O ácido ascórbico vêm sendo utilizado há mais de 50 anos em combinação com ácidos orgânicos, como o ácido cítrico, no controle do escurecimento enzimático (Sapers, 1993; Pizzocaro, Torreggiani & Gilardi, 1993). De acordo com Weller et al. (1997), fatias de carambola submetidas ao tratamento de imersão em solução de ácido cítrico 1,0 ou 2,5% e ácido ascórbico 0,25% apresentaram menor escurecimento quando comparadas ao controle.

Combinações de ácido ascórbico (0,5 a 1,0%) e cítrico (0,2 a 1,0%) têm se mostrado eficientes na prevenção do escurecimento em maçãs MP (Artés, Castañer & Gil, 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do ácido ascórbico (AA) e do ácido cítrico (AC), isolados e combinados, em abacaxi 'Pérola' minimamente processado, visando a manutenção da qualidade do produto, particularmente com relação ao controle do escurecimento da polpa.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Abacaxis (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola foram colhidos e pré-selecionados na Estação Experimental do Curu, localizada no Município de Paraipaba-CE. Os frutos foram transportados à Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE, onde foram padronizados quanto ao tamanho e à coloração da casca (verde-pintado).

Após a remoção da coroa, realizada a cerca de 3cm da região apical do fruto, procedeu-se à lavagem com água corrente e detergente neutro. Em seguida os frutos foram sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 200mg.L<sup>-1</sup>, em tanque de aço inoxidável com movimentação de água, durante 2 minutos. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas previamente lavadas e higienizadas (NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>) e armazenados em câmara refrigerada, mantida à temperatura de 12 ± 1°C, durante aproximadamente 24 horas. Decorrido este período, os frutos foram descascados mecanicamente e fatiados manualmente. As fatias, com aproximadamente 1cm de espessura, tiveram o cilindro central removido utilizando-se da faca circular do descascador pneumático. Em seguida, foram acondicionadas em caixas plásticas perfuradas e submetidas ao tratamento de imersão, durante 30 segundos, em água (controle) ou diferentes soluções combinadas de ácido ascórbico (AA) e ácido cítrico (AC), mantidas à temperatura de 10°C. As combinações de AA:AC (%) foram as seguintes: 0,0:0,5; 0,0:1,0; 0,5:0,0; 0,5:0,5; 0,5:1,0; 1,0:0,0; 1,0:0,5 e 1,0:1,0. Decorrido o tempo de imersão, as fatias permaneceram em repouso durante aproximadamente 2 minutos para drenagem do excesso de líquido. A seguir, foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato, previamente higienizadas em solução de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> e armazenadas sob temperatura de 4 ± 1°C durante 8 dias. Todo o processamento foi conduzido em ambiente refrigerado, com temperaturas variando entre 12 e 15°C.

Objetivando-se evitar a contaminação cruzada, os equipamentos e utensílios utilizados no processamento foram higienizados com solução de NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>. Com este mesmo intuito, foram utilizadas luvas, máscaras e toucas descartáveis.

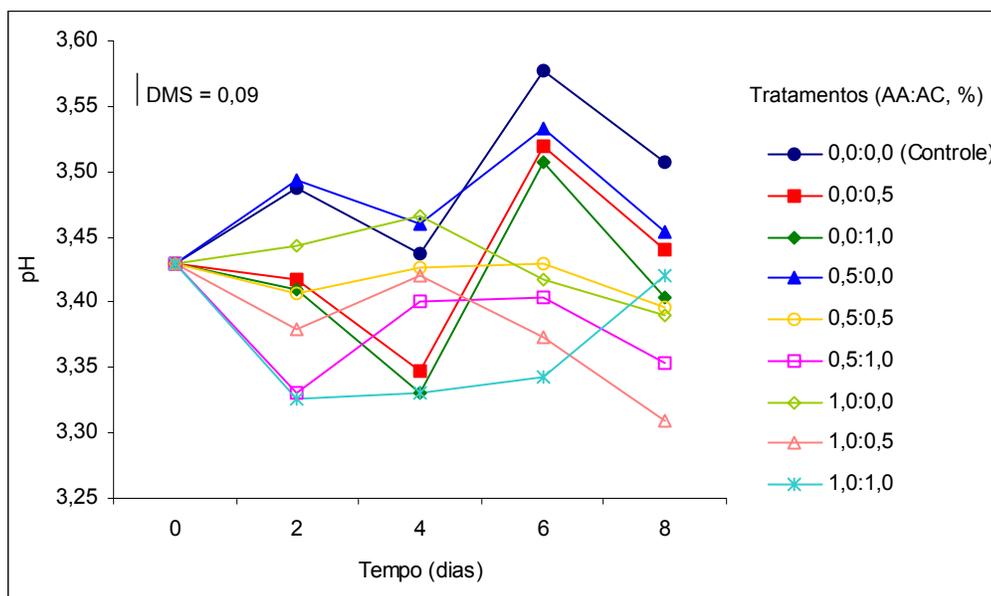
A cada dois dias foram analisados os seguintes parâmetros: a) pH: determinado por potenciometria em amostra triturada e homogeneizada; b) atividade peroxidásica (UAE.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>): determinada segundo metodologia de Khan & Robinson (1994) com modificações; c) cor: determinada com auxílio de colorímetro (Minolta - CR-300). Na colorimetria de reflexão, o valor L\* (luminosidade, em um eixo de 0 (preto) a 100 (branco)) é um bom indicador do grau de escurecimento da amostra. Os parâmetros L\* e a\* (cromaticidade, em um eixo de -60 (verde) a +60 (vermelho)), recomendados para maçã (Artés, Castañer & Gil, 1998), foram igualmente utilizados na avaliação do escurecimento do abacaxi MP, por serem mais adequados na detecção da coloração amarronzada verificada em ensaios preliminares; d) sólidos solúveis totais (°Brix): determinado por refratometria (Atago PR-101); e) acidez total titulável (% ácido cítrico): determinada através da diluição de 1g de amostra homogeneizada em 50ml de água destilada, e posterior titulação automática com solução de NaOH 0,1N, até pH 8,10 (Mettler Toledo - DL 12).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, onde se estudou a interação entre os fatores: tratamento e tempo, com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### **3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O abacaxi MP apresentou comportamentos diferenciados de pH em função do tratamento antioxidante a que foi submetido. Fatias tratadas com 1,0:1,0, 0,5:1,0 e 1,0:0,5 (AA:AC, %) apresentaram, ao 2º dia, valores de pH estatisticamente inferiores ao controle, não diferindo, no entanto, entre si. Ao 4º dia, somente as fatias submetidas aos tratamentos com 0,0:1,0 e 1,0:1,0 (AA:AC, %) diferiram do controle; já ao 6º dia, o pH dos frutos submetidos a 5 das 8 combinações diferiu do observado no controle, sendo que somente os tratamentos 0,5:0,0, 0,0:0,5 e 0,0:1,0 (AA:AC, %) foram estatisticamente iguais a este. Comportamento semelhante foi observado ao 8º dia, quando somente os tratamentos 0,5:0,0, 0,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %) foram iguais ao controle.

O tratamento 1,0:1,0 (AA:AC, %) proporcionou baixos valores de pH até o 6º dia, a partir do qual verificou-se um aumento neste parâmetro, tornando-o, ao término do armazenamento, estatisticamente igual ao controle (Figura 1).



**FIGURA 1.** Potencial hidrogeniônico de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos com agentes antioxidantes durante 8 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

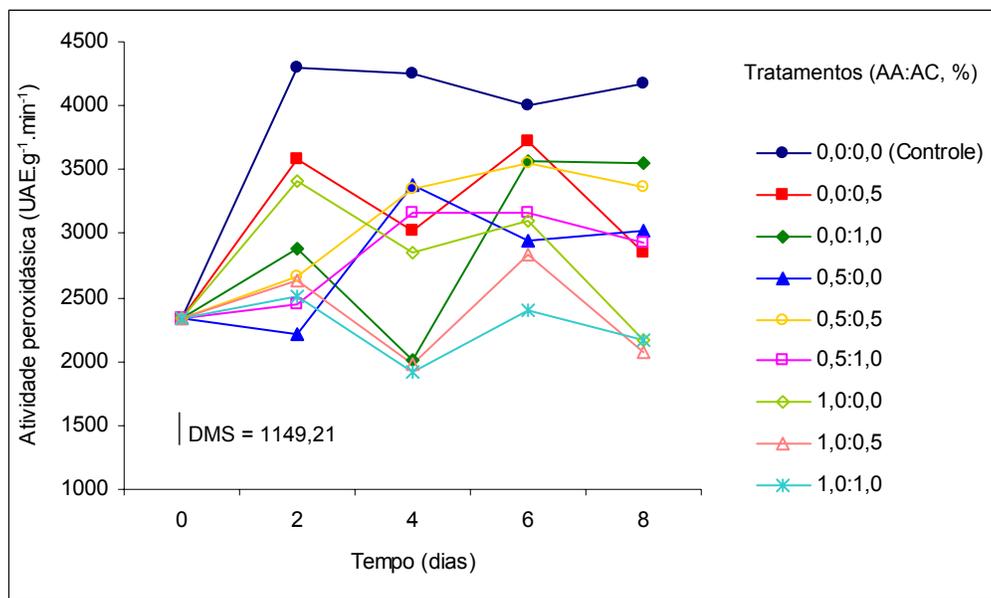
O fato do pH do controle ter se mantido superior ao dos demais tratamentos durante praticamente todo o período de avaliação parece estar relacionado ao valor de pH da água pura e das soluções de imersão, que variaram consideravelmente em função da adição dos ácidos (Quadro 1).

Prado et al. (2000b) não observaram alterações significativas no valor de pH de abacaxi ‘Smooth Cayenne’ MP submetido ao tratamento de imersão com ácido ascórbico 0,5%.

**QUADRO 1.** Valores de pH da água e de diferentes soluções de ácido ascórbico (AA) e ácido cítrico (AC) utilizadas no banho de imersão do abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado.

Tratamentos (AA:AC, %)	pH da solução
0,0:0,0 (controle)	7,0
0,0:0,5	2,5
0,0:1,0	2,4
0,5:0,0	3,0
0,5:0,5	2,5
0,5:1,0	2,4
1,0:0,0	2,9
1,0:0,5	2,5
1,0:1,0	2,5

Abacaxis MP pertencentes ao controle apresentaram, ao 2º dia, um aumento acentuado na atividade peroxidásica, que manteve-se, a partir de então, entre 4000 e 4200 UAE.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. Já, a atividade peroxidásica dos frutos MP submetidos aos demais tratamentos permaneceu na faixa compreendida entre 1900 e 3700 UAE.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> durante todo o armazenamento refrigerado. Dentre os tratamentos que proporcionaram atividade peroxidásica estatisticamente inferior à do controle, somente dois, 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %), possibilitaram a repetição dos baixos valores de atividade enzimática durante todo o período de avaliação (Figura 2). As baixas atividades peroxidásicas observadas nestes tratamentos possivelmente estão relacionadas aos baixos valores de pH, uma vez que a acidificação do meio conduz à desnaturação reversível da proteína (Lu & Whitaker, 1974; Burnette, 1977). Brito (2001) observou que a peroxidase da cultivar IAC Gomo-de-Mel apresentou atividade ótima em pH 4,5 e baixa atividade em pH 2,6 e em valores superiores a 7,0.

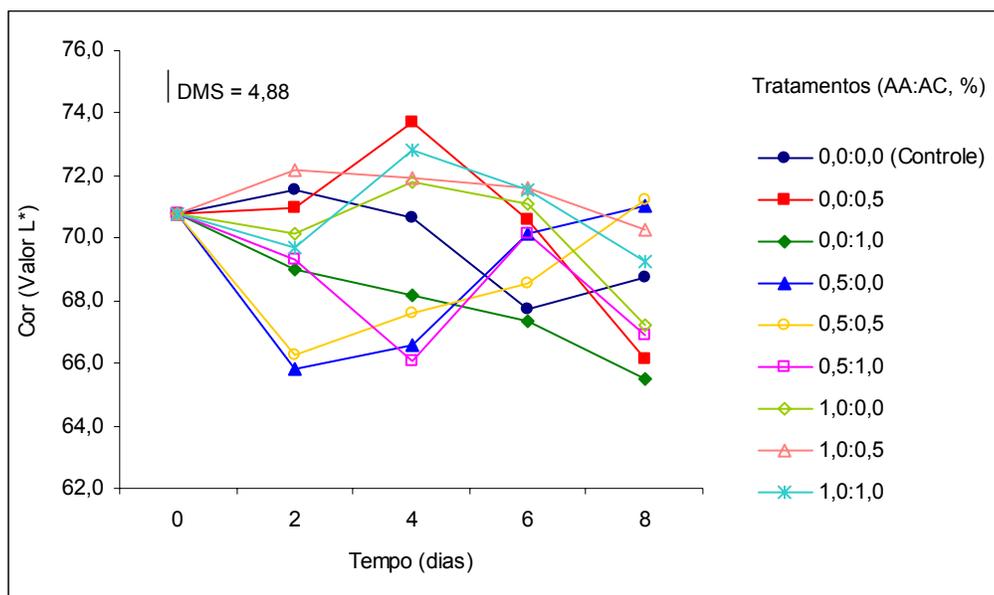


**FIGURA 2.** Atividade peroxidásica (UAE.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos com agentes antioxidantes durante 8 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C. Barra vertical indica a diferença mínima significativa (p ≤ 0,05).

Quanto à cor da polpa, constatou-se que os frutos MP pertencentes ao controle apresentaram pequena variação no parâmetro L\* no decorrer do armazenamento, com valores oscilando entre 67,72 e 71,54. Somente ao 2º dia foram observadas diferenças significativas entre os frutos submetidos aos tratamentos e o controle. Neste período, as fatias de abacaxi tratadas com 0,5:0,0 e 0,5:0,5 (AA:AC, %) apresentaram uma redução acentuada no parâmetro L\*, o que as diferiu do controle. O tratamento 1,0:0,5 (AA:AC, %) proporcionou menor variação no parâmetro L\* da cor das fatias no decorrer dos oito dias, com valores oscilando entre 70,29 e 72,20 (Figura 3).

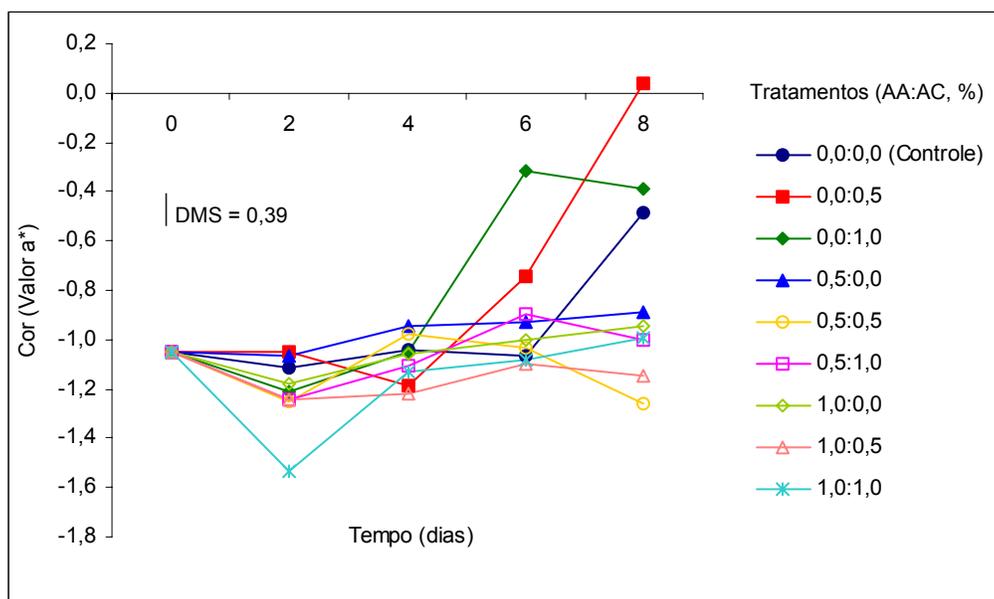
As fatias de abacaxi MP pertencentes ao controle apresentaram pequena variação no parâmetro a\* da cor até o 6º dia, constatando-se, a partir de então, um ligeiro aumento. Com exceção dos tratamentos 0,0:0,5 e 0,0:1,0 (AA:AC, %), que proporcionaram, a partir do 4º dia, a elevação dos valores de a\*, os demais tratamentos favoreceram a manutenção de tais valores em níveis próximos ao inicial. Estes resultados indicam a baixa eficiência do ácido cítrico no controle do escurecimento da polpa do abacaxi MP quando utilizado isoladamente. A redução neste parâmetro, observada ao 2º dia, nos frutos MP tratados com 1,0:1,0 (AA:AC, %) provavelmente seja melhor explicada como resultado da própria heterogeneidade de coloração da polpa do que como efeito do tratamento (Figura 4). Estando, o escurecimento

oxidativo, relacionado à ação da polifenoloxidase e da peroxidase (Gonçalves, 2000), esperava-se encontrar menor escurecimento nas amostras com menor atividade peroxidásica, no entanto, os valores  $L^*$  e  $a^*$  da cor da polpa dos frutos permaneceram iguais aos do controle durante praticamente todo o período de avaliação.

