



**MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE BANANA  
“PRATA” MINIMAMENTE PROCESSADA**

**CAMILA MARTINS FONSECA REIS**

**2002**

[REDACTED]

54715  
MFN 046645

DESCARTADO

*malein*  
ASSINATURA

Data 21 / 08 / 17

BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA  
UFLA

**CAMILA MARTINS FONSECA REIS**

**MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE BANANA “PRATA”  
MINIMAMENTE PROCESSADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação *Stricto-Sensu* em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador:**

**Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2002**

**Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e  
Catalogação da Biblioteca Central da UFLA**

**Reis, Camila Martins Fonseca**

**Manutenção da qualidade de banana "Prata" minimamente  
processada / Camila Martins Fonseca Reis. -- Lavras: UFLA, 2002.**

**92 p. : il.**

**Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.**

**Dissertação (Mestrado) – UFLA.**

**Bibliografia.**

**1. Banana. 2. Minimamente Processado. 3. L-cisteína. 4. Pós-colheita. 5. Ácido  
Ascórbico. 6. Cloreto de Cálcio. 7. Atmosfera Modificada. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.**

**CAMILA MARTINS FONSECA REIS**

**MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DE BANANA “PRATA”  
MINIMAMENTE PROCESSADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

**APROVADA em 06 de dezembro de 2002**

<b>Prof. Dr. Carlos José Pimenta</b>	<b>Unifenas</b>
<b>Profa. Dra. Roberta Hilsdorf P. do Valle</b>	<b>UFLA</b>
<b>Dra. Mônica Elisabeth Torres Prado</b>	<b>UFLA</b>

  
**Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas**  
**UFLA**  
**(Orientador)**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelas maravilhas que sempre me proporcionou.

Ao meu namorado Mateus, por seu amor e disponibilidade em todos os momentos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, por sua excelente orientação, respaldado sempre em sua sabedoria, inteligência, ética e compreensão.

Ao Prof. Dr. José Carlos Tavares Carvalho, por haver iniciado-me na ciência e pela grande amizade formada.

Ao Prof. Dr. Carlos José Pimenta, que indicou o caminho e incentivou a caminhada.

A Profª. Dra. Roberta Hilsdorf P. do Valle, pelo apoio imprescindível nas análises microbiológicas.

Ao Prof. Paulo Roberto Clemente, pelas sugestões e apoio nas análises sensoriais.

A Profª. Dra. Rose, pelo apoio na análise da avaliação da cor.

A Profª. Dra. Maria de Fátima Piccolo Barcelos, por sempre me atender prontamente de forma acolhedora.

Aos professores: Dr. Luís Carlos de Oliveira Lima, Dr. Paulo César Lima e Dr. José da Cruz Machado, pela ótima convivência e por estarem sempre disponíveis.

Aos meus amigos: Michel, Karla e Helen, que sempre estiveram

me apoiando e incentivando nesta caminhada.

A Mônica, Ana Carla e Leonora, pelo apoio e companherismo.

Aos colegas: Rogério Amaro Gonçalves, Tina, Sandra e Cidinha, pelo auxílio na execução das análises laboratoriais e estatísticas.

A Gicelda Aparecida de Souza, por ter colaborado de muitas formas para a concretização deste trabalho e aos demais funcionários do DCA.

Aos amigos do Grupo de Oração Universitária, pelo apoio e amizade.

A Dona Noêmia e toda sua família, por ter me acolhido tão bem em sua casa, me fazendo sentir como uma “filha”.

Aos estagiários: Gustavo, Tatiane, Cleube e Michele, pela constante ajuda e responsabilidade demonstrada.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram, o meu sincero agradecimento.

# SUMÁRIO

Página

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	i
RESUMO .....	ii
ABSTRACT .....	iii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Origem e características do fruto.....	3
2.2 Transformações na banana com a maturação.....	5
2.2.1 pH e acidez total titulável (ATT).....	6
2.2.2 Sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST) .....	7
2.2.3 Textura e substâncias pécticas.....	8
2.2.4 Poligalacturonase (PG) e Pectinametilesterase (PME) .....	10
2.2.5 Peroxidase (PER) e polifenoloxidase (PFO).....	11
2.3 Processamento mínimo.....	14
2.3.1 Alterações no produto minimamente processado (PMP).....	17
2.3.1.1 Alterações texturais .....	18
2.3.1.2 Alterações no sabor.....	18
2.3.1.3 Alterações nutricionais.....	19
2.3.1.4 Alterações microbiológicas .....	20
2.3.2 Temperatura de armazenamento do PMP .....	21
2.3.3 Tratamentos químicos em PMP .....	21
2.3.3.1 Efeito do cloreto de cálcio.....	21
2.3.3.2 Efeito dos agentes anti-escurecimento .....	23
2.3.4 Atmosfera modificada (AM) e embalagens .....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Instalação do experimento e prepara da amostra.....	29
3.2 Fluxograma do processamento do fruto.....	30
3.3 Análises físicas, físico-químicas e químicas e bioquímicas.....	31
3.3.1 Perda de massa .....	31
3.3.2 pH.....	31
3.3.3 Acidez total titulável (ATT).....	31
3.3.4 Sólidos solúveis totais (SST) .....	32
3.3.5 Açúcares solúveis totais (AST).....	32
3.3.6 Firmeza .....	32
3.3.7 Pectina total (PT) e solúvel (PS) .....	32
3.3.8 Atividade de pectinametilesterase (PME).....	32
3.3.9 Atividade de poligalacturonase (PG).....	33
3.3.10 Atividade de Polifenoloxidase (PFO).....	33