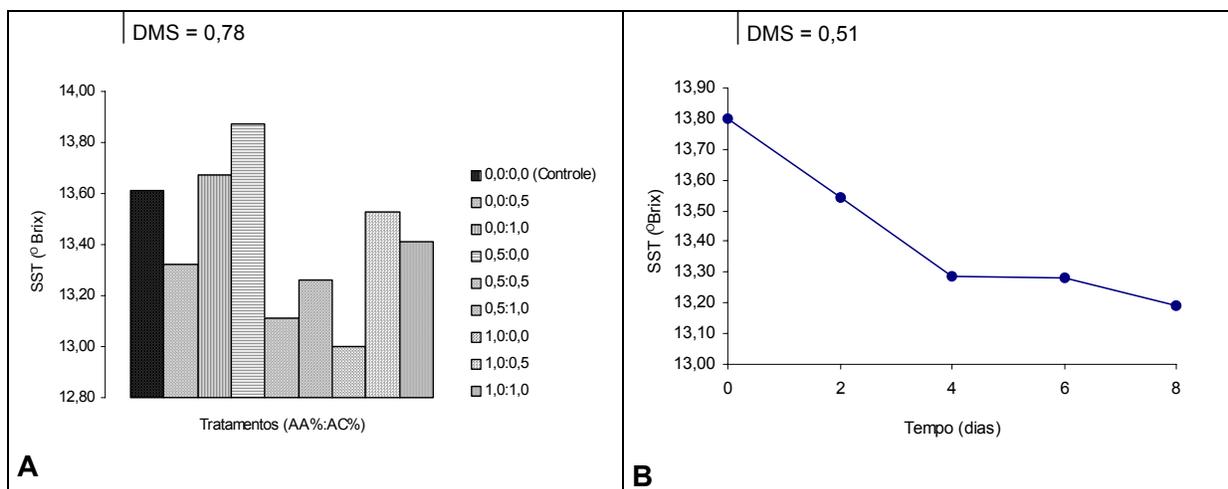


**FIGURA 3.** Cor da polpa (valor  $L^*$ ) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos com agentes antioxidantes durante 8 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Não foi observada diferença significativa com relação ao teor de sólidos solúveis totais entre os frutos MP submetidos aos diversos tratamentos e o controle (Figura 5A). Independente do tratamento, constatou-se uma redução neste parâmetro até o 4º dia do armazenamento, verificando-se, a partir deste período, pequena oscilação dos valores. A redução no teor de sólidos solúveis totais foi de 4,42%, considerando os valores de 13,80 e 13,19°Brix, observados ao tempo 0 e ao término do acondicionamento, respectivamente (Figura 5B). Dentre os substratos oxidados no processo respiratório destacam-se o amido, os açúcares e os ácidos orgânicos (Wills et al., 1981), logo, quanto maior a taxa respiratória maior será o consumo de reservas. Desta forma, a depleção dos sólidos solúveis totais observada até o 4º dia de armazenamento parece estar relacionada às elevadas taxas respiratórias iniciais, observadas no Trabalho 3.5, em abacaxi ‘Pérola’ MP na forma de fatias.

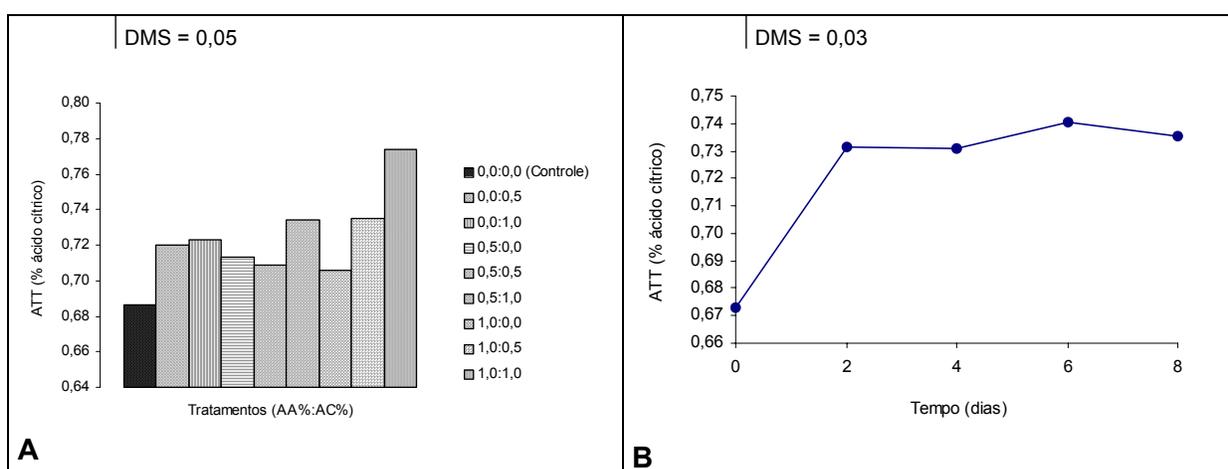


**FIGURA 4.** Cor da polpa (valor a\*) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos com agentes antioxidantes durante 8 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).



**FIGURA 5.** Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes agentes antioxidantes (A), durante 8 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (B). Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Fatias de abacaxi submetidas às maiores concentrações de ácido ascórbico e cítrico (1,0:1,0, 1,0:0,5 e 0,5:1,0 (AA:AC, %) apresentaram acidez total titulável estatisticamente superior ao controle, ao passo que os tratamentos que totalizaram entre 0,5 e 1,0% de ácido ascórbico ou cítrico, combinados ou não, não diferiram do controle (Figura 6A). A adição de ácidos orgânicos à solução de imersão possibilitou a absorção de tais compostos pelo abacaxi MP, resultando num aumento da acidez total titulável da polpa. Carvalho & Lima (2002) observaram um aumento de aproximadamente 25% no teor de vitamina C total ao submeterem kiwis MP ao tratamento de imersão em solução de ácido ascórbico 1%.



**FIGURA 6.** Acidez total titulável (% ácido cítrico) em abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes agentes antioxidantes (A), durante 8 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (B). Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

O teor de ácido cítrico observado na caracterização inicial dos frutos (tempo 0) foi de aproximadamente 0,67%, o que está de acordo com os valores entre 0,57 e 0,67% constatados por Usberti Filho et al. (1999) em abacaxis ‘Pérola’. Independente do tratamento, constatou-se, ao 2º dia, um aumento acentuado na acidez total titulável, atingindo teores de 0,74% de ácido cítrico ao término do acondicionamento, equivalente a um acréscimo de aproximadamente 9,5% (Figura 6B). O aumento neste parâmetro, observado ao 2º dia, foi decorrente do fornecimento exógeno de ácidos orgânicos, considerando os teores relativamente inferiores observados antes do tratamento.

#### **4 – CONCLUSÃO**

- A manutenção dos valores  $a^*$  da cor da polpa do abacaxi ‘Pérola’ MP em níveis próximos aos iniciais é proporcionada pelos tratamentos: 0,5:0,0; 0,5:0,5; 0,5:1,0; 1,0:0,0; 1,0:0,5; 1,0:1,0 (AA:AC, %), indicando a baixa eficiência do ácido cítrico no controle do escurecimento da polpa do abacaxi MP quando utilizado isoladamente.

### 3.8. COMPORTAMENTO DE ABACAXI 'PÉROLA' MINIMAMENTE PROCESSADO SUBMETIDO AO TRATAMENTO COMBINADO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E ÁCIDO CÍTRICO

Lucimara Rogéria ANTONIOLLI; Benedito Carlos BENEDETTI; Men de Sá Moreira de SOUZA FILHO; Maria de Fátima BORGES; Deborah dos Santos GARRUTI

#### RESUMO

Procurou-se avaliar duas combinações de ácido ascórbico (AA) e ácido cítrico (AC), em abacaxi 'Pérola' minimamente processado, visando a manutenção da qualidade do produto, com relação a alguns parâmetros físico-químicos, bioquímicos, sensoriais e microbiológicos. Frutos previamente lavados e sanitizados foram descascados mecanicamente e fatiados manualmente, sendo, posteriormente imersos em água (controle) ou soluções combinadas de ácido ascórbico (AA) e ácido cítrico (AC) com adição de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup>, durante 30 segundos. As combinações de AA:AC (%) foram: 1,0:0,5 e 1,0:1,0. As fatias foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato e mantidas à temperatura de 4 ± 1°C durante 13 dias. A cada dois dias, durante 12 dias, foram analisados os seguintes parâmetros: pH, atividade peroxidásica, cor, concentração de CO<sub>2</sub>, teor de sólidos solúveis totais, teor de açúcares totais, redutores e não-redutores, acidez total titulável e teor de ácido ascórbico. O abacaxi MP foi avaliado sensorialmente quanto à existência de sabor residual. Microbiologicamente, o fruto foi avaliado quanto à presença de coliformes totais (35°C) e fecais (45°C) ao tempo 0 e quanto à população de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras (0, 1, 4, 7, 10 e 13 dias). Ambos os tratamentos, 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %), evitaram o escurecimento da polpa do abacaxi MP, por favorecerem a manutenção dos valores iniciais do parâmetro a\* da cor. Nas concentrações utilizadas, os ácidos ascórbico e cítrico não conferiram sabor residual ao fruto. Os tratamentos combinados de AA e AC não interferiram na dinâmica de crescimento das populações de bactérias aeróbias mesófilas e de bolores e leveduras em abacaxi 'Pérola' MP durante 13 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, processamento mínimo, escurecimento enzimático, sabor residual, segurança microbiológica.

## SUMMARY

BEHAVIOR OF FRESH-CUT 'PÉROLA' PINEAPPLE SUBMITTED AT COMBINED TREATMENT OF ASCORBIC AND CITRIC ACID. The purpose of this research was to evaluate the effect of two combinations of ascorbic acid (AA) and citric acid (CA) in fresh-cut 'Pérola' pineapple in order to maintain the product quality, considering some physical, chemical, biochemical, sensorial and microbiological parameters. Washed and sanitized fruits were mechanically peeled and manually sliced. After that, slices were dipped into pure water (control) or combined solutions of ascorbic and citric acids with NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> for 30 seconds. The combinations of AA:CA (%) were: 1,0:0,5 and 1,0:1,0. Slices were placed in polyethylene terephthalate packages and stored at 4 ± 1°C during 13 days. The parameters: pH, peroxidase activity, pulp color, carbon dioxide concentration, total soluble solids, total, reducing and non-reducing sugars, total titratable acidity and ascorbic acid content were evaluated every 2 days, during 12 days. Fresh-cut pineapple was evaluated for residual taste. Microbiological analysis were made at day 0, 1, 4, 7, 10 and 13 for mesophile aerobic and molds and yeasts counts. The determination of total and fecal coliforms was made only on day 0. Both treatments, 1,0:0,5 and 1,0:1,0 (AA:CA, %), prevented the pulp browning of the fresh-cut pineapple and did not cause residual taste. The combined treatments of AA and CA did not interfere in the growth dynamics of mesophile aerobic and molds and yeasts populations in fresh-cut 'Pérola' pineapple during 13 days of storage at 4 ± 1°C.

**Keywords:** *Ananas comosus*, minimal processing, enzymatic browning, residual taste, microbiological security.

## 1 – INTRODUÇÃO

Produtos hortícolas minimamente processados (MP) vêm despertando o interesse do consumidor em detrimento dos mesmos produtos na sua forma original, devido à conveniência, praticidade, poder de compra e à publicidade veiculada na mídia, entre outros fatores (Chanes, Balderas & Malo, 1997). É imprescindível, no entanto, que frutas e hortaliças comercializadas nesta forma preservem o frescor e a qualidade nutricional e sensorial próprios dos produtos frescos, além de estarem livres de contaminação microbiana que comprometa a segurança do alimento. O abacaxi MP já pode ser encontrado em alguns pontos de venda. No

entanto, a vida útil bastante reduzida, cerca de 2-3 dias, é resultante da perda de qualidade, decorrente principalmente do escurecimento da polpa e do acúmulo de líquido na embalagem.

A utilização de inibidores do escurecimento em produtos hortícolas MP é restrita aos compostos que não ofereçam riscos de toxidez e não interfiram negativamente no aroma e sabor característicos dos produtos (Sapers, 1993). Dentre os compostos amplamente utilizados no controle do escurecimento destaca-se o ácido ascórbico, por promover a redução do pH e exercer função de agente redutor (Barret, 1998), além de seu baixo custo e de ser totalmente seguro para o consumo humano (Sapers, 1993). O ácido ascórbico, no entanto, é consumido na reação, promovendo, dessa forma, uma proteção temporária contra o escurecimento. A completa oxidação do ácido ascórbico a dehidroascórbico possibilita o acúmulo de quinonas, podendo produzir pigmentos de coloração escura (Sapers, 1993; Laurila, Kervinen & Ahvenainen, 1998). De acordo com os últimos autores, tanto o ácido ascórbico quanto o eritórbico são igualmente eficientes na prevenção do escurecimento em abacaxi MP.

O ácido ascórbico vêm sendo utilizado em combinação com ácidos orgânicos, como o ácido cítrico, no controle do escurecimento enzimático (Sapers, 1993; Pizzocar, Torreggiani & Gilardi, 1993). De acordo com Weller et al. (1997), fatias de carambola submetidas ao tratamento de imersão em solução de ácido cítrico 1,0 ou 2,5% e ácido ascórbico 0,25% apresentaram menor escurecimento quando comparadas ao controle. Combinações de ácido ascórbico (0,5 a 1,0%) e cítrico (0,2 a 1,0%) têm se mostrado eficientes na prevenção do escurecimento em maçãs MP (Artés, Castañer & Gil, 1998).

Estudos conduzidos com abacaxi 'Pérola' MP indicaram menor atividade peroxidásica nas fatias submetidas aos tratamentos de imersão com 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %). Tais combinações ainda favoreceram a manutenção dos valores  $a^*$  da cor em níveis próximos aos iniciais, de forma a evitar o escurecimento da polpa (Trabalho 3.7).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial destas duas combinações de ácido ascórbico (AA) e ácido cítrico (AC), em abacaxi 'Pérola' minimamente processado, visando a manutenção da qualidade do produto, com relação a alguns parâmetros físico-químicos, bioquímicos, sensoriais e microbiológicos.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Abacaxis (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola, provenientes de Touros-RN, foram pré-selecionados e transportados à Planta de Processamento Mínimo da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE, onde foram padronizados quanto ao tamanho e à coloração da casca (verde-pintado).

Após a remoção da coroa, realizada a cerca de 3cm da região apical do fruto, procedeu-se à lavagem com água corrente e detergente neutro. Em seguida os frutos foram sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 200mg.L<sup>-1</sup>, em tanque de aço inoxidável com movimentação de água, durante 2 minutos. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas previamente lavadas e higienizadas (NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>) e armazenados em câmara refrigerada mantida à temperatura de 12 ± 1°C durante aproximadamente 24 horas. Decorrido este período, os frutos foram descascados mecanicamente e fatiados manualmente. As fatias, com aproximadamente 1cm de espessura, tiveram o cilindro central removido utilizando-se da faca circular do descascador pneumático. Em seguida, foram acondicionadas em caixas plásticas perfuradas e submetidas aos tratamentos de imersão, durante 30 segundos, em água (controle) ou soluções combinadas de ácido ascórbico (AA) e ácido cítrico (AC). Todas as soluções, inclusive o controle, foram acrescidas de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> e mantidas à temperatura de 10°C. As combinações de AA:AC (%) foram: 1,0:0,5 e 1,0:1,0. Decorrido o tempo de imersão, as fatias permaneceram em repouso durante, aproximadamente, 2 minutos para drenagem do excesso de líquido. A seguir foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato, previamente higienizadas em solução de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> e armazenadas sob temperatura de 4 ± 1°C durante 13 dias. Para a avaliação da concentração de CO<sub>2</sub> foram utilizadas embalagens herméticas (1,5L), com adaptação de um septo de borracha para a retirada das amostras gasosas.

Todo o processamento foi conduzido em ambiente refrigerado, com temperaturas variando entre 12 e 15°C. Objetivando-se evitar a contaminação cruzada, os equipamentos e utensílios utilizados no processamento foram higienizados com solução de NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>. Com este mesmo intuito, foram utilizadas luvas, máscaras e toucas descartáveis.

Os seguintes parâmetros foram analisados aos 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias: a) pH: determinado por potenciometria em amostra triturada e homogeneizada; b) atividade peroxidásica (UAE.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>): determinada segundo metodologia de Khan & Robinson (1994)

com modificações; c) cor: determinada com auxílio de colorímetro (Minolta - CR-300). Na colorimetria de reflexão, o valor  $L^*$  (luminosidade, em um eixo de 0 (preto) a 100 (branco)) é um bom indicador do grau de escurecimento da amostra. Os parâmetros  $L^*$  e  $a^*$  (cromaticidade, em um eixo de -60 (verde) a +60 (vermelho)), recomendados para maçã (Artés, Castañer & Gil, 1998), foram igualmente utilizados na avaliação do escurecimento do abacaxi MP, por serem mais adequados na detecção da coloração amarronzada verificada em ensaios preliminares; d) concentração de  $CO_2$  (%): determinada através da retirada diária de alíquotas gasosas a partir das embalagens herméticas de acondicionamento do fruto MP, com posterior injeção em cromatógrafo a gás CG DANI 86.10. O gás carbônico foi quantificado pela calibração com padrão de  $CO_2$  5%; e) sólidos solúveis totais ( $^{\circ}$ Brix): determinado por refratometria (Atago PR-101); f) açúcares totais ( $g \cdot 100g^{-1}$ ): determinado através do método de Antrona; g) açúcares redutores ( $g \cdot 100g^{-1}$ ): determinado através do método do Ácido Dinitrosalicílico (DNS); h) açúcares não-redutores ( $g \cdot 100g^{-1}$ ): determinado através da diferença entre o teor de açúcares totais e o de açúcares redutores; i) acidez total titulável (% ácido cítrico): determinada através da diluição de 1g de amostra homogeneizada em 50ml de água destilada, e posterior titulação automática com solução de NaOH 0,1N, até pH 8,10 (Mettler Toledo - DL 12); j) teor de ácido ascórbico ( $mg \cdot 100g^{-1}$ ): determinado segundo metodologia de Carvalho et al. (1990), a qual se baseia na redução do indicador 2,6-diclorobenzenoindofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, onde se estudou a interação entre os fatores: tratamento (controle, 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (%) AA:AC) e tempo (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias), com três repetições. O parâmetro  $CO_2$  foi avaliado diariamente durante 12 dias. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Após aproximadamente 15 horas de acondicionamento a  $4 \pm 1^{\circ}C$ , os frutos foram avaliados sensorialmente quanto à existência de sabor residual. Para tanto, utilizou-se do teste “Diferença-do-Controle” com a colaboração de 30 provadores (julgadores) não treinados. Este teste é utilizado para determinar a existência de diferença perceptível entre uma ou mais amostras em relação a um padrão e estimar o tamanho desta diferença (Ferreira et al., 2000). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade.