3.3.11 Atividade de peroxidase (PER) .....	33
3.3.12 Avaliação da cor .....	33
3.4 Análises sensoriais .....	34
3.5 Análises microbiológicas.....	35
3.5.1 Preparo das amostras .....	35
3.5.2 Contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos.....	35
3.5.3 Quantificação de fungos e leveduras .....	36
3.5.4 Quantificação de coliformes totais e fecais.....	36
3.6 Delineamento experimental e análise estatística .....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.1 Perda de massa .....	38
4.2 pH e acidez total titulável (ATT) .....	38
4.3 Sólidos solúveis totais (STT) e açúcares solúveis totais (AST).....	42
4.4 Firmeza .....	46
4.5 Substâncias pécticas e solubilização.....	48
4.6 Pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG).....	51
4.7 Polifenoloxidase (PFO) e peroxidase (PER).....	54
4.8 Avaliação da cor.....	58
4.9 Análises sensoriais .....	63
4.9.1 Sabor.....	63
4.9.2 Aparência e cor.....	64
4.9.3 Aceitabilidade (%).....	65
4.10 Análises microbiológicas .....	66
4.11 Considerações finais.....	69
5 CONCLUSÕES .....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
ANEXOS.....	87

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>UFLA</b>	<b>Universidade Federal de Lavras</b>
<b>DCA</b>	<b>Departamento de Ciência dos Alimentos</b>
<b>CaCl<sub>2</sub></b>	<b>Cloreto de cálcio</b>
<b>ATT</b>	<b>Acidez total titulável</b>
<b>AST</b>	<b>Açúcares solúveis totais</b>
<b>SST</b>	<b>Sólidos solúveis totais</b>
<b>PT</b>	<b>Pectina total</b>
<b>PS</b>	<b>Pectina solúvel</b>
<b>PFO</b>	<b>Polifenoloxidase</b>
<b>PER</b>	<b>Peroxidase</b>
<b>PME</b>	<b>Pectinametilsterase</b>
<b>PG</b>	<b>Poligalacturonase</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Dióxido de carbono</b>
<b>O<sub>2</sub></b>	<b>Oxigênio</b>

## RESUMO

REIS, Camila Martins Fonseca. **Manutenção da qualidade de banana "Prata" minimamente processada.** 2002. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras.

Aumentou a procura por frutos e hortaliças minimamente processados uma vez que os consumidores têm se tornados mais conscientes na escolha de seus alimentos. Este trabalho objetivou avaliar o efeito da mistura química (cloreto de cálcio + ácido ascórbico + L-cisteína) e o uso de atmosfera modificada na qualidade e vida de prateleira de banana "Prata" minimamente processada. Logo, estudaram-se as características físicas, químicas, físico-químicas, bioquímicas, sensoriais e microbiológicas durante o armazenamento do fruto. A banana foi primeiramente sanificada (hipoclorito de sódio a 500ppm). Em seguida foi descascada e cortada em fatias, manualmente. Estas fatias receberam seus respectivos tratamentos: controle-atmosfera modificada passiva (água destilada); atmosfera modificada ativa (10kPa de CO<sub>2</sub> e 2kPa de O<sub>2</sub>); mistura 1 (1% de CaCl<sub>2</sub>, 1% de ác. ascórbico e 0,5% de L-cisteína); mistura 2 (1% de CaCl<sub>2</sub>, 1% de ác. ascórbico e 1% de L-cisteína) e mistura química 1 com adição de atmosfera modificada ativa (10kPa de CO<sub>2</sub> e 2kPa de O<sub>2</sub>). O experimento foi realizado no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras em delineamento inteiramente casualizado. Houve aumento nos valores de acidez total titulável, perda de massa, polifenoloxidase, pectina solúvel, % de solubilização e açúcares solúveis totais e oscilações nas variáveis sensoriais ao longo do período de armazenamento. Um aumento nos teores de sólidos solúveis totais foi observado ao longo do período de armazenamento, sendo que a mistura química 2 foi mais efetiva na prevenção. Interações significativas entre Tratamento/Tempo para pH, firmeza, peroxidase, pectinametilsterase, poligalacturonase e cor (L\*, a\*, b\*), foram notadas. A mistura química 2 foi o tratamento mais efetivo em prevenir mudanças indesejáveis como escurecimento e amaciamento. Pelas análises microbiológicas, pôde-se considerar que não houve presença de coliformes totais e fecais e valores baixos de fungos filamentosos, leveduras e microrganismos aeróbios mesófilos. Com a análise sensorial, as fatias de banana tratadas com misturas químicas permaneceram com boas características para o consumo por até 3 dias de armazenamento a 8°C e o uso de atmosfera modificada não obteve benefícios na vida de prateleira de banana minimamente processada.