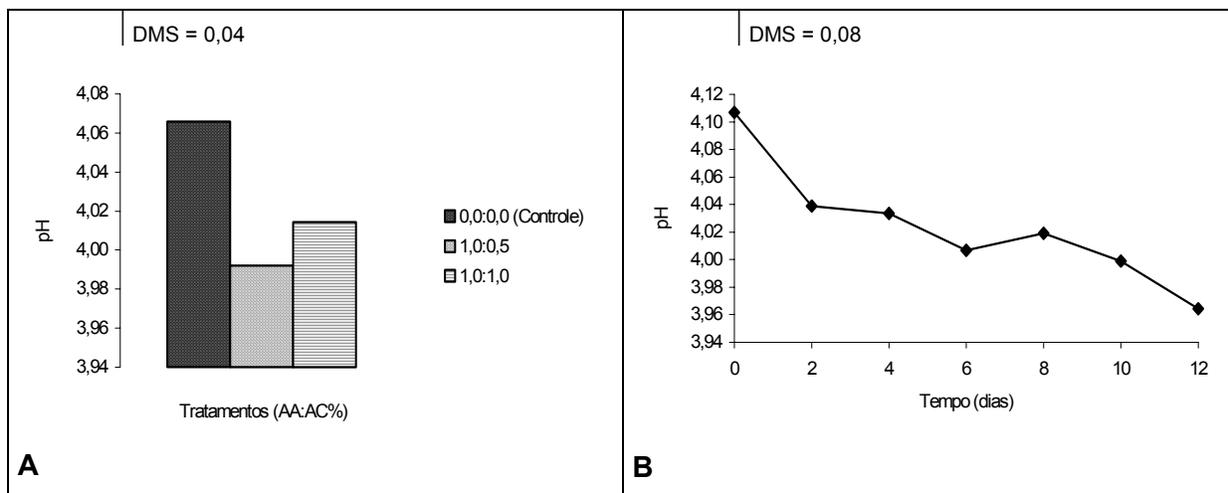
O abacaxi MP foi avaliado quanto à presença de coliformes totais (35°C) e fecais (45°C) ao tempo 0 e quanto à população de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras (0, 1, 4, 7, 10 e 13 dias). As análises foram realizadas conforme metodologia descrita no Manual de Análises Microbiológicas de Alimentos (Silva, Junqueira & Silveira, 1997) e no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, “APHA” (Downes & Ito, 2001). Os valores foram transformados em log (x) e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras foram expressas em log UFC.g<sup>-1</sup>.

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos MP submetidos aos tratamentos 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %) apresentaram valores de pH estatisticamente inferiores ao controle, sem, no entanto, diferirem entre si (Figura 1A). Tais resultados estão de acordo com os obtidos no Trabalho 3.7, onde o pH do fruto MP pertencente ao controle manteve-se superior ao dos frutos submetidos aos tratamentos acima citados durante praticamente 8 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C. Os resultados parecem estar relacionados aos valores de pH da água (controle) e das soluções de imersão, que variaram em função da presença dos ácidos (Quadro 1).

**QUADRO 1.** Valores de pH da solução controle e das soluções de ácido ascórbico : ácido cítrico (AA:AC, %) utilizadas no banho de imersão do abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado.

Tratamentos (AA:AC, % + NaOCl 20mg.L <sup>-1</sup> )	pH da solução
0,0:0,0 (controle)	8,6
1,0:0,5	2,7
1,0:1,0	2,7

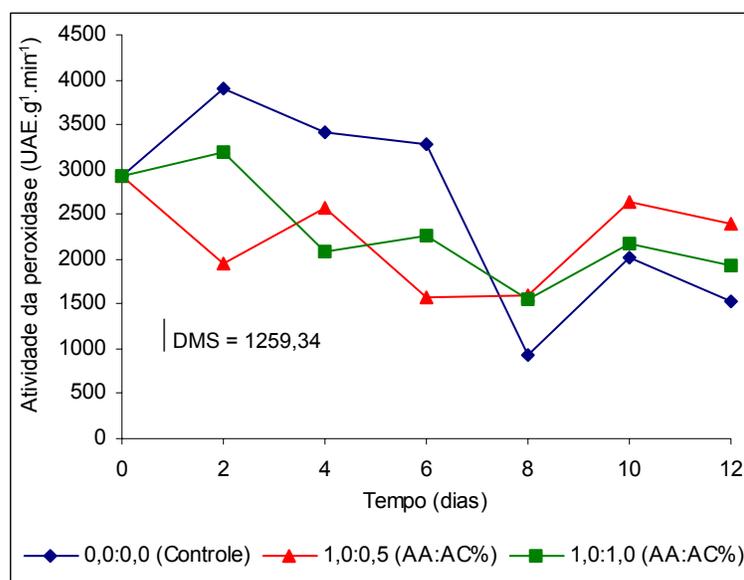


**FIGURA 1.** Potencial hidrogeniônico de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico (A), durante 12 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (B). Barras verticais indicam a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Independente do tratamento a que foram submetidas, observou-se uma redução no pH das fatias no decorrer dos 12 dias de acondicionamento refrigerado. A partir do 6º dia verificou-se valores de pH estatisticamente inferiores aos observados no tempo 0, constatando-se uma redução de 3,46% nos valores de pH ao término do período de acondicionamento (Figura 1B). Esta redução no pH está relacionada ao aumento na ATT dos frutos MP observado no decorrer do período de avaliação.

A atividade peroxidásica das fatias de abacaxi submetidas ao tratamento 1,0:0,5 (AA:AC, %) foi inferior à do controle ao 2º e ao 6º dia de acondicionamento refrigerado. Nestes períodos os frutos MP tratados com 1,0:1,0 (AA:AC, %) apresentaram atividade peroxidásica intermediária aos demais tratamentos, não diferindo estatisticamente de ambos. Constatou-se, ao 4º dia, uma inversão na atividade peroxidásica dos frutos MP tratados com 1,0:1,0 e 1,0:0,5 (AA:AC, %), de forma que somente as fatias submetidas ao tratamento 1,0:1,0 (AA:AC, %) diferiram do controle. A redução na atividade peroxidásica dos frutos MP pertencentes ao controle, observada ao 8º dia, tornou os valores muito próximos, não sendo verificada diferença significativa entre os tratamentos a partir deste período. Ao longo do tempo, os frutos MP submetidos aos tratamentos com AA:AC (%) apresentaram menor oscilação entre os valores, não diferindo estatisticamente durante todo o período de avaliação (Figura 2). As baixas atividades peroxidásicas observadas, principalmente até o 6º dia, nos

frutos MP tratados com AA:AC (%) possivelmente estão relacionadas aos baixos valores de pH, uma vez que a acidificação do meio conduz à desnaturação reversível da proteína (Lu & Whitaker, 1974; Burnette, 1977). Considerando o gradiente de maturação existente da região basal para a apical do abacaxi (Dull, 1971) e o aumento na solubilidade da peroxidase em função do grau de maturação do fruto (Mello & Clemente, 1996), supõe-se que a redução acentuada na atividade peroxidásica observada ao 8º dia no controle seja decorrente da avaliação de amostras compostas por fatias com grau de maturação diferenciado das demais. De acordo com Brito (2001), a atividade peroxidásica observada nas regiões basal, mediana e apical em abacaxi ‘Pérola’ foram 6091, 5099 e 5683 U.g<sup>-1</sup>, respectivamente.

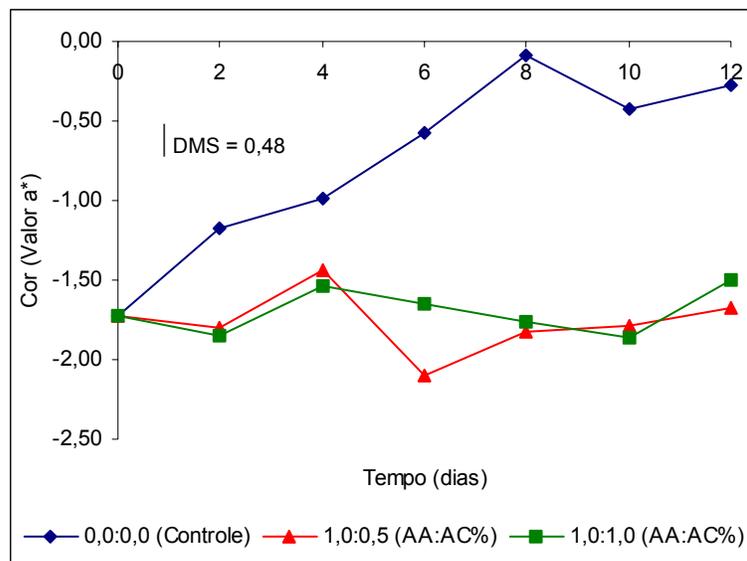


**FIGURA 2.** Atividade peroxidásica (UAE.g<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico durante 12 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C. Barra vertical indica a diferença mínima significativa (p ≤ 0,05).

Os tratamentos com AA:AC (%) não interferiram na cor L\* da polpa dos frutos, que manteve-se entre 61,91 e 66,05 durante os 12 dias de acondicionamento refrigerado.

Constatou-se um aumento gradual no parâmetro a\* da cor da polpa das fatias pertencentes ao controle, atingindo o valor de -0,09 ao 8º dia e mantendo-se sem alterações estatísticas a partir de então. As fatias tratadas com AA:AC não apresentaram variações estatísticas durante todo o período de avaliação; não diferindo, inclusive, entre si, com exceção do 4º dia, quando as fatias tratadas com 1,0:0,5 (AA:AC, %) apresentaram valores de

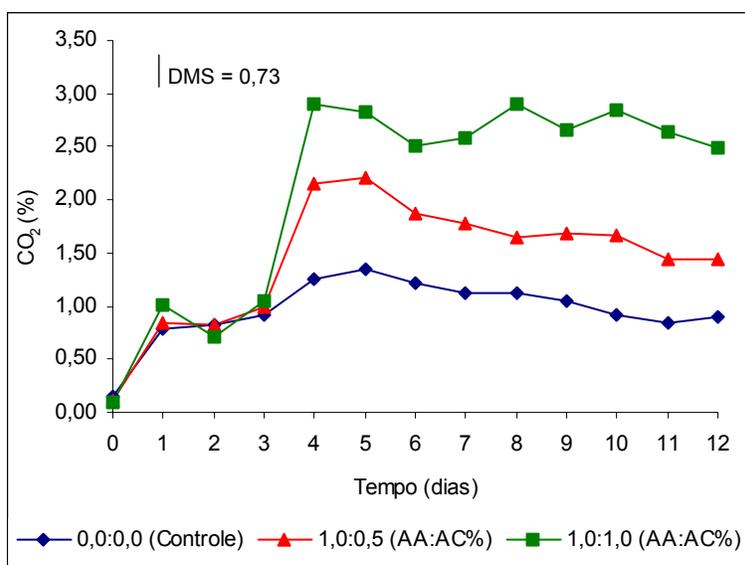
a\* intermediários aos dos demais tratamentos, não diferindo estatisticamente de ambos (Figura 3). De forma semelhante ao observado no Trabalho 3.7, os tratamentos 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %) favoreceram a manutenção dos valores iniciais do parâmetro a\* da cor, evitando, portanto, o escurecimento da polpa durante todo o período de avaliação.



**FIGURA 3.** Cor da polpa (valor a\*) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico durante 12 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

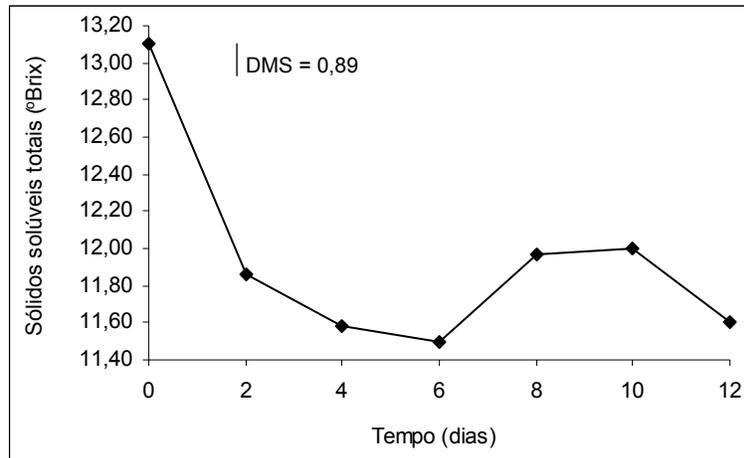
Não foi observada diferença significativa quanto à concentração de  $\text{CO}_2$  no interior dos frascos de acondicionamento dos frutos MP submetidos aos diferentes tratamentos até o 3º dia de acondicionamento refrigerado. A partir deste período constatou-se um aumento substancial na taxa respiratória dos frutos tratados com AA:AC (1,15 e 1,86% para as fatias tratadas com 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %), respectivamente), o que resultou em distintas curvas de concentração de  $\text{CO}_2$ . Observou-se, ao 4º dia, maior concentração de  $\text{CO}_2$  nos frascos de acondicionamento do tratamento 1,0:1,0 (AA:AC, %), seguido pelo tratamento 1,0:0,5 (AA:AC, %) e pelo controle. Ao 5º dia, as fatias tratadas com AA:AC foram estatisticamente superiores ao controle, sem, no entanto, diferirem entre si. Já, ao 6º dia, os frascos de acondicionamento dos frutos MP tratados com 1,0:0,5 (AA:AC, %) apresentaram

concentração de CO<sub>2</sub> intermediária aos demais tratamentos, não diferindo estatisticamente de ambos. A partir do 7º dia, os frutos MP submetidos ao tratamento com 1,0:1,0 (AA:AC, %) apresentaram taxa respiratória estatisticamente superior à dos demais tratamentos, resultando na maior concentração de CO<sub>2</sub> no interior dos frascos (Figura 4). Supõe-se que as fatias de abacaxi MP pertencentes ao controle tenham, através do processo respiratório, utilizado suas próprias reservas até praticamente o 5º dia do acondicionamento refrigerado, quando observou-se uma concentração de CO<sub>2</sub> no interior dos frascos de 1,34%. É possível que a partir de então a taxa respiratória dos frutos MP tenha diminuído e os níveis de CO<sub>2</sub> no interior dos frascos se mantido por se tratar de um sistema fechado. A continuidade do processo respiratório nas fatias tratadas com AA:AC foi proporcionada pelo fornecimento exógeno dos ácidos orgânicos, que serviram como substrato na respiração.



**FIGURA 4.** Concentração de CO<sub>2</sub> (%) no interior dos frascos de acondicionamento de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico durante 12 dias a 4 ± 1°C. Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

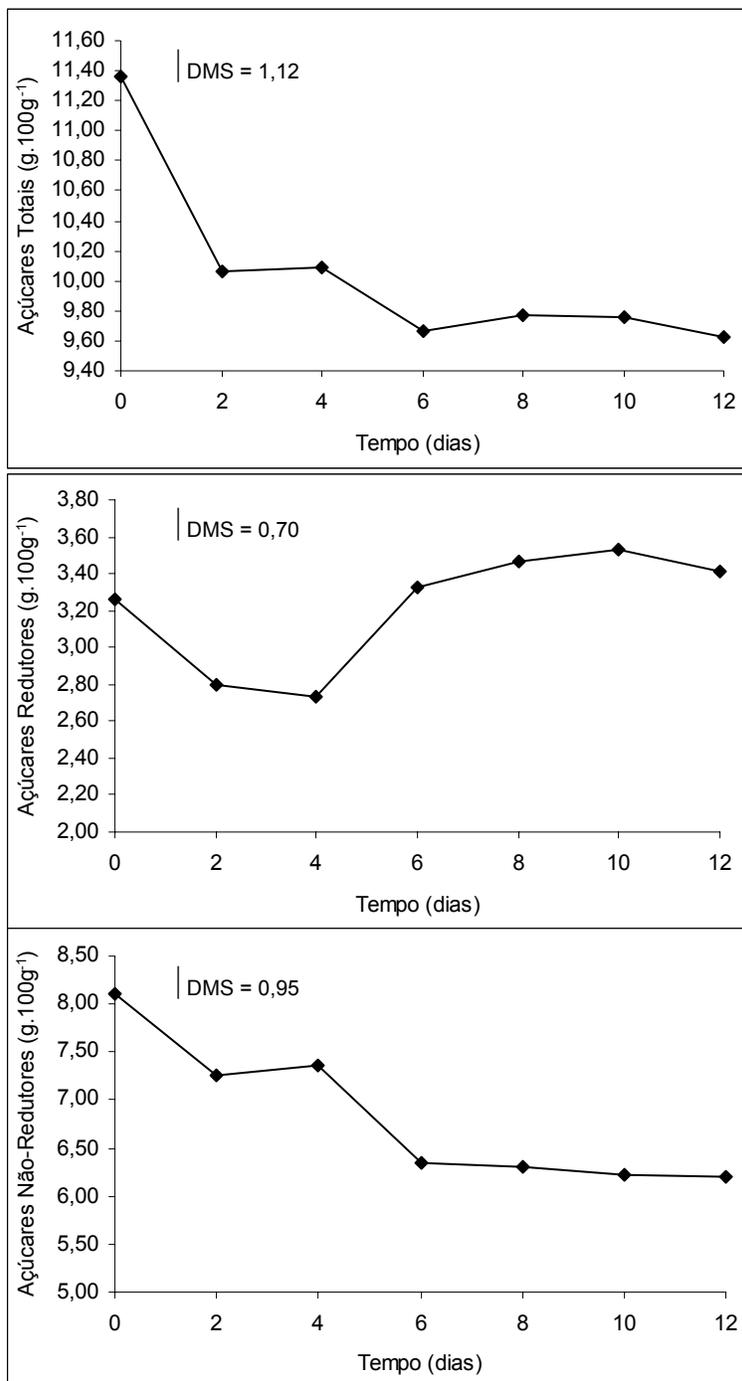
O teor de sólidos solúveis totais (SST) das fatias não variou em função dos tratamentos a que foram submetidas. Constatou-se uma redução acentuada neste parâmetro ao 2º dia de avaliação, quando o teor de SST foi reduzido de 13,10 a 11,86°Brix, mantendo-se, a partir deste período, estatisticamente sem alterações até o término do acondicionamento refrigerado (Figura 5).