---

\*Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (orientador), Mônica E. Torres Prado - UFLA, Roberta H. P. do Valle - UFLA, Augusto Ramalho Moraes - UFLA, Paulo Roberto Clemente - UFLA.

## ABSTRACT

REIS, Camila Martins Fonseca. **Quality maintenance of fresh-cut "Prata" Banana.** 2002. 92p. Dissertation (Master in Food Science) - Universidade Federal de Lavras.

The demand for fresh-cut fruits has increased once the consumers have become more health-conscious, although have less time to prepare healthy meals. The objective of this work was to evaluate the effect of a chemical dip (calcium chloride, ascorbic acid and L-cysteine) and the modified atmosphere on the quality and shelf-life of fresh-cut 'Prata' banana. The physical, chemical, physical-chemical, biochemistry e sensory and microbiological characteristics were studied over the storage period. The bananas were treated for immersion with sodium hypochlorite 500 ppm, hand-peeled and cut in slices. The slices were submitted to the followings treatments: control (distilled water); modified atmosphere (10kPa CO<sub>2</sub> + 2kPa de O<sub>2</sub>); dip 1 (CaCl<sub>2</sub> 1% + ascorbic acid 1% + L-cysteine 0.5%); dip 2 (CaCl<sub>2</sub> 1% + ascorbic acid 1% + L-cysteine 1%); dip 1 + modified atmosphere (10kPa CO<sub>2</sub> + 2kPa de O<sub>2</sub>). The experiment was carried out in a completely randomly design at Food Science Department of Federal University of Lavras, MG, Brazil. An increasing in titratable acidity, mass loss, polyphenol oxidase activity, soluble pectin, pectic solubilization percentage, total soluble sugars and oscillations in sensory variables were observed during the storage period. An increasing in total soluble solids was observed over the storage period, whereas the dip 2 was effective in prevent it. An interaction between treatment x time was noted to pH, firmness, activities of peroxidase, pectinmethylesterase and polygalacturonase and L\*, a\* and b\* values. The dip 2 was the most effective treatment in preventing undesirable changes related to those variables, such as browning and softening. The microbiological analysis did not detect fecal and total coliforms, although have detected low levels of mesophilos, fungus and yeast. In accord to sensory analysis, banana slices treated with chemical dip kept able for consuming for 3 days, and the active modified atmosphere did not show helpful effects on the quality and shelf-life of fresh-cut banana stored at 8°C.

---

\*Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFPA (adviser),  
Mônica E. Torres Prado - UFPA, Roberta H. P. do Valle - UFPA, Augusto  
Ramalho Moraes - UFPA, Paulo Roberto Clemente - UFPA.

# 1 INTRODUÇÃO

A banana é a fruta de maior consumo no mundo, graças à suas características sensoriais e nutricionais. Trata-se de um alimento particularmente importante para as populações menos desenvolvidas dos países tropicais e subtropicais.

De acordo com Almeida et al. (2001), o Brasil é o terceiro produtor mundial de bananas (cerca de 6,8 milhões de toneladas anuais), sendo superado pela Índia e pelo Equador. Embora seja grande produtor mundial do fruto, sua participação no mercado internacional ainda é baixa, menos de 1% do que consegue produzir. Isso ocorre devido ao fato de sua baixa qualidade não satisfazer às exigências dos países importadores.

O mercado internacional é dominado pelas cultivares do subgrupo Cavendish (“Nanica”, “Nanicão”, “Gros Michel”, etc). Contudo, as características da cultivar “Prata”, evidenciadas pelo excelente sabor, ótima composição química, melhor capacidade de produção em condições edafoclimáticas menos favoráveis, e pela possibilidade de melhoramento genético, acredita-se que tal cultivar possa concorrer no mercado internacional. Dessa forma, o Brasil obteria vantagem em relação aos outros países exportadores, já que a cultivar “Prata” é predominante em nosso país.

O produto minimamente processado apresenta características, em geral, mais próximas da forma *in natura*, comparado com os que são processados de forma convencional. Esses produtos são submetidos a operações de limpeza, lavagem, sanificação, seleção, descascamento, corte, embalagem e armazenamento, podendo ou não sofrer tratamentos químicos, prolongando assim sua vida de prateleira.

A demanda por *fresh-cut* está em alta pelo fato desses produtos apresentarem características benéficas para o consumidor, já que reduz o tempo de preparo das refeições, facilita o acesso a produtos vegetais e requer menos espaço para o seu armazenamento e transporte.

O mercado de saladas de frutas prontas é promissor, embora um de seus principais ingredientes, a banana, seja um agente limitante na sua vida de prateleira, pois este fruto sofre rapidamente alto escurecimento enzimático.

A aplicação de tratamentos químicos no fruto, como ácido ascórbico, cloreto de cálcio e L-cisteína, e o uso de atmosferas modificadas no interior das embalagens, têm sido sugeridos como formas de prolongar a vida de prateleira dos *fresh-cut*, retardando o escurecimento e senescência dos frutos.

Este trabalho tem como objetivo verificar o efeito da mistura química (CaCl<sub>2</sub>, ácido ascórbico e L-cisteína) e/com o uso de atmosfera modificada sobre a qualidade e vida de prateleira de banana “Prata” minimamente processada.

### **Hipótese:**

A ação da mistura química e/com o uso de atmosfera modificada, estende a vida de prateleira de bananas minimamente processadas, sem alterar seus atributos de qualidade.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Origem e características do fruto

A bananeira é nativa do Sudeste da Ásia, embora seja encontrada em praticamente todas as regiões tropicais, o que a torna uma das mais importantes culturas do mundo (Valmayor et al. 1990).

Trazida para o Ocidente pelos comerciantes árabes, que a batizaram de *banan* (que quer dizer dedo), ela era usada como principal alimento durante as viagens marítimas desse povo. Das costas do Atlântico, das Ilhas Canárias e das matas da Índia e da Indochina, onde começou a ser cultivada, a banana chegou até o Brasil com os portugueses e espanhóis. Sendo uma fruta adaptável a climas que vão do tropical úmido ao subtropical seco, não foi difícil a sua difusão na Ásia e nas Américas (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1988-1993).

A bananeira, monocotiledônea pertencente à ordem Scitamineae, família Musaceae, subfamília Musoideae, gênero *Musa*, abrange entre 24 e 30 espécies, das quais originam-se todas as cultivares produtoras de frutos partenocárpicos, comestíveis. Das espécies deste gênero, a mais importante é, sem dúvida, a *Musa acuminata Colla*, visto ter sido ela o ponto de partida de todas as bananeiras de frutos comestíveis, quer sozinha, quer com a participação de outra espécie, a *Musa balbisiana Colla*, originando híbridos das duas espécies (Medina, 1990).

A bananeira “Prata” é uma cultivar triploide do grupo AAB, classificada como *Musa sapientum* (Medina, 1990). Caracteriza-se pelo seu alto porte e baixo peso do cacho (6 – 15kg), sendo a sua exploração voltada quase que exclusivamente para o consumo *in natura* (Gomes, 1980).

A bananeira, por ser uma frutífera de clima tropical, apresenta um maior desenvolvimento em condições de temperatura média anual elevada (igual ou superior a 22°C), precipitações pluviométricas anuais acima de 1200 mm e bem distribuídas. Apresenta um ciclo mais curto durante o período quente e úmido e mais longo no período frio e seco. Sendo assim, os cachos desenvolvem-se mais rapidamente nos meses quentes (Manica, 1997)

O crescimento do fruto é marcado por um período de rápida divisão e alongamento celular. A maturação é caracterizada por mudanças físicas e químicas que afetam a qualidade sensorial do fruto. A maturação sobrepõe-se à parte do estágio de crescimento e culmina com o amadurecimento do fruto, período no qual se torna apto para o consumo, em virtude de alterações desejáveis na aparência, no sabor, no aroma e na textura. O amadurecimento também é marcado por um aumento da taxa respiratória e da produção de etileno (climatérico), seguido por um declínio, que sinaliza o início da senescência (Musnaque et al., 1990).

A banana, assim como outros frutos, sustenta o seu desenvolvimento com a energia gerada pela respiração. Na fase de pré-colheita, o desenvolvimento é garantido pela atividade fotossintética da planta-mãe. Entretanto, mesmo após a colheita, o fruto mantém seu estado energizado, continuando a respirar. Nessa fase, porém, o fruto sobrevive das próprias reservas. Assim, sua vida de prateleira depende diretamente da sua atividade respiratória: quanto maior a atividade respiratória, menor a vida pós-colheita (Vilas Boas et al., 2001).

A banana, como um fruto climatérico, apresenta uma ascensão respiratória e de etileno que marca o início do amadurecimento. O etileno é um hormônio vegetal volátil, que desempenha um papel crucial no estímulo ao amadurecimento dos frutos climatéricos. A emissão de etileno representa um gatilho que dispara rapidamente as modificações que resultam na transformação

da banana em um fruto apto para o consumo. Tais transformações envolvem mudanças na aparência, no sabor, no aroma e na textura (Vilas Boas et al., 2001).

O fruto, principalmente da cultivar “Prata”, adaptou-se muito bem ao clima das regiões brasileiras. Os frutos apresentam angulosidade definida, que reduz à medida que ocorre o enchimento do fruto. Entretanto, essa característica não desaparece por completo. O sabor ligeiramente ácido e a polpa de textura consistente conferem aos frutos dessa cultivar, uma grande aceitação por parte dos consumidores, principalmente no mercado nacional (Rodrigues, 2001).