**FIGURA 5.** Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 12 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Estes resultados estão de acordo com os obtidos no Trabalho 3.7, quando observou-se uma redução de 4,42% (considerando os valores de 13,80 e 13,19°Brix, observados ao tempo 0 e ao término do acondicionamento, respectivamente) no teor de SST de abacaxi ‘Pérola’ MP no decorrer de 8 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . A redução no teor de SST durante o acondicionamento é decorrente da oxidação de substratos orgânicos, como os açúcares, no processo respiratório (Wills et al., 1981).

De forma semelhante ao observado no teor de SST, não houve efeito significativo dos tratamentos nos teores de açúcares totais, redutores e não-redutores dos frutos MP. Quanto ao teor de açúcares totais, observou-se uma redução de  $1,31\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  ao 2º dia do acondicionamento, o equivalente a uma redução de 11,49% dos açúcares totais constatados na avaliação inicial do fruto. A partir deste período os teores mantiveram-se entre 9,62 e  $10,09\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , não diferindo estatisticamente entre si (Figura 6A). Os teores de açúcares redutores oscilaram entre 2,73 e  $3,53\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  durante todo o período de avaliação, não diferindo, no entanto, do teor observado na avaliação inicial ( $3,26\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) (Figura 6B). Constatou-se, ao 6º dia, uma redução de  $1,77\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  no teor dos açúcares não-redutores, equivalente a uma redução de 21,78% do valor observado ao tempo 0. A partir deste período, os teores mantiveram-se praticamente constantes, atingindo, ao término do período de avaliação, o teor de  $6,21\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  de açúcares não-redutores (Figura 6C).

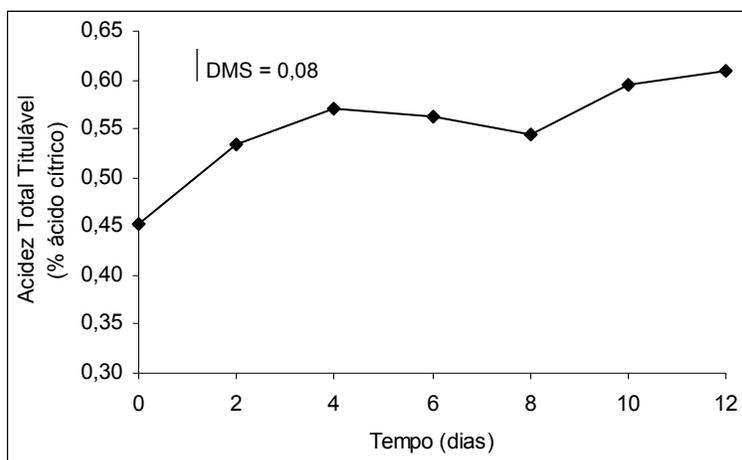


**FIGURA 6.** Teor de açúcares totais (g.100g<sup>-1</sup>) (A), redutores (g.100g<sup>-1</sup>) (B) e não-redutores (g.100g<sup>-1</sup>) (C) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 12 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa (p ≤ 0,05).

De acordo com Dull (1971), os teores de sacarose variam, nos frutos maduros, de 5,9 a 12,0%, enquanto a glicose e a frutose (açúcares redutores) variam de 1,0 a 3,2% e de 0,6 a 2,3%, respectivamente. Kiwis MP tratados com AA 1% ou AC 1% não apresentaram redução

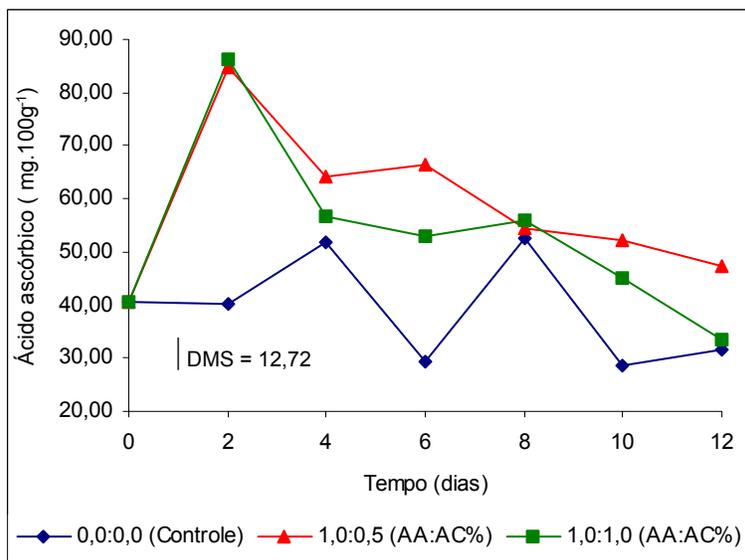
no teor de açúcares solúveis totais (Carvalho & Lima, 2002). Os autores atribuíram a redução neste parâmetro, observada nos frutos MP pertencentes ao controle, ao aumento da taxa respiratória decorrente da ação física do processamento mínimo.

Não se observou efeito dos tratamentos na acidez total titulável (ATT) dos frutos MP. Estes resultados diferiram dos obtidos preliminarmente, quando constatou-se maior ATT nas fatias de abacaxi submetidas aos tratamentos 1,0:1,0; 1,0:0,5 e 0,5:1,0 (AA:AC, %). Independente do tratamento, verificou-se um aumento significativo de ácido cítrico ao 2º dia do acondicionamento refrigerado, mantendo-se, a partir de então, em níveis muito próximos e estatisticamente iguais entre si (Figura 7). Comparado à avaliação inicial, observou-se um acréscimo de aproximadamente 34% de ácido cítrico na polpa dos frutos ao término do período de avaliação, o que leva a supor que o aumento neste parâmetro seja decorrente do fornecimento exógeno de ácidos orgânicos.



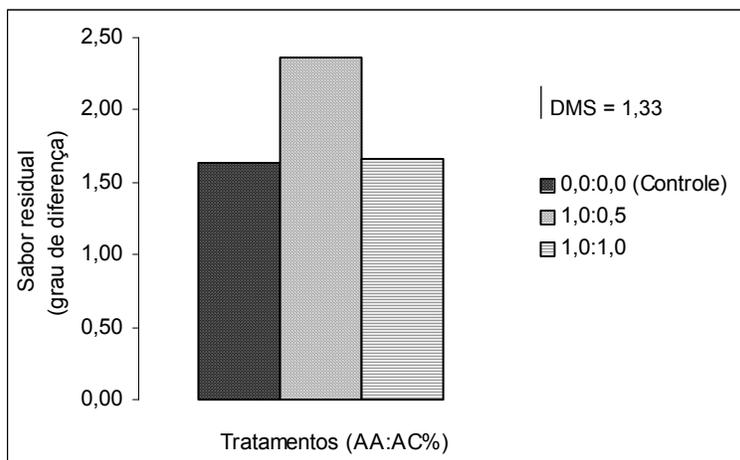
**FIGURA 7.** Acidez total titulável (% de ácido cítrico) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 12 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Constatou-se, ao 2º dia, um aumento no teor de ácido ascórbico nas fatias submetidas a ambos os tratamentos com AA:AC que os tornou estatisticamente superiores ao controle, sem, no entanto, diferirem entre si. A redução dos teores de ácido ascórbico observada nestes tratamentos ao 4º dia, tornou-os muito próximos ao controle, não sendo constatada diferença entre os tratamentos. Verificou-se, ao 6º dia, maiores teores de ácido ascórbico nas fatias tratadas com 1,0:0,5 (AA:AC, %), seguidas por aquelas tratadas com 1,0:1,0 (AA:AC, %) e pelo controle. Não se observou diferenças significativas entre os tratamentos ao 8º dia de avaliação. As fatias de abacaxi tratadas com 1,0:0,5 (AA:AC, %) apresentaram teor de ácido ascórbico estatisticamente superior às do controle ao 10º e 12º dias. O tratamento com 1,0:1,0 (AA:AC, %) proporcionou teor de ácido ascórbico superior ao controle ao 10º dia, não diferindo deste ao término do acondicionamento refrigerado (Figura 8). A elevação dos teores verificada no início do acondicionamento está de acordo com Carvalho & Lima (2002), que observaram um aumento de aproximadamente 25% no teor de ácido ascórbico em kiwis MP submetidos ao tratamento com AA 1%.



**FIGURA 8.** Teor de ácido ascórbico ( $\text{mg.100g}^{-1}$ ) de abacaxi 'Pérola' MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico durante 12 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Sensorialmente, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos 1,0:0,5; 1,0:1,0 (AA:AC, %) e o controle, indicando que os agentes antioxidantes não conferiram sabor residual perceptível no fruto MP (Figura 9).

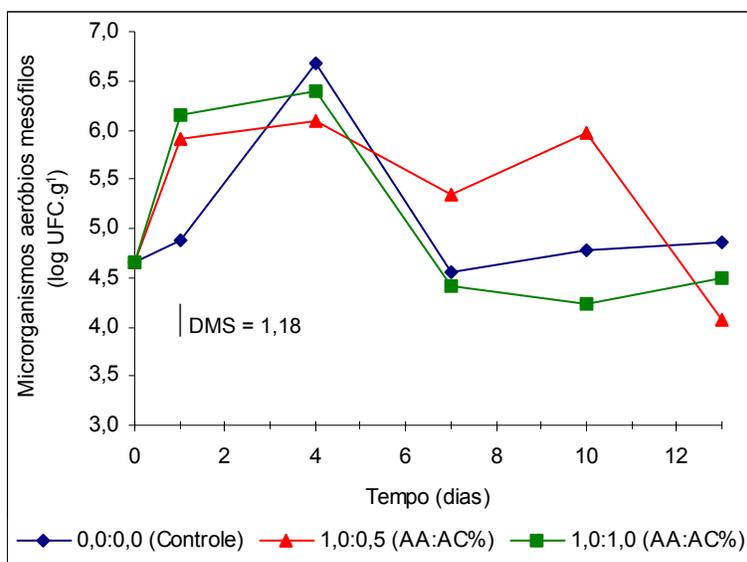


**FIGURA 9.** Sabor residual (grau de diferença) em abacaxi ‘Pérola’ MP decorrente de diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico. Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Não foram detectados coliformes totais e fecais nas amostras coletadas ao tempo 0, o que sugere ausência de tais microrganismos na matéria-prima e indica que o processamento foi conduzido sob condições higiênico-sanitárias adequadas.

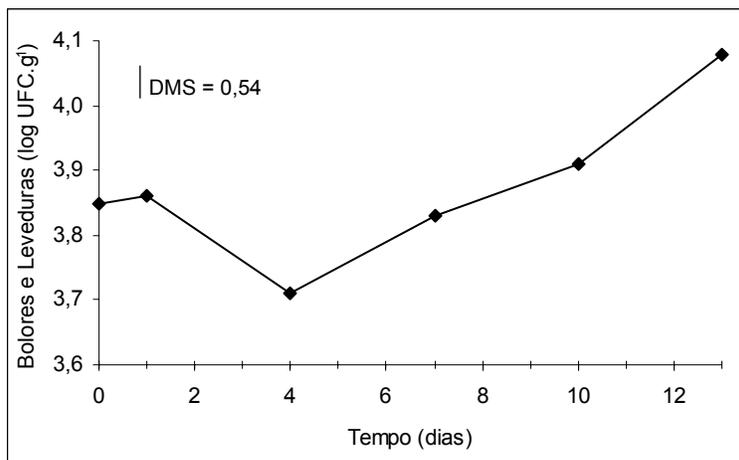
Comparado à avaliação inicial (tempo 0), constatou-se, ao 1º dia, um aumento na população de microrganismos aeróbios mesófilos nas fatias submetidas aos tratamentos 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %). Neste período, observou-se que os frutos MP tratados com 1,0:0,5 (AA:AC, %) apresentaram população de microrganismos aeróbios mesófilos intermediária aos demais tratamentos, não diferindo estatisticamente de ambos. Ao 4º dia foram observadas populações na ordem de  $10^6$  UFC.g<sup>-1</sup> nos frutos MP submetidos aos diferentes tratamentos, que não diferiram estatisticamente entre si. Comportamento semelhante foi observado ao 7º dia, com valores, no entanto, inferiores aos observados anteriormente (5,34; 4,41 e 4,56 log UFC.g<sup>-1</sup> para fatias submetidas aos tratamentos 1,0:0,5; 1,0:1,0 (AA:AC, %) e ao controle, respectivamente). Ao 10º dia, as maiores populações de microrganismos aeróbios mesófilos foram observadas nas fatias tratadas com 1,0:0,5 (AA:AC, %) e as menores naquelas tratadas com 1,0:1,0 (AA:AC, %). Ambas, no entanto, não diferiram do controle, que apresentou população intermediária às observadas nos

tratamentos. Não houve diferença significativa entre as populações de microrganismos aeróbios mesófilos observadas ao 13º dia nos frutos MP submetidos aos diferentes tratamentos. De forma geral, as populações de microrganismos aeróbios mesófilos se mantiveram entre  $10^4$  e  $10^6$  UFC.g<sup>-1</sup> durante todo o período de avaliação, sendo as maiores populações observadas até o 4º dia do acondicionamento refrigerado (Figura 10).



**FIGURA 10.** Microrganismos aeróbios mesófilos (log UFC.g<sup>-1</sup>) em abacaxi ‘Pérola’ MP submetido a diferentes tratamentos combinados de ácido ascórbico e cítrico durante 13 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

A população de bolores e leveduras presente nas fatias não variou em função dos tratamentos a que foram submetidas. Constatou-se que tais populações mantiveram-se na ordem de  $10^3$  a  $10^4$  UFC.g<sup>-1</sup>, não sendo observada diferença significativa durante os 13 dias de acondicionamento refrigerado (Figura 11).



**FIGURA 11.** Bolores e leveduras ( $\log \text{UFC.g}^{-1}$ ) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 12 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

A utilização dos agentes antioxidantes não interferiu na dinâmica de crescimento das populações de bactérias aeróbias mesófilas e de bolores e leveduras, sendo que a manutenção das populações em níveis relativamente baixos possivelmente esteja relacionada à sanitização dos frutos frescos e à adição do agente sanitizante às soluções utilizadas no banho de imersão do abacaxi MP.

#### 4 – CONCLUSÕES

- Ambos os tratamentos, 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %), evitam o escurecimento da polpa do abacaxi ‘Pérola’ MP, por favorecer a manutenção dos valores iniciais do parâmetro  $a^*$  da cor.
- Nas concentrações utilizadas, os ácidos ascórbico e cítrico não conferem sabor residual ao abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado.
- Tratamentos combinados de ácido ascórbico e ácido cítrico não interferem na dinâmica de crescimento das populações de bactérias aeróbias mesófilas e de bolores e leveduras em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 13 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .



### 3.9. VIDA ÚTIL DE ABACAXI ‘PÉROLA’ MINIMAMENTE PROCESSADO SUBMETIDO AO TRATAMENTO COMBINADO DE ÁCIDO ASCÓRBICO E ÁCIDO CÍTRICO

Lucimara Rogéria ANTONIOLLI; Benedito Carlos BENEDETTI; Men de Sá Moreira de SOUZA FILHO; Deborah dos Santos GARRUTI; Maria de Fátima BORGES

#### RESUMO

Procurou-se determinar a vida útil do abacaxi ‘Pérola’ minimamente processado submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico (AA) e ácido cítrico (AC) com base na avaliação dos atributos sensoriais de qualidade, da aceitabilidade e da segurança microbiológica. Frutos previamente lavados e desinfetados foram descascados mecanicamente e fatiados manualmente. As fatias foram imersas, durante 30 segundos, em água (controle) ou solução 1,0:0,5 (AA:AC, %), ambas acrescidas de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup>. Posteriormente, as fatias foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato e mantidas à temperatura de  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 11 dias. A cor foi determinada ao tempo 0 e ao 1º, 4º, 6º, 8º e 11º dias. Nestes períodos, exceto ao tempo 0, o abacaxi MP foi avaliado sensorialmente quanto aos principais atributos característicos da perda de qualidade (cor, translucidez, aspecto desidratado, aroma e sabor de fruto sobremaduro) e quanto à aceitabilidade. Microbiologicamente, o fruto foi avaliado quanto à presença de coliformes totais (35°C) e fecais (45°C) ao tempo 0 e quanto à população de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras (0, 1, 3, 5, 7, 9 e 11 dias). Independente do abacaxi MP estar microbiologicamente seguro e apresentar índice de aceitabilidade entre 6 e 7 durante os 11 dias de acondicionamento refrigerado, é conveniente que sua vida útil seja restringida a um período de 8 dias, a partir do qual tem-se o início do desenvolvimento de aroma característico de abacaxi sobremaduro.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus*, processamento mínimo, vida de prateleira, cor, translucidez, aspecto desidratado, aroma, sabor.

## SUMMARY

SHELF LIFE OF FRESH-CUT 'PÉROLA' PINEAPPLE SUBMITTED AT ASCORBIC AND CITRIC ACID COMBINED TREATMENT. The purpose of this research was to determine the shelf life of fresh-cut 'Pérola' pineapple submitted at ascorbic acid (AA) and citric acid (CA) combined treatment based on evaluation of sensorial quality attributes, acceptability and microbiological security. Washed and sanitized fruits were mechanically peeled and manually sliced. Slices were dipped into pure water (control) or 1,0:0,5 (AA:CA, %) solution with NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> for 30 seconds. After that, the slices were placed in polyethylene terephthalate packages and stored at 4 ± 1°C during 11 days. Pulp color was measured at day 0, 1, 4, 6, 8 and 11. In these periods, except the day 0, the fresh-cut pineapple was evaluated for the main attributes that characterize the quality loss (pulp color, translucency, dehydrated aspect and flavor of over-ripe fruit) and acceptability. Microbiological analysis were made at day 0, 1, 3, 5, 7, 9 and 11 and involved mesophile aerobic and molds and yeasts counts. The determination of total and fecal coliforms was made only on day 0. The fresh-cut pineapple was safe and presented acceptability index between 6 and 7 during the 11 days of cold storage. However, its shelf life is recommended for 8 days, because after this period has the beginning of development of over-ripe pineapple flavor.

**Keywords:** *Ananas comosus*, minimal processing, shelf-life, pulp color, translucency, dehydrated aspect, flavor.

## 1 – INTRODUÇÃO

A oferta de produtos hortícolas minimamente processados (MP) têm aumentado consideravelmente nos últimos anos, no entanto, na maioria das vezes, a qualidade de tais produtos ainda encontra-se muito aquém da desejada. Apesar do prazo de validade entre 4 e 8 dias, percebe-se, muitas vezes, a perda do frescor e da qualidade sensorial, próprios dos produtos frescos, poucos dias após o processamento. Este problema toma dimensões muito maiores ao se tratar de frutas MP em função da escassez de conhecimentos relacionados à fisiologia desses produtos quando submetidos ao estresse físico decorrente do processamento mínimo. O abacaxi MP pode ser encontrado em alguns pontos de venda. No entanto, a vida útil bastante reduzida, de cerca de 2 a 3 dias, reflete os problemas de conservação do fruto

comercializado nesta forma, evidenciando o escurecimento da polpa que prejudica a qualidade visual e a intenção de compra do consumidor.

A utilização de inibidores do escurecimento em produtos hortícolas MP é restrita aos compostos que não ofereçam riscos de toxidez e não interfiram negativamente no aroma e sabor característicos dos produtos (Sapers, 1993). Dentre os compostos amplamente utilizados no controle do escurecimento destaca-se o ácido ascórbico, por promover a redução do pH e exercer função de agente redutor (Barret, 1998), além de seu baixo custo e de ser totalmente seguro para o consumo humano (Sapers, 1993). O ácido ascórbico pode ser utilizado em combinação com ácidos orgânicos, como o ácido cítrico, no controle do escurecimento enzimático (Sapers, 1993; Pizzocaro, Torreggiani & Gilardi, 1993).

Estudos conduzidos com abacaxi ‘Pérola’ MP indicaram que ambas as concentrações 1,0:0,5 e 1,0:1,0 (AA:AC, %) evitaram o escurecimento da polpa do abacaxi MP, por favorecerem a manutenção dos valores iniciais do parâmetro  $a^*$  da cor. Nessas concentrações, os ácidos ascórbico e cítrico não conferiram sabor residual ao fruto e não interferiram na dinâmica de crescimento das populações de bactérias aeróbias mesófilas e de bolores e leveduras durante 13 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Trabalho 3.8). Com base em tais resultados, optou-se pela menor concentração de agentes antioxidantes para a continuidade dos estudos de vida de prateleira, uma vez que a utilização de aditivos, mesmo que naturais, deve ser reduzida ao mínimo possível de forma a garantir que as frutas e hortaliças MP preservem as características sensoriais dos respectivos produtos em sua forma original.

O objetivo deste trabalho foi determinar a vida útil do abacaxi ‘Pérola’ MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e ácido cítrico com base na avaliação dos atributos sensoriais de qualidade, da aceitabilidade e da segurança microbiológica.

## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**

Abacaxis ‘Pérola’ provenientes de Touros-RN, foram pré-selecionados e transportados à Planta de Processamento Mínimo da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE, onde foram padronizados quanto ao tamanho e à coloração da casca (verde-pintado).

Após a remoção da coroa, realizada a cerca de 3cm da região apical do fruto, procedeu-se à lavagem com água corrente e detergente neutro. Em seguida, os frutos foram

desinfectados em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 200mg.L<sup>-1</sup>, em tanque de aço inoxidável com movimentação de água, durante 2 minutos. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas previamente lavadas e higienizadas (NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>) e armazenados em câmara refrigerada mantida à temperatura de 12 ± 1°C durante, aproximadamente, 24 horas. Decorrido este período, os frutos foram descascados mecanicamente e fatiados manualmente. As fatias, com aproximadamente 1cm de espessura, tiveram o cilindro central removido utilizando-se da faca circular do descascador pneumático. Em seguida, foram acondicionadas em caixas plásticas perfuradas e submetidas aos tratamentos de imersão, durante 30 segundos, em água (controle) ou solução 1,0:0,5 (ácido ascórbico (AA) : ácido cítrico (AC), %). Ambas as soluções foram acrescidas de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> e mantidas à temperatura de 10°C. Decorrido o tempo de imersão, as fatias permaneceram em repouso durante, aproximadamente, 2 minutos para drenagem do excesso de líquido. Em seguida foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato, previamente higienizadas em solução de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> e armazenadas sob temperatura de 4 ± 1°C durante 11 dias. Todo o processamento foi conduzido em ambiente refrigerado, com temperaturas variando entre 12 e 15°C.

Objetivando-se evitar a contaminação cruzada, os equipamentos e utensílios utilizados no processamento foram higienizados com solução de NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>. Com este mesmo intuito, foram utilizadas luvas, máscaras e toucas descartáveis.

A cor das fatias foi determinada com auxílio de colorímetro (Minolta - CR-300), ao tempo 0 e ao 1º, 4º, 6º, 8º e 11º dias. Na colorimetria de reflexão, o valor L\* (luminosidade, em um eixo de 0 (preto) a 100 (branco)) é um bom indicador do grau de escurecimento da amostra. Os parâmetros L\* e a\* (cromaticidade, em um eixo de -60 (verde) a +60 (vermelho)), recomendados para maçã (Artés, Castañer & Gil, 1998), foram igualmente utilizados na avaliação do escurecimento do abacaxi MP, por serem mais adequados na detecção da coloração amarronzada verificada em ensaios preliminares.

Nestes mesmos períodos, com exceção do tempo 0, as fatias foram avaliadas sensorialmente quanto aos principais atributos que caracterizam a perda de qualidade do abacaxi MP: cor (escura), translucidez, aspecto desidratado, aroma e sabor de fruto sobremaduro (“passado”). Para tanto, utilizou-se de uma análise descritiva com a colaboração

de uma equipe composta por 9 provadores (julgadores) treinados especificamente para os atributos descritos acima. Utilizou-se escala hedônica não estruturada de 9cm entre âncoras.

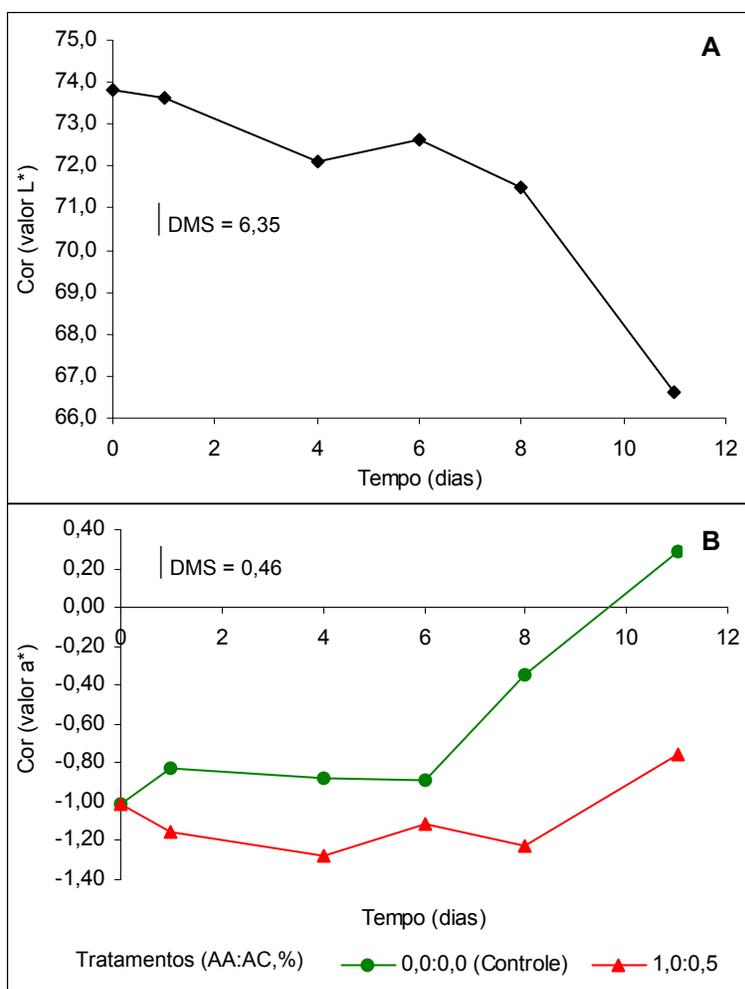
A aceitabilidade das diferentes amostras de abacaxi MP foi avaliada nos mesmos períodos por uma equipe composta por 30 provadores, através de escala hedônica de 9 pontos.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, onde se estudou a interação entre os fatores: tratamento e tempo, com 3, 9 e 30 repetições, para a avaliação física, sensorial (análise descritiva) e de aceitabilidade, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O abacaxi MP foi avaliado quanto à presença de coliformes totais (35°C) e fecais (45°C) ao tempo 0 e quanto à população de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras (0, 1, 3, 5, 7, 9 e 11 dias). As análises foram realizadas conforme metodologia descrita no Manual de Análises Microbiológicas de Alimentos (Silva, Junqueira & Silveira, 1997) e no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, “APHA” (Downes & Ito, 2001). Os valores foram transformados em  $\log(x)$  e submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras foram expressas em  $\log \text{ UFC.g}^{-1}$ .

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se uma redução no valor L\* da cor da polpa do abacaxi MP ao término do acondicionamento refrigerado. Os valores observados ao 11º dia diferiram estatisticamente dos constatados ao tempo 0 e ao 1º dia de avaliação, sem diferirem, no entanto, daqueles verificados ao 4º, 6º e 8º dias (Figura 1A).

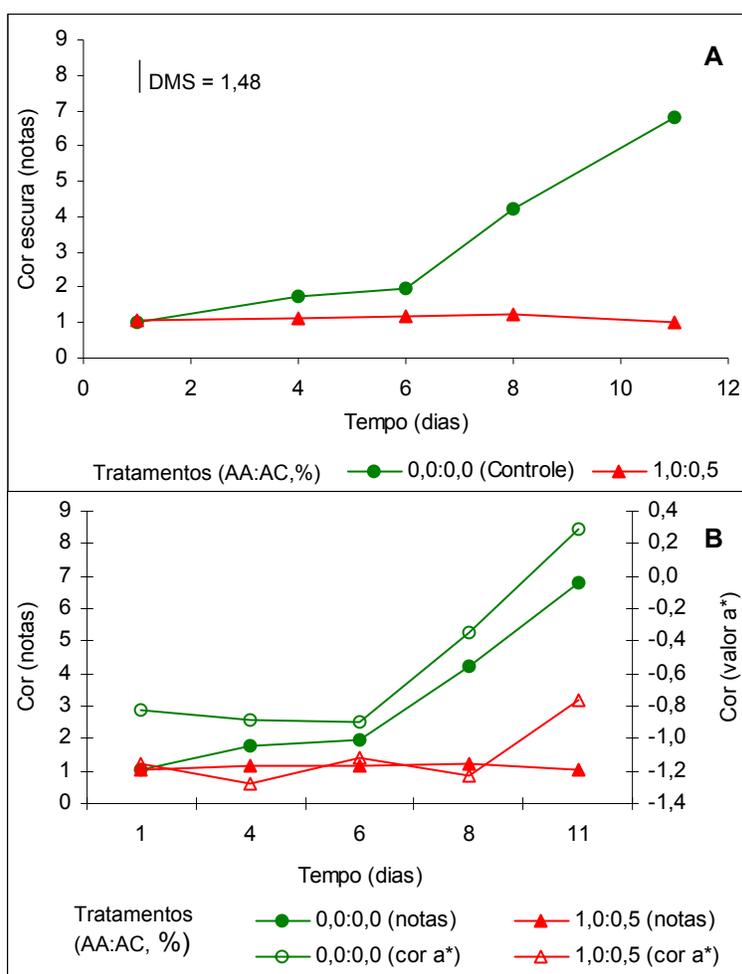


**FIGURA 1.** Cor da polpa (valores L\* (A) e a\* (B)) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e cítrico durante 11 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barras verticais indicam a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Tanto as fatias tratadas com 1,0:0,5 (AA:AC, %) quanto as pertencentes ao controle apresentaram valores a\* da cor muito próximos e estatisticamente iguais até o 6º dia de acondicionamento refrigerado, constatando-se, a partir de então, uma elevação neste parâmetro nos frutos pertencentes ao controle, responsável pela diferença estatística

observada entre os tratamentos neste período. As fatias de abacaxi tratadas com 1,0:0,5 (AA:AC, %) mantiveram-se sem variações estatísticas durante todo o período de avaliação (Figura 1B). De forma semelhante ao observado nos Trabalhos 3.7 e 3.8, o tratamento 1,0:0,5 (AA:AC, %) evitou o escurecimento da polpa durante todo o período de avaliação, fato evidenciado pela manutenção dos valores iniciais do parâmetro  $a^*$  da cor.

O escurecimento da polpa foi igualmente detectado na avaliação sensorial do atributo cor (escura). Observa-se que, de forma semelhante, somente a partir do 6º dia de avaliação puderam ser verificadas diferenças significativas entre os tratamentos, indicando a coerência entre as informações obtidas através da avaliação física e aquelas obtidas através da avaliação realizada pela equipe de julgadores treinados (Figura 2).

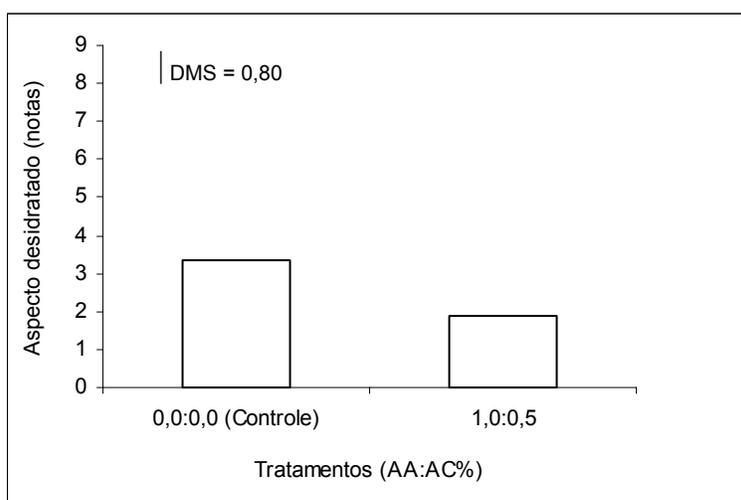


**FIGURA 2.** Cor da polpa (notas **(A)** e notas x valor  $a^*$  **(B)**) de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e cítrico durante 11 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

A interação entre os fatores tratamento e tempo não foi significativa para nenhum dos demais atributos característicos da perda de qualidade do abacaxi MP (translucidez, aspecto desidratado, aroma e sabor de fruto sobremaduro).

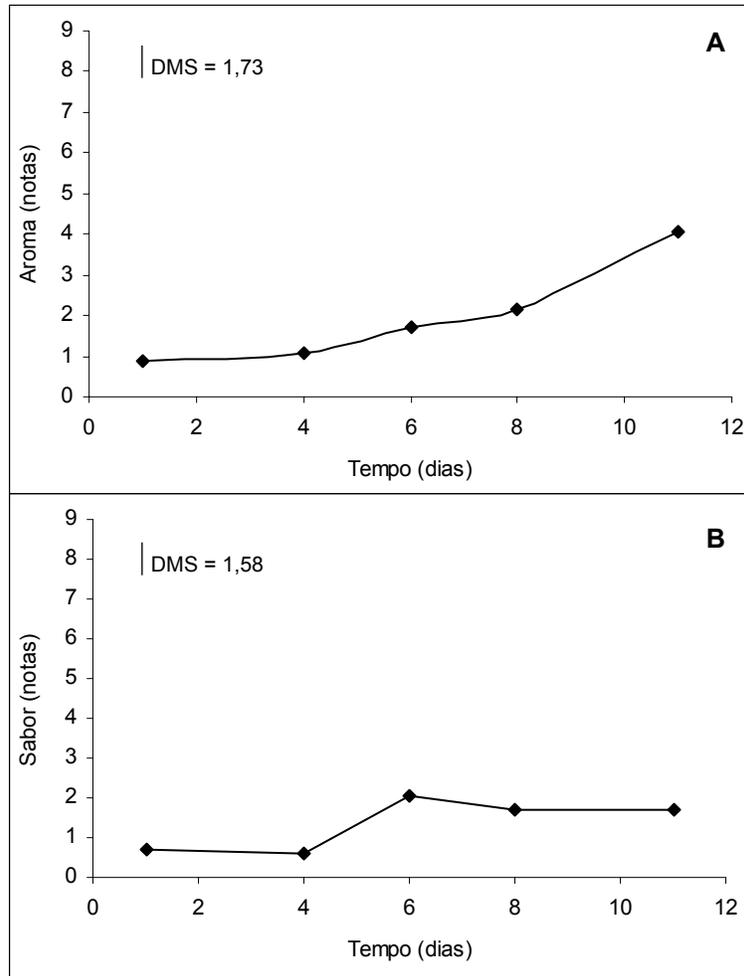
As notas atribuídas à translucidez permaneceram entre 2,1 e 3,6, não apresentando diferenças significativas durante todo o período de avaliação, o que indica que tal atributo foi percebido pelos julgadores com fraca intensidade.