## **2.2 Transformações na banana com a maturação**

Durante o amadurecimento, o fruto está sujeito a diversas modificações químicas, físicas e bioquímicas, bem como ao ataque de microrganismos. Esta série de transformações tem sido amplamente estudada, na tentativa de melhor conhecimento deste fruto desde a colheita até seu completo amadurecimento (Loesecke, 1950; Palmer, 1971; Simmonds, 1973).

Segundo Chitarra & Chitarra (1984), após a colheita as bananas sofrem modificações químicas, tendo em vista a continuidade dos processos metabólicos, sendo a hidrólise do amido a mudança que caracteriza o advento do climatério. Além da hidrólise do amido, o amadurecimento está relacionado com outras modificações complexas, entre as quais: aumento da taxa respiratória; aumento na produção de etileno, aumento na concentração de açúcares, solubilização de substâncias pécnicas, degradação dos pigmentos, aumento nas concentrações de ácidos orgânicos, produção de voláteis, variações nos teores de enzimas, vitaminas, minerais e mudanças na permeabilidade dos tecidos.

### 2.2.1 pH e acidez total titulável (ATT)

Juntamente com os açúcares, os ácidos orgânicos são utilizados como substratos para fornecimento de carbono e para a produção de energia nas diferentes fases do ciclo vital dos produtos vegetais. Eles encontram-se em concentrações relativamente elevadas em alguns tecidos (Vilas Boas, 1999).

Os ácidos orgânicos correspondem a compostos de 1 a 3 grupos carboxílicos (COOH) responsáveis pelas propriedades ácidas e que liberam  $H^+$ . Dessa forma, podem ser encontrados na forma livre ou combinando-se como sais, ésteres, glicosídeos ou outros compostos. São sintetizados através de oxidações, descarboxilações ou carboxilações de outros ácidos orgânicos ou açúcares (Vilas Boas, 1999).

A banana caracteriza-se por apresentar uma baixa acidez, quando verde e que aumenta com a maturação até atingir um máximo, quando a casca está totalmente amarela, para depois decrescer. De modo geral, a acidez cresce paralelamente à velocidade da hidrólise do amido. O aumento da acidez deve estar ligado ao mecanismo do processo de respiração da banana (Bleinroth, 1995).

Considera-se que em banana verde, o ácido oxálico predomina sobre os ácidos málico e cítrico. Porém, este ácido diminui com a maturação, dando lugar ao ácido málico como o mais importante. Inúmeros outros ácidos orgânicos são encontrados na banana mas, em proporções muito reduzidas, portanto de pouco significado, como tartárico, citromálico, succínico, piroglutânico, glicérico e glicólico (Bleinroth, 1995).

De acordo com Palmer (1971), o pH da polpa apresenta o comportamento inverso da acidez total titulável, afirmação confirmada com os resultados obtidos por Sgarbieri et al. (1965/66), que encontraram, para banana 'Prata' verde e madura, 5,15 e 4,50 de pH, respectivamente, valores confirmados por Carvalho (1984).

### 2.2.2 Sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST)

Os sólidos solúveis totais (SST) aumentam em decorrência da hidrólise do amido em glicose e da hidrólise da protopectina em pectina solúvel. A variação no teor de SST em bananas é da ordem de 0,92% no fruto verde para 22,3% no fruto maduro, (Sgarbieri & Figueiredo, 1971). Pinto (1978), Carvalho (1984) e Chitarra & Chitarra (1984) também encontraram valores semelhantes.

Os sólidos solúveis totais são tidos como indicadores do grau de maturidade. São constituídos por compostos solúveis em água, que representam substâncias, tais como açúcares, ácidos, vitaminas C, aminoácidos e algumas pectinas (Silva, 1997).

Um importante atributo associado à qualidade dos frutos é o sabor. O conteúdo e a composição de açúcares têm papel fundamental no sabor, sendo também indicadores do estágio de maturação dos mesmos (Carvalho, 2000).

Entre as reações químicas que ocorrem durante a maturação, uma das mais proeminentes é a modificação dos carboidratos. Estes abrangem um dos maiores grupos de compostos orgânicos que desempenham importantes características na estrutura, sabor e valor nutricional dos frutos. Considerado como o mais importante substrato do metabolismo energético de plantas, os carboidratos sofrem mudanças qualitativas e quantitativas durante o desenvolvimento, em decorrência da atividade enzimática, as quais podem também ser afetadas pelas condições de armazenamento (Huddar et al., 1988).

O amadurecimento, em geral, conduz a uma maior doçura, devido ao aumento nos teores de açúcares simples decorrentes de processos biossintéticos ou degradativos dos polissacarídeos presentes nos frutos (Gonçalves, 1998).

A casca verde contém 3% de amido, que também se hidrolisa durante a maturação. Os principais açúcares na polpa da banana são sacarose, glicose e frutose. Também têm sido encontrados traços de maltose e  $\beta$ -frutossacarose (Forsyth, 1980). A sacarose constitui aproximadamente 70% dos açúcares totais

e encontra-se em torno de 50% em frutos sobremaduros (Ketiku, 1973; Marriott, et al., 1981).