Frutos MP tratados com 1,0:0,5 (AA:AC, %) apresentaram aspecto menos desidratado que os frutos pertencentes ao controle (Figura 3). No entanto, no decorrer dos 11 dias de acondicionamento refrigerado, este atributo foi percebido pelos julgadores com fraca intensidade, com notas variando entre 2,0 e 3,7.



**FIGURA 3.** Aspecto desidratado de abacaxi ‘Pérola’ MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e cítrico. Barra vertical indica a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

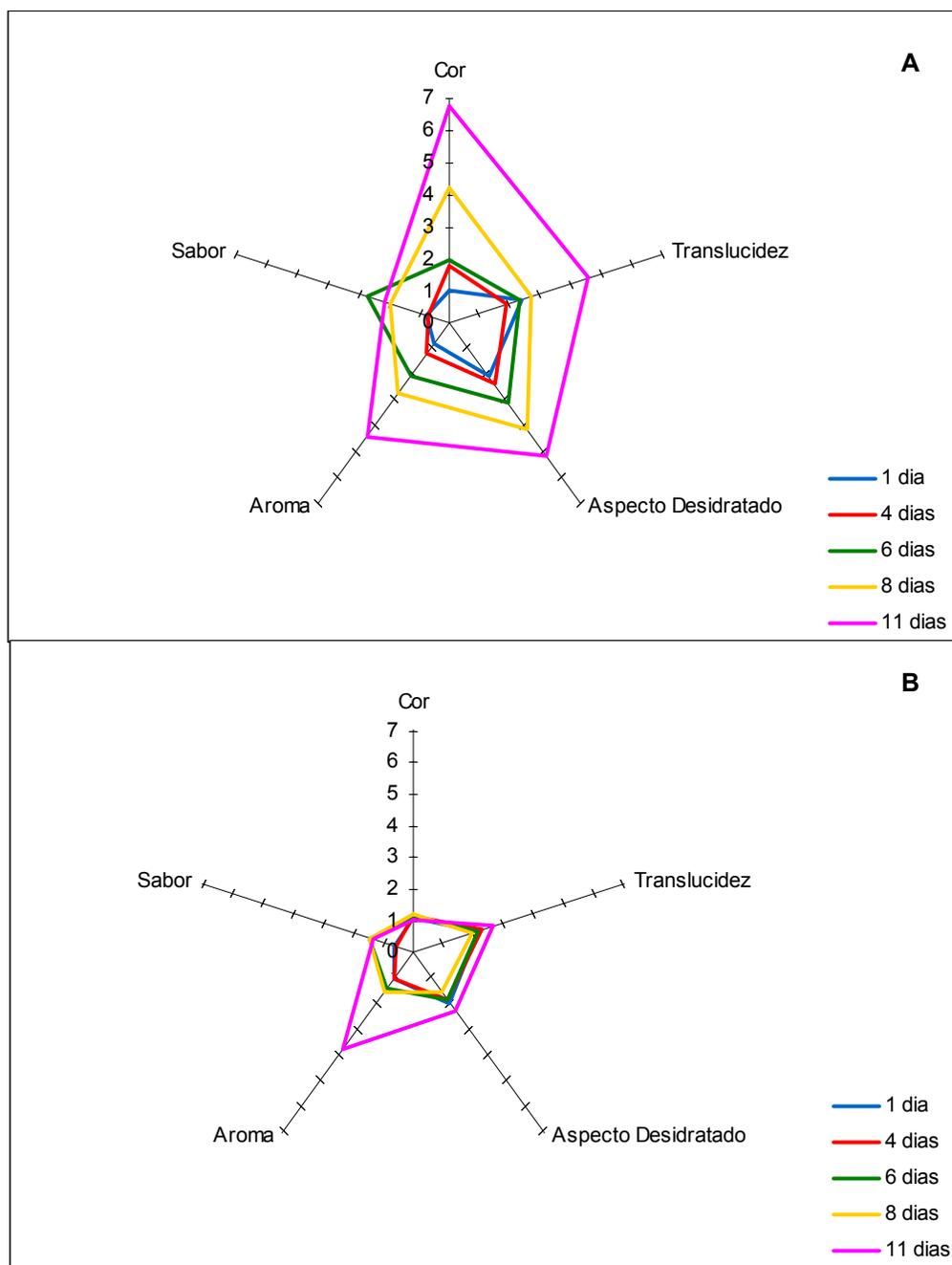
Independente do tratamento, constatou-se uma elevação significativa na intensidade do aroma de abacaxi sobremaduro ao término do período de avaliação, atingindo, ao 11º dia, o valor de 4,1 na escala de 9cm (Figura 4A). Este atributo não foi acompanhado pelo desenvolvimento de sabor característico de abacaxi sobremaduro, cujas notas atribuídas pelos julgadores permaneceram entre 0,6 e 2,1 (Figura 4B).



**FIGURA 4.** Aroma (**A**) e sabor (**B**) de fruto sobremaduro observados em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 11 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Barras verticais indicam a diferença mínima significativa ( $p \leq 0,05$ ).

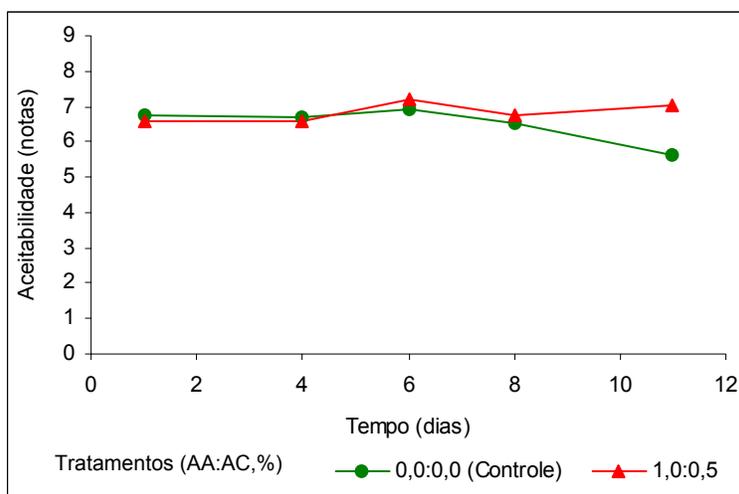
Quanto à configuração da análise descritiva, verificou-se que, para os frutos MP pertencentes ao controle, o atributo que sofreu maior alteração foi a cor (4,2), seguida pelo aspecto desidratado (4,1), aroma (2,8), translucidez (2,7) e sabor (2,0), mais evidentes a partir do 8º dia. Observou-se, ao término do acondicionamento refrigerado, que as alterações na cor e no aspecto desidratado (6,8 e 5,1, respectivamente) prevaleceram sobre as demais (4,6 e 4,4 para translucidez e aroma, respectivamente), permanecendo, o sabor de abacaxi sobremaduro em níveis próximos aos percebidos ao 8º dia de avaliação (Figura 5A). As alterações sofridas por tais atributos foram praticamente imperceptíveis até o oitavo dia nos frutos MP tratados com 1,0:0,5 (AA:AC, %), que mantiveram-se, na escala, em níveis próximos a 2. Ao 11º dia,

o atributo que sofreu maior alteração foi o aroma (3,8), sendo, no entanto, inferior ao observado nas fatias pertencentes ao controle (4,4) (Figura 5B).



**FIGURA 5.** Configuração da análise descritiva para abacaxi 'Pérola' MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e cítrico durante 11 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . **(A)** 0,0:0,0 (Controle); **(B)** 1,0:0,5 (AA:AC, %). (Valores médios).

Tanto as amostras de abacaxi MP tratadas com AA:AC quanto as pertencentes ao controle foram igualmente aceitas pelos provadores, não sendo observadas diferenças significativas entre ambas durante os 11 dias de acondicionamento refrigerado. Este resultado sugere que as alterações sofridas pelo fruto MP não são tão evidentes ao ponto de interferir na aceitabilidade do produto pelo consumidor não habituado a reconhecer as alterações características da perda de qualidade do abacaxi MP (Figura 6).

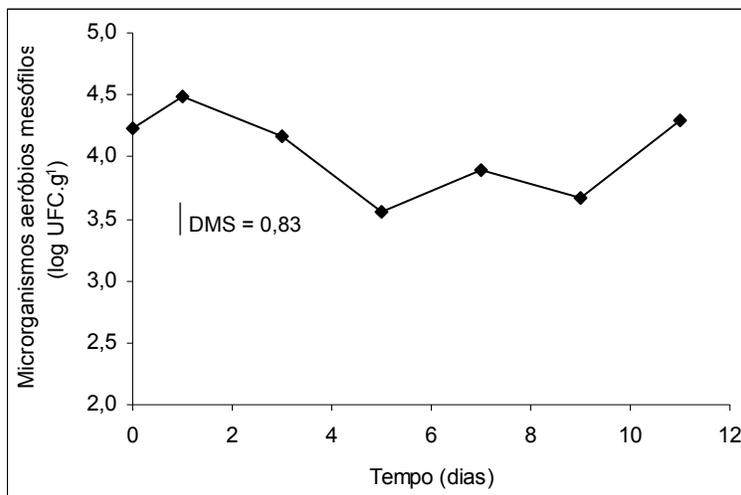


**FIGURA 6.** Aceitabilidade (notas) de abacaxi 'Pérola' MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico e cítrico durante 11 dias de acondicionamento a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Quanto ao aspecto microbiológico, não foram detectados coliformes totais e fecais nas amostras coletadas ao tempo 0, o que sugere ausência de tais microrganismos na matéria-prima e indica que o processamento foi conduzido sob condições higiênico-sanitárias adequadas.

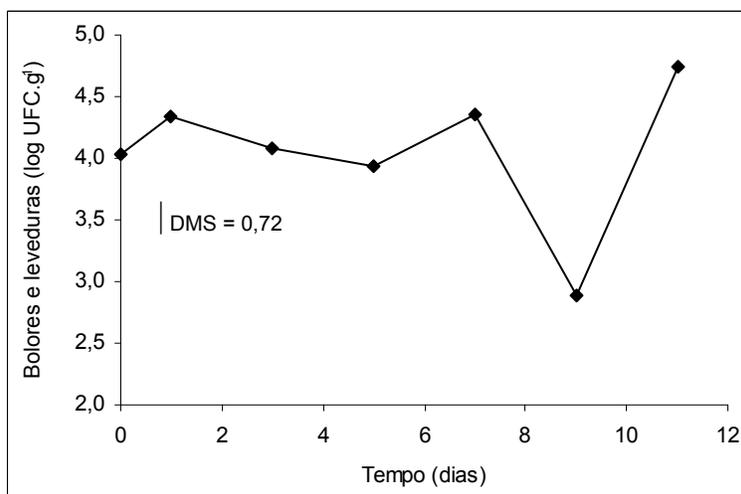
Não houve efeito significativo do tratamento sobre as populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras presentes nos frutos MP.

As populações de microrganismos aeróbios mesófilos, observadas no decorrer dos 11 dias de avaliação, não diferiram estatisticamente da população verificada nas amostras coletadas ao tempo 0 (imediatamente após o corte), permanecendo na ordem de  $10^3$  a  $10^4$  UFC.g<sup>-1</sup> durante todo o acondicionamento refrigerado (Figura 7).



**FIGURA 7.** Microorganismos aeróbios mesófilos (log UFC.g<sup>-1</sup>) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 11 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C. Barra vertical indica a diferença mínima significativa (p ≤ 0,05).

As populações de bolores e leveduras oscilaram entre 10<sup>3</sup> e 10<sup>4</sup> UFC.g<sup>-1</sup> durante todo o período de avaliação, exceto ao 9º dia, quando constatou-se uma redução na população para níveis na ordem de 10<sup>2</sup> UFC.g<sup>-1</sup> (Figura 8).



**FIGURA 8.** Bolores e leveduras (log UFC.g<sup>-1</sup>) em abacaxi ‘Pérola’ MP durante 11 dias de acondicionamento a 4 ± 1°C. Barra vertical indica a diferença mínima significativa (p ≤ 0,05).

A manutenção das populações em níveis relativamente baixos possivelmente esteja relacionada à desinfecção dos frutos frescos e à adição do agente sanitizante à solução utilizada no banho de imersão do abacaxi MP.

Independente do fruto MP estar microbiologicamente seguro e apresentar índice de aceitabilidade entre 6 e 7 (gostei ligeiramente e gostei moderadamente, respectivamente) durante os 11 dias de acondicionamento refrigerado, é conveniente que sua vida útil seja restringida a um período de 8 dias, a partir do qual tem-se, mesmo nos frutos MP tratados com AA:AC o início do desenvolvimento de aroma característico de abacaxi sobremaduro.

#### **4 – CONCLUSÃO**

- Abacaxi 'Pérola' MP submetido ao tratamento de imersão em solução 1,0:0,5 (AA:AC, %) acrescida de NaOCl ( $20\text{mg.L}^{-1}$ ) apresenta vida útil de 8 dias quando acondicionado em embalagem de polietileno tereftalato sob temperatura de  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ , constatando-se, após esse período, o desenvolvimento de aroma característico de abacaxi sobremaduro.



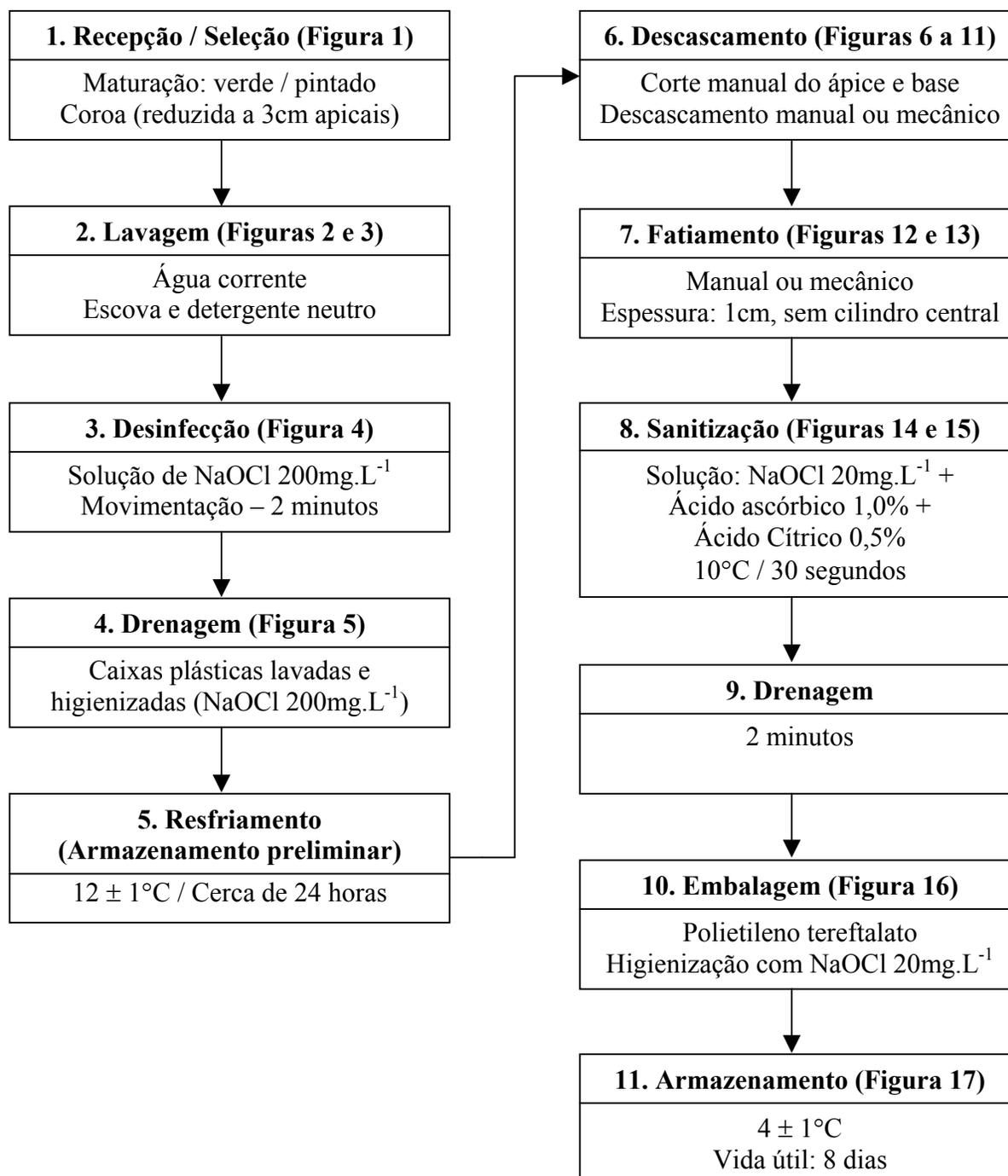
#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

- No processamento mínimo, o corte do abacaxi no formato de fatias é preferido ao formato em cubos.
- O comportamento respiratório do abacaxi minimamente processado em fatias e em cubos é semelhante, com taxa respiratória inicial equivalente ao dobro da observada nos frutos inteiros descascados.
- Não foi detectada síntese de etileno no período de 12 horas posteriores ao processamento mínimo.
- Recomenda-se que o abacaxi minimamente processado seja acondicionado a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .
- Quanto à utilização de agentes sanitizantes, conclui-se que o hipoclorito de sódio utilizado na desinfecção da casca ( $\text{NaOCl } 200\text{mg.L}^{-1}$ ) e sanitização da polpa do fruto ( $\text{NaOCl } 20\text{mg.L}^{-1}$ ) proporciona menores populações de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras, sem conferir sabor residual ao produto minimamente processado. Tanto a vanilina quanto o peróxido de hidrogênio foram ineficientes na redução das populações endofíticas de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras presentes no abacaxi minimamente processado.
- De maneira geral, o abacaxi minimamente processado é pouco sensível ao acondicionamento sob atmosfera controlada, havendo, somente, uma ligeira redução no crescimento microbiano dos frutos acondicionados sob condições de 5% de  $\text{O}_2$  e 15% de  $\text{CO}_2$ .
- O tratamento de imersão em solução combinada de 1,0% de ácido ascórbico e 0,5% de ácido cítrico, acrescida de  $\text{NaOCl } 20\text{mg.L}^{-1}$  proporciona, ao abacaxi minimamente processado, vida útil de 8 dias, quando acondicionado em embalagem de polietileno tereftalato sob temperatura de  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ , constatando-se, após esse período, o desenvolvimento de aroma característico de abacaxi sobremaduro.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a conclusão dos vários experimentos apresentados neste trabalho e com base no fluxograma proposto inicialmente por Bastos et al. (2000), propõe-se o seguinte fluxograma para o processamento mínimo do abacaxi. As Figuras 1 a 17 constam do item Anexos (7.3. Fotos).