O estudo realizado por Rossignoli (1983) mostrou valores médios de 22,84% e 2,38% de amido e de 2,82% e 15,89% de açúcares totais nos estádios verde e maduro, respectivamente. Outro estudo, realizado por Carvalho (1984), demonstrou uma redução no teor de amido de 19,2% a 21,9% no fruto verde para 2,1% a 3,0% na polpa madura. Houve um aumento de 0,95% a 1,30% dos açúcares totais na polpa dos frutos verdes para 18,23% a 19,03% nos maduros.

Sgarbieri et al. (1965/66) observaram que bananas 'Prata' sobremaduras apresentaram teores de açúcares ligeiramente menores do que os frutos maduros.

### 2.2.3 Textura e substâncias pécticas

A diminuição da firmeza pode ser decorrente da perda excessiva de água por transpiração, que ocorre no armazenamento em atmosfera com baixa umidade relativa. A perda de água afeta adversamente não somente o peso, mas também a aparência, o *flavor* e a textura dos produtos vegetais. O conteúdo de água intracelular afeta a textura dos frutos ao determinar a pressão de turgor das células. Dessa forma, a diminuição na turgidez pode conduzir à separação celular. Para a maioria dos vegetais, o amaciamento torna-se aparente e o produto é considerado impróprio quando a perda de umidade atinge entre 4% e 8% (Carvalho, 1999). A perda da firmeza, no entanto, é mais freqüentemente atribuída à decomposição enzimática da lamela média e da parede celular (Awad, 1993; Fischer et al., 1994).

As células dos tecidos vegetais estão circundadas por paredes celulares, as quais são fisicamente rígidas, fornecendo suporte mecânico aos diferentes tecidos. Nas plantas superiores, a parede celular está composta por três camadas denominadas lamela média, parede primária e parede secundária. A composição

química e estrutura física da parede celular variam amplamente entre as espécies, cultivares e até entre as células adjacentes (Fernandez, 2000).

Os componentes mais importantes da parede celular são os polissacarídeos celulose, hemicelulose e as substâncias pécticas, embora proteínas, lignina, água, cutina e suberina, assim como compostos inorgânicos, possam também estar presentes (Goodwin & Mercer, 1982).

As substâncias pécticas atuam como materiais cimentantes localizados na lamela média. Derivam dos ácidos poligalacturônicos e ocorrem nas formas de protopectina, ácido pectínico e ácido péctico (Salunkhe et al., 1991). Os compostos pécticos mais abundantes são os ácidos poligalacturônicos, formados principalmente por cadeias não ramificadas de resíduos de ácido com ligação  $\alpha$  1 - 4 - D - galacturônico, metil esterificados.

De acordo com Cheftel & Cheftel (1992), o correto seria denominar pectina somente as cadeias poligalacturônicas 100% metiladas e denominarem ácidos pectínicos as cadeias poligalacturônicas com grau de metilação inferior a 100%. O termo ácido péctico designa os ácidos poligalacturônicos isentos de metoxila (-OCH<sub>3</sub>). Na prática, emprega-se o termo pectina tanto para os ácidos pectínicos como para as pectinas propriamente ditas.

De acordo com Kojima et al. (1994), o processo de amaciamento da polpa da banana está intimamente relacionado com a degradação de polissacarídeos pécticos e hemiceluloses, bem como do amido. Existem evidências de que o amaciamento do fruto durante o amadurecimento é acompanhado pelo aumento na solubilização de substâncias pécticas na parede celular e lamela média e que um incremento no teor de pectina solúvel em água é observado com o decorrer do amaciamento. Um decréscimo na protopectina e pectina total é observado durante o amadurecimento, paralelamente ao aumento das pectinas solúveis na polpa da banana (Vilas Boas, 1995).

Visto que polissacarídeos pécticos e mesmo hemicelulósicos são compostos de polímeros complexos, precisas determinações dos componentes da parede celular são necessárias na elucidação dos eventos bioquímicos do amadurecimento da banana. Durante o amadurecimento de banana, o teor de ácidos urônicos totais extraídos da parede celular da polpa decresceu gradativamente até tornar-se totalmente solúvel. Resultados similares foram obtidos por Wade et al. (1992) sendo que a maioria dos ácidos urônicos de baixo peso molecular foi tida como monômeros de ácidos galacturônico. Tais observações correlacionaram-se com o amaciamento da polpa e são consistentes com a ação da exopoligalacturonase sobre os poliuronídeos da parede celular.

#### **2.2.4 Poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase(PME)**

Um grande número de enzimas tem participação na degradação biológica das substâncias pécticas, embora algumas não sejam bem estudadas. Dentre elas, as mais importantes e objetos de maiores estudos são as pectinametilesterases (PME) e as poligalacturonases (PG) (Fonseca et al., 1974).