**1.** Recomenda-se que os frutos destinados ao processamento mínimo apresentem coloração da casca entre verde e pintada, ou seja, frutos com casca completamente verde e frutos com o centro dos frutinhos amarelo, respectivamente, o que corresponde ao estágio de maturação ideal para que se obtenha um produto MP que preserve suas características sensoriais durante um período relativamente maior que os frutos em estágio de maturação mais avançado.

A redução da coroa a cerca de 3cm da região apical, ao invés de sua completa remoção, evita a ocorrência de ferimentos que facilitam a entrada de microrganismos e posterior contaminação e deterioração do fruto (Figura 1). Quando efetuada após a seleção dos frutos possibilita a redução da carga microbiana, proveniente do campo, na solução de desinfecção.

**2.** Recomenda-se a utilização de escovas, detergente neutro e água corrente na lavagem dos frutos para que haja completa remoção das sujidades que permanecem incrustadas à superfície dos mesmos (Figuras 2 e 3).

**3, 4 e 5.** A desinfecção dos frutos deverá ser realizada em tanque de aço inoxidável contendo solução de NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup> em movimentação durante 2 minutos (Figura 4). O posterior acondicionamento dos frutos em caixas plásticas lavadas e higienizadas (NaOCl 200mg.L<sup>-1</sup>) permite a completa drenagem da água (Figura 5). Recomenda-se que os frutos higienizados sejam armazenados em câmara refrigerada a 12 ± 1°C e 85-90% UR durante aproximadamente 24 horas.

**6 e 7.** As operações de descascamento e fatiamento podem ser efetuadas manual ou mecanicamente, desde que se disponha de lâminas cortantes de aço inoxidável perfeitamente afiadas de forma a se obter um corte satisfatório com mínimo dano ao produto (Figuras 6 a 13). O abacaxi MP em fatias é preferido aos cubos, no entanto, há indícios de que ambos os tipos de corte sejam bem aceitos, por atenderem necessidades diferentes do mercado consumidor. Recomenda-se que, havendo a possibilidade, os 3 centímetros apicais do fruto sejam redirecionados para qualquer outro processo industrial, destinando-se, a porção restante do fruto, ao processamento mínimo.

**8.** A sanitização deverá ser realizada através da imersão das fatias em tanque de aço inoxidável contendo solução combinada de ácido ascórbico 1,0% e ácido cítrico 0,5%,

acrescida de NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup> e mantida à temperatura de 10°C durante 30 segundos (Figuras 14 e 15).

**9 e 10.** A drenagem do excesso de líquido é facilitada mantendo-se as fatias em repouso durante aproximadamente 2 minutos. A embalagem poderá ser realizada em contentores de polietileno tereftalato previamente higienizados (NaOCl 20mg.L<sup>-1</sup>) (Figura 16).

**11.** Recomenda-se que o abacaxi MP seja armazenado sob temperatura de  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  e consumido no período de 8 dias (Figura 17).

É provável que a ineficiência da vanilina e do peróxido de hidrogênio seja decorrente tanto da baixa população inicial presente na matéria-prima quanto das adequadas condições do processo, que impossibilitaram o controle satisfatório da microbiota do abacaxi MP. A eficiência de tais agentes antimicrobianos talvez devesse ser avaliada sem o rígido controle higiênico-sanitário efetuado nestes estudos, ou até mesmo através da inoculação de células microbianas no produto MP, de forma a garantir elevada contaminação inicial e propiciar condições favoráveis à ação das substâncias antimicrobianas.

O acondicionamento do abacaxi MP sob diversas condições de atmosfera controlada revelou que nenhuma condição atmosférica próxima aos limites testados (2-8% O<sub>2</sub> e 5-15% CO<sub>2</sub>) seria substancialmente melhor que o ar atmosférico, inviabilizando, portanto, a continuidade dos estudos para determinação da embalagem que proporcionasse condições semelhantes às testadas (Figuras 19 a 22).



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, K.; WATADA, A.E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.6, p.1493-1496, 1991.
- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. **Ethylene in plant biology**. 2. ed. San Diego, California: Academic Press, 1992. 414p.
- ALVES, R.E.; SOUZA FILHO, M.S.M.; BASTOS, M.S.R.; FILGUEIRAS, H.A.C.; BORGES, M.F. Pesquisa em processamento mínimo de frutas no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p.75-85.
- ANTONIOLLI, L.R.; BENEDETTI, B.C.; SOUZA FILHO, M.S.M. Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p.1105-1110, 2003.
- ARTÉS, F.; CASTAÑER, M.; GIL, M.I. Revisión: el pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. **Food Science and Technology International**, London, v.4, n.6, p.377-389, 1998.
- AYHAN, Z.; CHISM, G.W.; RICHTER, E.R. The shelf-life of minimally processed fresh cut melons. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.21, n.1, p.29-40, 1998.
- BARRET, D.M. Special treatments to maintain product quality. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1998. Section 5b, p.6-7.
- BASTOS, M.S.R.; SOUZA FILHO, M.S.M.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; BORGES, M.F. Processamento mínimo de abacaxi e melão. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p.89-94.
- BEUCHAT, L.R.; GOLDEN, D.A. Antimicrobial occurring naturally in foods. **Food Technology**, Chicago, v.43, n.1, p.134-142, 1989.

BEUCHAT, L.R.; NAIL, B.V.; ADLER, B.B.; CLAVERO, M.R.S. Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes and lettuce. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.61, n.10, p.1305-1311, 1998.

BORGES, M.F.; MAIA, G.C.; SOUZA FILHO, M.S.M.; SILVA, G.A.; FIGUEIREDO, R.W.; AZEVEDO, E.H.F. Avaliação microbiológica de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) processado minimamente durante o processamento e armazenamento. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS, 6., 2000, Buenos Aires. **Resumos...** Buenos Aires, 2000. p.115.

BOTREL, N.; PATTO DE ABREU, C.M. Colheita, cuidados e fisiologia pós-colheita do abacaxi. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.33-40, 1994.

BRACKETT, R.E. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.10, n.3, p.195-206, 1987.

BRACKETT, R.E. Microbiological safety of chilled foods current issues. **Trends in Food Science and Technology**, Amsterdam, v.3, n.3, p.81-85, 1992a.

BRACKETT, R.E. Shelf stability and safety of fresh produce as influenced by sanitation and disinfection. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.55, n.10, p.808-814, 1992b.

BRACKMANN, A.; CHITARRA, A.B. Atmosfera controlada e atmosfera modificada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas. **Simpósio...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.133-169.

BRASIL. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12-01rda.htm>> Acesso em: 14 maio 2002.

BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.1, p.18-22, 1995.

BRECHT, J.K.; SABAA-SRUR, A.U.O.; SARGENT, S.A.; BENDER, R.J. Hypochlorite inhibition of enzymic browning of cut vegetables and fruit. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.343, p.341-344, 1993.

BRITO, C.A.K. **Estudo bioquímico das peroxidases brutas de abacaxi *Ananas comosus* (L.) Merrill:** cultivar IAC Gomo-de-Mel e clone IAC-1. 2001. 81f.. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

BUDU, A.S.; JOYCE, D.C.; AKED, J.; THOMPSON, A.K. Respiration of intact and minimally processed pineapple fruit. **Tropical Science**, London, v.41, n.3, p.119-125, 2001.

BURNETTE, F.S. Peroxidase and its relationship to food flavor and quality: a review. **Journal of Food Science**, Chicago, v.42, n.1, p.1-6, 1977.

CALBO, A.G. Adaptação de um fluxcentro para estudos de trocas gasosas e um método de aferição de capilares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.6, p.733-739, 1989.

CANTWELL, M. Food safety. I. Microbiological concerns. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1998. Section 8a, p.1-2.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed). **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: University of California, 1992, p.277-281.

CANTWELL, M.; SUSLOW, T. Fresh-cut fruits and vegetables: Aspects of physiology, preparation and handling that affect quality. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1999. Section 4b, p.1-22.

CARBONARI, M.; SIGRIST, J.M.M.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; FONSECA, E.S. Influência do corte e da embalagem em abacaxi minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2000. p.3.

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**, Brasília, v.37, n.5, p.679-685, 2002.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**: manual técnico. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121p.

CASTAÑÓN, X.; ARGAIZ, A.; MALO-LÓPEZ, A. Effect of storage temperature on the microbial and color stability of banana purée with addition of vanillin or potassium sorbate. **Food Science and Technology International**, London, v.5, n.1, p.51-58, 1999.

CERRUTTI, P.; ALZAMORA, S.M. Inhibitory effects of vanillin on some food spoilage yeasts in laboratory media and fruit purées. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.29, n.2-3, p.379-386, 1996.

CERRUTTI, P.; ALZAMORA, S.M.; VIDALES, S.L. Vanillin as an antimicrobial for producing shelf-stable strawberry puree. **Journal of Food Science**, Chicago, v.62, n.3, p.608-610, 1997.

CHANES, J.W.; BALDERAS, F.V.; MALO, A.L. Minimally processed foods: state of the art and future. In: FITO, P.; RODRÍGUEZ, E.O.; CÁNOVAS, G.V. (Ed.). **Food Engineering 2000**. New York, NY: Chapman & Hall, 1997, cap.11, p.181-212.

CHERRY, J.P. Improving the safety of fresh produce with antimicrobial. **Food Technology**, Chicago, v.53, n.11, p.54-59, 1999.

CHERVIN, C.; BOISSEAU, P. Quality maintenance of "read-to-eat" shredded carrots by gamma irradiation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.2, p.359-361,365, 1994.

CHITARRA, M.I.F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 1998. 88p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

- CLAYPOOL, L.L.; KEEFER, R.M. A colorimetric method for CO<sub>2</sub> determination. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.40, p.177-186, 1942.
- CLEMENTE, E.; PASTORE, G.M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Boletim SBCTA**, Campinas, v.32, n.2, p.167-171, 1998.
- CUNHA, G.A.P.; MATOS, A.P.; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F.S.; SANCHES, N.F.; REINHARDT, D.H.R.C. **Abacaxi para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 41p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 11).
- DAS, J.R.; BHAT, S.G.; GOWDA, L.R. Purification and characterization of a polyphenol oxidase from the kew cultivar of Indian pineapple fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.45, n.6, p.2031-2035, 1997.
- DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association - APHA, 2001. 676p
- DULL, G.G. The pineapple: general. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v.2, cap. 9A, p.303-324.
- DULL, G.G.; YOUNG, R.E.; BIALE, J.B. Respiratory patterns in fruit pineapple, *Ananas comosus*, detached at different stages of development. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.20, n.2, p.1059-1065, 1967.
- DYCHDALA, G.R. Chlorine and chlorine compounds. In: DYCHDALA, G.R. **Desinfection sterilization and preservation**. 4. ed. 1991. p.131-151.
- FARBER, J.M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology - a review. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.54, n.1, p.58-70, 1991.
- FERREIRA, V.L.P. et al. **Análise Sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000. 127p. (Manual: Série Qualidade).

- FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. **Agrianual 2003**: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, 2003. p.179-187.
- GARRET, E.H. Fresh-cut Produce: Tracks and Trends. In: LAMIKANRA, O. **Fresh-cut fruits and vegetables**: science, technology, and market. Boca Raton, 2002. p.1-10.
- GIL, M.I.; GORNY, J.R.; KADER, A.A. Responses of 'Fuji' apple slices to ascorbic acid treatments and low-oxygen atmospheres. **HortScience**, Alexandria, v.33, n.2, p.305-309, 1998.
- GONÇALVES, N.B. **Abacaxi**: pós-colheita. Brasília: Embrapa-SCT, 2000. 45p. (Frutas do Brasil, 5).
- GORNY, J. Fresh-cut product preparation. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1998a. Section 5a, p.1-5.
- GORNY, J.R. A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1998b. Section 7f, p.1-3, 32.
- GORNY, J.R. **Packaging design for fresh-cut produce**. Alexandria: International Fresh-Cut Produce Association, 2003. 122p.
- HANASHIRO, M.M. **Relações de coordenação entre agricultura, indústria e distribuição dos produtos minimamente processados**. 2003. 125f.. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- HEMEDA, H.M.; KLEIN, B.P. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetables extracts. **Journal of Food Science**, Chicago, v.55, n.1 , p.184-185, 1990.
- HURST, W.C. Sanitation of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.1, p.22-24, 1995.

IADEROZA, M.; BALDINI, V.L.S. A importância da análise enzimica em alimentos. In: IADEROZA, M.; BALDINI, V.L.S. **Ênzimos e a qualidade de vegetais processados: manual técnico**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. p.37-51.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1998. Section 7g, p.1-12.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Offering global expertise in fresh-cut produce**. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org/about.php>>. Acesso em: 10 nov. 2003.

IZUMI, H. Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. **Journal of Food Science**, Chicago, v.64, n.3, p.536-539, 1999.

IZUMI, H.; WATADA, A.E. Calcium treatment to maintain quality of zucchini squash slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v.60, n.4, p.789-793, 1995.

JAY, M.J.; RIVERS, G.M. Antimicrobial activity of some food flavoring compounds. **Journal of Food Safety**, Trumbull, v.6, n.2, p.129-139, 1984.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.5, p.99-104, 1986.

KADER, A.A. **Pineapple**: recommendations for maintaining postharvest quality. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/pineapple.shtml>>. Acesso em: 22 jul. 2003.

KADER, A.A. Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.6, p.117-121, 1986.

KADER, A. A. **Pineapple**. Disponível em: <<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/index.html>>. Acesso em: 19 nov. 1999.

KHAN, A.A.; ROBINSON, D.S. Hydrogen donor specificity of mango isoperoxidases. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.49, n.4, p.407-410, 1994.

LATIFAH, M.N.; ABDULLAH, H.; MOHD. SELAMAT, M.; HABSAH, M.; TALIB, Y.; RAHMAN, K.M.; JABIR, H. Shelf life of minimally processed pineapple. **J. Trop. Agric. and Fd. Sc.**, v.28, n.1, p.79-85, 2000.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. **Postharvest News and Information**, v.9, n.4, p.53N-66N, 1998.

LU, A.T.; WHITAKER, J.R. Some factors affecting rates of heat inactivation and reactivation of horseradish peroxidase. **Journal of Food Science**, Chicago, v.39, n.6, p.1173-1178, 1974.

MANICA, I. **Fruticultura tropical - 5: abacaxi**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. 501p.

MARRERO, A.; KADER, A.A. Factors affecting the post-cutting life and quality of minimally processed pineapple. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.553 (v.2), p.705-706, 2001.

MELLO, E.T.; CLEMENTE, E. Thermostability of crude extract of peroxidase from pineapple. **Revista UNIMAR**, Maringá, v.18, n.4, p.757-763, 1996.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.34, n.4, p.371-401, 1994.

O'CONNOR-SHAW, R.E.; ROBERTS, R.; FORD, A.L., NOTTINGHAN, S.M. Changes in sensory quality of sterile cantaloupe dice stored in controlled atmospheres. **Journal of Food Science**, Chicago, v.61, n.4, p.847-851, 1996.

O'CONNOR-SHAW, R.E.; ROBERTS, R.; FORD, A.L., NOTTINGHAN, S.M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.6, p.1202-1206, 1215, 1994.

PARK, D.L.; RUA Jr., S.M.; ACKER, R.F. Direct application of a new hypochlorite sanitizer of reducing bacterial contamination on foods. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.54, n.12, p.960-965, 1991.

PIZZOCARO, F.; TORREGGIANI D.; GILARDI, G. Inhibition of apple polyphenol oxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. **Journal of Food Processing and Preservation**, Trumbull, v.17, n.1, p.21-30, 1993.

PORTELA, S.I.; CANTWELL, M.I. Quality changes of minimally processed honeydew melons stored in air or controlled atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, n.3, p.351-357, 1998.

PRADO, M.E.T.; VILAS BOAS, E.V.de B.; SANTOS, J.C.B.; PINHEIRO, A.C.M.; MATTOS, L.M., ARAÚJO, F.M.M.C.; CHITARRA, A.B.; OLIVEIRA, E.C.M. Influência do hipoclorito de sódio sobre a qualidade de abacaxis minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2000a. p.5.

PRADO, M.E.T.P.; CHITARRA, A.B.; BONNAS, D.S.; VILAS BOAS, E.V. de B. Abacaxi 'Smooth Cayenne' minimamente processado. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2000b. p.6.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA – Normas de Classificação do Abacaxi. Centro de Qualidade em Horticultura – CQH / CEAGESP. 2003. São Paulo. (CQH. Documentos, 24).

QI, L.; WU, T.; WATADA, A.E. Quality changes of fresh-cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.22, n.5, p.513-521, 1999.

REINHARDT, D.H.; MEDINA, V.M.; CALDAS, R.C.; CUNHA, G.A.P.; ALVES, A.A.; HERRERA, R.E. Gradientes de qualidade em frutos de abacaxi 'Pérola'. In: ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 49., 2003, Fortaleza, CE. **Program and Abstracts...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. p.162.

ROBBS, P.G. **Ecologia e taxonomia de leveduras associadas a uma plantação de abacaxi no Estado do Rio de Janeiro.** 1986. 241f.. Tese (Doutorado em Ciências - Microbiologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.

ROCHA, A.M.C.N.; MORAIS, A.M.M.B. Effects of controlled atmosphere on quality of minimally processed apple (cv. Jonagored). **Journal of Food Processing and Preservation**, Trumbull, v.24, n.6, p.435-451, 2000.

ROLLE, R.S.; CHISM, G.W. III - Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.10, n.3 , p.157-177, 1987.

ROSEN, J.C., KADER, A.A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.3, p.656-659, 1989.

SALVEIT, M.E. Fresh-cut product biology. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1998. Section 4a, p.1-10.

SANGUANSRI, P. Cutting techniques for minimally processed vegetables. **Food Australia**, North Sydney, v.49, n.3, p.135-138, 1997.

SAPERS, G.M. Browning of foods: control by sulfites, antioxidants and other means. **Food Technology**, Chicago, v.47, n.10, p.75-84, 1993.

SAPERS, G.M.; SIMMONS, G.F. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.52, n.2, p.48-52, 1998.

SARZI, B.; DURIGAN, J.F.; PINTO, S.A.A.; MATTIUZ, B.; TEIXEIRA, G.H.A. Avaliação do abacaxi 'Pérola' submetido a dois tipos de corte e três temperaturas de armazenamento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2000. p.2.

SARZI, B.; DURIGAN, J.F.; ROSSI JÚNIOR, O.D. Temperatura e tipo de preparo na conservação de produto minimamente processado de abacaxi 'Pérola'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.376-380, 2002.

SCHLIMME, D.V. Marketing lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.1, p.15-17, 1995.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997. 295p.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760p.

SIRIPHANICH, J.; JOHNSON, G.I. Minimal processing of tropical fruits. **ACIAR Proceedings**, v.50, p.127-137, 1994. **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1995.

SMITH, L.G. Indices of physiological maturity and eating quality in Smooth Cayenne pineapples. 2. Indices of eating quality. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences**, v.45, n.2, p.219-228, 1988. **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1990-1991.

SOUZA, R.A.M. Perspectivas do mercado de frutas e hortaliças minimamente processadas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p.1-22.

SUSLOW, T. Postharvest chlorination – Basic properties and key points for effective disinfection. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1997. Section 9c, 8p.

USBERTI FILHO, J.A.; SIQUEIRA, W.J.; SPIRONELLO, A.; TANAKA, M.A.S.; SIGRIST, J.M.M.; MARTINS, A.L.M., BORTOLETTO N.; TSUHAKO, A.T.; GUSHIKEN, A. **Abacaxi gomo-de-mel**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 5p. Disponível em: <<http://200.136.175.13/homeiac/produtos/abacaxi.htm>>. Acesso em: 19 nov. 1999.

VANETTI, M.C.D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2000. p.44-51.

VILAS BOAS, B.M.; NUNES, E.E.; BEERLI, K.M.; VALLE, R.P. Influência do peróxido de hidrogênio sobre a qualidade microbiológica de melão minimamente processado: dados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, v.1, p.1-4, 2002a.

VILAS BOAS, B.M.; NUNES, E.E.; SANTOS, H.P.; VALLE, R.H.P.; LIMA, L.C.O. Influência do peróxido de hidrogênio na qualidade de mangas minimamente processadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, v.1, p.1-4, 2002b.

WATADA, A.E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.44, n.5, p.116-122, 1990.

WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, n.2, p.115-125, 1996.

WATADA, A.E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, n.3, p.201-205, 1999.

WEBER, O.B.; BALDANI, V.L.D.; TEIXEIRA, K.R.S.; KIRCHHOF, G.; BALDANI, J.I.; DOBEREINER, J. Isolation and characterization of diazotrophic bacteria from banana and pineapple plants. **Plant and Soil**, Amsterdam, n.210, p.103-113, 1999.

WELLER, A.; SIMS, C.A.; MATTHEUWS, R.F.; BATES, R.P.; BRECHT, J.K. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. **Journal of Food Technology**, London, v.62, n.2 , p.256-260, 1997.

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. London: Chapman & Hall, 1994. 357p.

WILLS, R.H.H.; LEE, T.H.; GRAHAM, D.; McGLASSON, W.B.; HALL, E.G.  
**Postharvest**: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables.  
Kensington: New South Wales University Press, 1981. 161p.

WRIGHT, K.P.; KADER, A.A. Effect of controlled-atmosphere on the quality and carotenoid content of sliced persimmons and peaches. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.10, n.1, p.89-97, 1997.

ZAGORY, D. Controlled and modified atmospheres. I - General aspects of film technology and selection. In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY, 5., 1999, Davis. **Proceedings...** Davis: University of California, 1998. Section 7a, p.1-3.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, n.3, p.313-321, 1999.

ZAGORY, D. et al. **Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry**. 3. ed.  
Alexandria: International Fresh-cut Produce Association, 1993. p.67-70.

ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, Chicago, v.42, n.9, p.70-77, 1988.



**7. ANEXOS**

### **7.1. Caracterização da embalagem de polietileno tereftalato**

- Material: polietileno tereftalato (PET)
- Desenho: Figuras 23 e 24 (Item: Anexos - 7.3. Fotos)
- Cor: transparente
- Material virgem
- Tipo: pote
- Espessura ou gramatura:
  - Tampa: 0,43mm
  - Corpo: 0,19mm
  - Fundo: 0,23mm
- Taxa de permeabilidade ao vapor de água:  $0,07\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$
- Tipo de higienização: conforme descrição nos Trabalhos
- Envase manual
- Tipo de fechamento: pressão

## 7.2. Fichas de avaliação utilizadas nos testes sensoriais

NOME: _____		DATA: _____	
Por favor, prove as amostras de abacaxi da esquerda para a direita e coloque-as em ordem crescente de preferência.			
_____	_____	_____	_____
- preferida			+ preferida
Comentários: _____			

Ficha de avaliação utilizada no teste de Ordenação-Preferência (Trabalho 3.1).

NOME: _____		DATA: _____	
Por favor, analise as amostras codificadas de abacaxi apresentadas em formatos diferentes e faça um círculo na amostra de sua preferência.			
	328	952	
Comentários: _____			

Ficha de avaliação utilizada no teste de Preferência-Pareada (Trabalho 3.1).

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

Você está recebendo uma amostra padrão (P) e 4 amostras codificadas. Prove a amostra-padrão e, em seguida, prove cada uma das amostras codificadas e avalie, na escala abaixo, o quanto cada amostra codificada difere, em termos de sabor residual, da amostra-padrão.

0 = nenhuma diferença

1

2

3

4

5

6

7

8

9 = extremamente diferente

Amostra	Grau de diferença
---------	-------------------

_____	_____
-------	-------

_____	_____
-------	-------

_____	_____
-------	-------

_____	_____
-------	-------

Ficha de avaliação utilizada no teste de Diferença do Controle (Trabalho 3.4).

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

Você está recebendo uma amostra padrão (P) e 3 amostras codificadas. Prove a amostra-padrão e, em seguida, prove cada uma das amostras codificadas e avalie, na escala abaixo, o quanto cada amostra codificada difere, em termos de sabor residual, da amostra-padrão.

0 = nenhuma diferença

1

2

3

4

5

6

7

8

9 = extremamente diferente

Amostra	Grau de diferença
---------	-------------------

_____	_____
-------	-------

_____	_____
-------	-------

_____	_____
-------	-------

Ficha de avaliação utilizada no teste de Diferença do Controle (Trabalho 3.8).

NOME \_\_\_\_\_ AMOSTRA \_\_\_\_\_ DATA \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Você está recebendo uma amostra de abacaxi. Por favor, prove a amostra e avalie a intensidade percebida para cada atributo colocando um traço vertical na escala correspondente.

Cor escura	_____   <b>ausente</b> <span style="float: right;"><b>forte</b></span>
Translucidez	_____   <b>fraca</b> <span style="float: right;"><b>forte</b></span>
Aspecto desidratado	_____   <b>fraca</b> <span style="float: right;"><b>forte</b></span>
Aroma passado	_____   <b>ausente</b> <span style="float: right;"><b>forte</b></span>
Sabor passado	_____   <b>ausente</b> <span style="float: right;"><b>forte</b></span>

**Comentários:**

Ficha de avaliação utilizada na Análise Descritiva (Trabalho 3.9).

NOME \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ TESTE \_\_\_\_\_

Você está recebendo duas amostras de abacaxi minimamente processado. Por favor, prove as amostras e indique o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra, de um modo geral, utilizando a escala abaixo:

<p>_____</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>( ) gostei muitíssimo</li> <li>( ) gostei muito</li> <li>( ) gostei moderadamente</li> <li>( ) gostei ligeiramente</li> <li>( ) não gostei nem desgostei</li> <li>( ) desgostei ligeiramente</li> <li>( ) desgostei moderadamente</li> <li>( ) desgostei muito</li> <li>( ) desgostei muitíssimo</li> </ul>	<p>_____</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>( ) gostei muitíssimo</li> <li>( ) gostei muito</li> <li>( ) gostei moderadamente</li> <li>( ) gostei ligeiramente</li> <li>( ) não gostei nem desgostei</li> <li>( ) desgostei ligeiramente</li> <li>( ) desgostei moderadamente</li> <li>( ) desgostei muito</li> <li>( ) desgostei muitíssimo</li> </ul>
---	---

Ficha de avaliação utilizada no teste de Aceitabilidade (Trabalho 3.9).

### 7.3. Fotos



FIGURA 1. Corte da coroa



FIGURA 2. Lavagem



FIGURA 3. Lavagem



FIGURA 4. Desinfecção



FIGURA 5. Drenagem



FIGURA 6. Corte da região apical

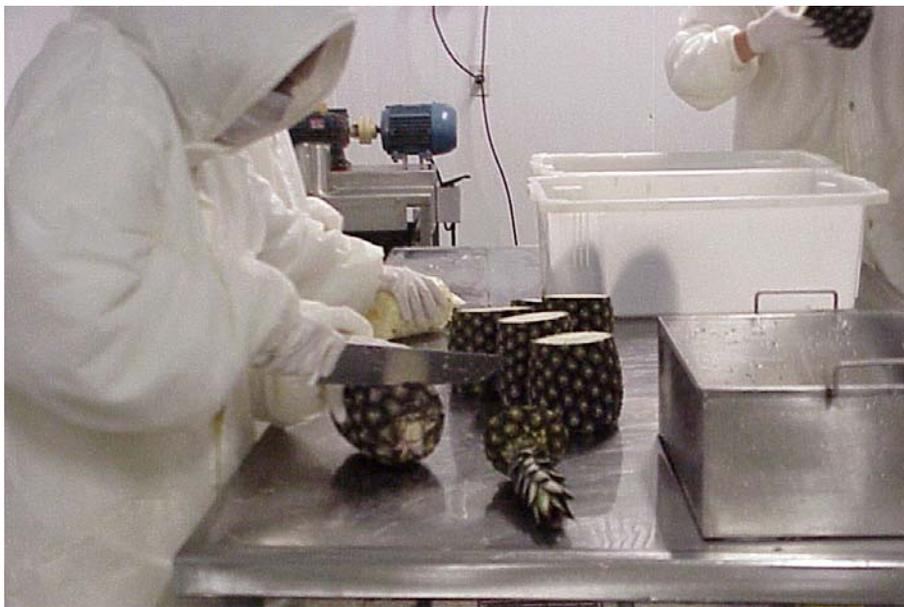


FIGURA 7. Corte da região basal



FIGURA 8. Descascamento mecânico



FIGURA 9. Descascamento mecânico



FIGURA 10. Descascamento manual



FIGURA 11. Remoção das cascas remanescentes



FIGURA 12. Fatiamento manual



FIGURA 13. Retirada do cilindro central



FIGURA 14. Sanitização das fatias



FIGURA 15. Sanitização das fatias



FIGURA 16. Embalagem

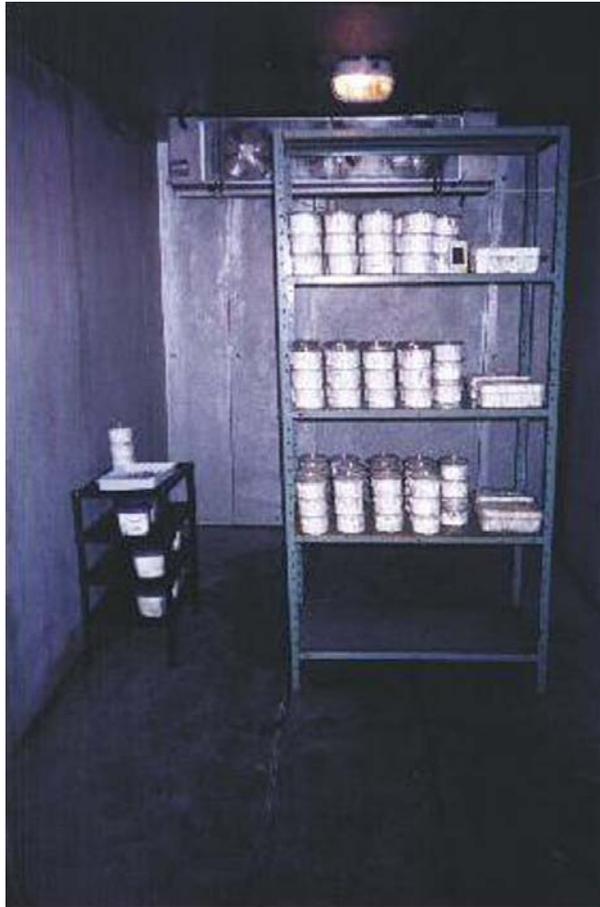


FIGURA 17. Armazenamento em câmara refrigerada



FIGURA 18. Retirada de amostras gasosas



FIGURA 19. Acondicionamento das fatias em frascos herméticos



FIGURA 20. Acondicionamento das fatias em frascos herméticos



FIGURA 21. Frascos conectados ao fluxcentro



FIGURA 22. Frascos conectados ao fluxcentro

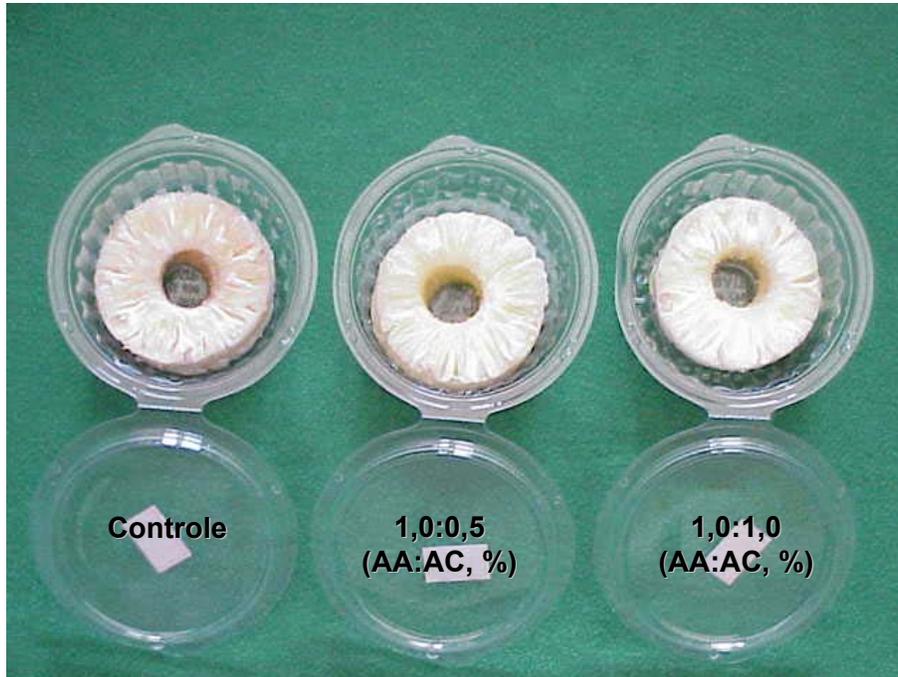


FIGURA 23. Abacaxi 'Pérola' MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico (AA) e ácido cítrico (AC), durante 10 dias a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Trabalho 3.8).

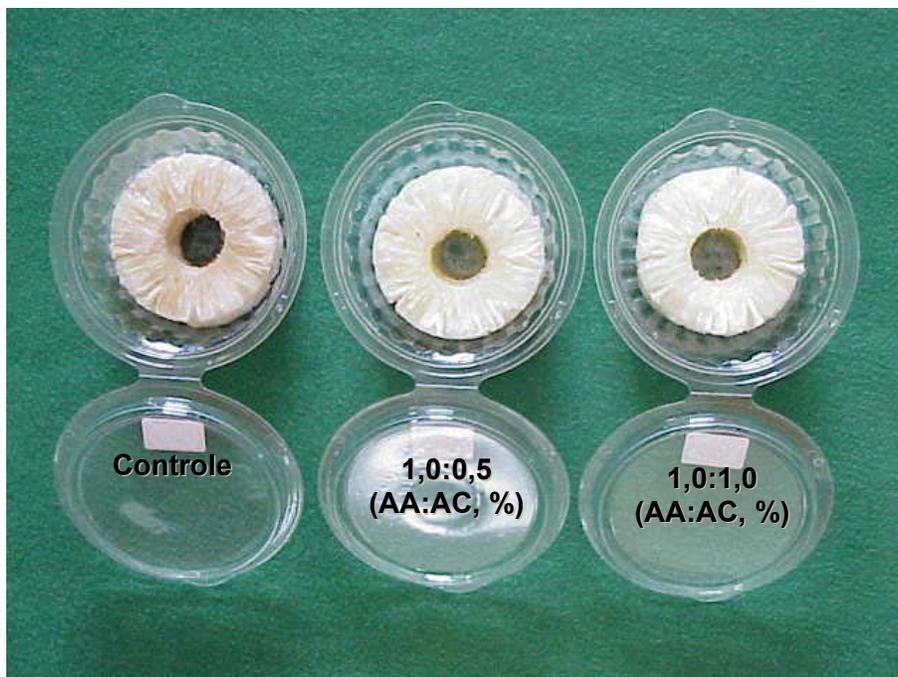


FIGURA 24. Abacaxi 'Pérola' MP submetido ao tratamento combinado de ácido ascórbico (AA) e ácido cítrico (AC), durante 12 dias a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Trabalho 3.8).