A poligalacturonase (PG), que é encontrada na maioria dos frutos, catalisa a hidrólise das ligações  $\alpha$ -1,4 do ácido poligalacturônico. Esta enzima é classificada em dois grupos, com base na sua ação sobre o substrato: a endo-PG com típico rompimento aleatório das ligações glicosídicas e a exo-PG com rompimento terminal (Konno et al., 1983).

A enzima pectinametilesterase (PME) é conhecida por desesterificar compostos pécticos constituintes da PC das plantas. A hidrólise de grupos metil éster, catalisada por esta enzima, produz uma pectina com um menor grau de metilação, a qual sofre clivagem pela PG. Assim, o efeito sinérgico dessas duas enzimas tem um importante papel no processo de amolecimento do fruto durante o estágio de amadurecimento. A PME é uma enzima de relevância

fisiológica para o metabolismo das plantas, uma vez que ela está envolvida com a maturação dos frutos (Giovane et al., 1990).

A ação da PME parece ser um pré-requisito para a formação de pontes de  $\text{Ca}^{2+}$  entre moléculas de galacturonanas. A desesterificação da pectina origina blocos de ácido galacturônico não esterificados, extremamente sensíveis aos íons cálcio, que podem se ligar cruzadamente, melhorando a resistência do tecido à separação celular. Por outro lado, a desmetilação resulta em um maior número de grupos carboxílicos, o que pode facilitar a ação da poligalacturonase, que degrada substâncias pécticas, preferencialmente desesterificadas (Fry, 1986).

De acordo com Brady (1976), a atividade da PME permanece constante durante o amadurecimento de bananas. Já Smith et al. (1990) detectaram uma queda na atividade da PME na polpa das cultivares Mundo, Sabanga Puti e Umalag, tendo a casca da cultivar Saba apresentado dois picos, com uma ascensão inicial, uma queda e, finalmente, uma nova e definitiva ascensão durante o amadurecimento dos frutos.

Em face da elevação dos níveis de pectina solúvel durante o amadurecimento de banana, sugere-se o envolvimento de PG, bem como da PME, nos processos degradativos da pectina (Lizada et al., 1990).

### **2.2.5 Peroxidase (PER) e polifenoloxidase (PFO)**

Existem numerosas enzimas oxidativas que promovem alterações nos alimentos. Nos vegetais, a peroxidase, ácido ascórbico oxidase, tirosinase e polifenoloxidase podem causar reações químicas não desejáveis. O escurecimento dos tecidos de frutos se dá principalmente pela oxidação enzimática dos compostos fenólicos, reação esta catalisada por duas enzimas: a polifenoloxidase e a peroxidase (Braverman, 1967; Teisson, 1979).

A acumulação dos produtos das reações das peroxidases pode ocorrer durante a senescência dos frutos. A formação desses produtos, desde seu início

até o fim, produz radicais livres que, provavelmente, causam danos nas organelas e membranas. Esses radicais também podem reagir com outros compostos que removem o hidrogênio, além de uma variedade de reações adicionais (Hemeda & Klein, 1990).

O estudo da peroxidase é de grande importância, pois ela pode interferir na qualidade dos produtos, tanto para indústria como para consumo *in natura*. Ela pode até mesmo influenciar na deterioração de alimentos quando armazenados à temperatura de congelamento, por desenvolver sabores e odores indesejáveis nos produtos (Lee & Hammes, 1979).

A peroxidase também está associada ao mecanismo de autoproteção da planta por meio da formação de lignina. Essa enzima protege os tecidos contra os efeitos do  $H_2O_2$  formado durante o metabolismo celular. No entanto, a atividade da enzima pode levar à destruição da vitamina C e à descoloração de carotenóides e antocianinas, além de catalisar a degradação não enzimática de ácidos graxos insaturados, com a conseqüente formação de compostos voláteis. Por esse motivo, está relacionada ao aparecimento de *flavor* estranho durante o armazenamento dos produtos (Gonçalves, 1998).

Quando, no fruto, ocorre o rompimento da membrana celular, liberam-se as enzimas que entram em contato com os substratos fenólicos. Assim, ocorre uma oxidação descontrolada dos mesmos com utilização do oxigênio molecular. A função mais importante da polifenoloxidase é a capacidade de oxidar inicialmente monofenóis para o-difenois, com posterior oxidação de o-difenois para o-quinonas, formando pigmentos escuros que vão depreciar o produto (Scoot & Wills, 1975; Wheatley, 1982; Paull & Rohrbach, 1985). As orto-quinonas formadas podem interagir com grupos amina e tiol, reduzindo a disponibilidade de lisina, metionina, tiamina e outros nutrientes essenciais. Os substratos mais comuns em tecidos vegetais são a tirosina e o ácido clorogênico (Reed, 1975; Araújo, 1995).

A polifenoloxidase é encontrada praticamente em todos os tecidos vegetais; concentrações especialmente altas são apresentadas por cogumelos, batatas, pêssegos, maçãs, bananas, mangas, folhas de chá, abacates e cafés. Estima-se que 50% das perdas de frutas tropicais no mundo devem-se à sua ação, resultando na formação de pigmentos escuros, proporcionando mudanças indesejáveis na aparência e nas características organolépticas dos produtos (Fenema, 1993).

A banana apresenta alta capacidade de se escurecer rapidamente quando em contato com o ar. Uma das enzimas responsáveis por esse escurecimento é a polifenoloxidase (PFO), que está presente nas células da polpa deste fruto. A partir do rompimento da célula e na presença do oxigênio, a PFO utiliza como substrato as quinonas, que são transformadas em substâncias escuras, melaninas, acarretando redução da qualidade sensorial por meio de alterações na coloração da fruta. Esse é um dos principais problemas na industrialização de produtos derivados de banana.

A suscetibilidade ao escurecimento ou a tendência ao escurecimento enzimático em frutas e hortaliças tem sido relacionada diretamente ao teor de polifenoloxidase presente, à concentração de compostos fenólicos endógenos no tecido ou a uma combinação específica destes fatores (Esckin et al., 1971).

A polifenoloxidase ocorre em formas múltiplas. Essas formas, denominadas isoenzimas, apresentam diferenças em suas propriedades físicas, químicas e cinéticas como, por exemplo, mobilidade eletroforética, especificidade pelo substrato, pH ótimo, temperatura ótima e efeito inibidor de diversos agentes. O pH para a atividade ótima da polifenoloxidase varia com a fonte (espécie e variedade), grau de maturação, substrato doador, composição de isoenzimas, pureza da enzima e solução tampão utilizada. Na maioria dos casos, este valor situa-se entre 4 e 7. Quanto à temperatura ótima de atividade da enzima, esta tem sido bem menos investigada (Fenema, 1993).

Existem muitos inibidores da atividade da polifenoloxidase, os quais são caracterizados por propriedades antioxidantes, destacando-se, entre eles, o ácido ascórbico, cisteína, glutatona e o 2-mercaptobenzotiazol, que é o inibidor mais efetivo da polifenoloxidase em banana (Wheatley, 1982). Para o abacaxi, de acordo com Das, Bhat & Gowda (1997), o ácido ascórbico é o inibidor mais efetivo da polifenoloxidase, seguido da cisteína e do metabissulfito de potássio.

### **2.3 Processamento mínimo**

Uma mudança de comportamento do consumidor, no que se refere principalmente aos padrões de consumo de frutas e hortaliças, vem acontecendo durante a última década.

A demanda por frutos e hortaliças frescos, associada à conveniência da vida atual, está incentivando o interesse por produtos minimamente processados. Processo mínimo é descrito como o manuseio, a preparação, o empacotamento e a distribuição de artigos em estado semelhante ao produto fresco (Bourne, 1977). Sendo assim, produtos minimamente processados são aqueles que apresentam qualidade semelhante ao produto fresco, mas que sofrem alguma alteração da sua condição natural. Essas alterações podem incluir processos térmicos, embalagens, refrigeração, atmosfera modificada e controlada, técnicas como altas temperaturas por períodos curtos, adição de aditivos químicos, irradiação, etc (Shewfelt, 1987).

A vida pós-corte do produto minimamente processado é afetada por fatores de pré-processamento (variedade do fruto, fatores pré-colheita, colheita, ponto de maturação), por fatores do processamento (pré-resfriamento, corte, limpeza, desinfecção, descascamento, manuseio, banhos, secagem, embalagem) e condições de distribuição (temperatura, umidade relativa e atmosfera) (Cantwell, 2000).

Os produtos minimamente processados são comercializados em porções de varejo ou no mercado institucional (restaurantes, hotéis, lojas de *fast foods*, supermercados, etc.). Normalmente, são produtos crus, muito perecíveis e suas células estão metabolicamente ativas, implicando que processos biológicos, tais como respiração, amadurecimento e senescência, continuem se processando. A taxa de respiração indica quão rapidamente, sendo que mudanças do *flavor*, textura e aparência, que ocorrem durante a senescência, e podem ser induzidas ou acentuadas por processo mínimo (O'Connor-Shaw et al., 1994). A fisiologia de produtos minimamente processados é essencialmente a fisiologia de tecidos danificados, uma vez que esta difere do processo tradicional em que o tecido permanece viável (Brecht, 1995). Assim, o comportamento dos tecidos desses produtos é geralmente típico de tecidos de plantas que foram danificadas ou expostas a condições de estresse. Este comportamento inclui respiração aumentada e produção de etileno e, em alguns casos, indução do processo de cicatrização (Abe & Wataba, 1991). Outras conseqüências do dano pelo processamento são ainda citadas, como as de natureza química e física, o escurecimento oxidativo e a oxidação de lipídios, ou o aumento da perda de água, além do aparecimento de RNA e de novas espécies de proteínas no tecido ferido, evidenciando o controle da resposta genômica (O'Connor-Shaw et al., 1994; Brecht, 1995).

O controle das conseqüências fisiológicas indesejáveis do processamento mínimo é, talvez, o mais novo desafio interdisciplinar da fisiologia pós-colheita de hortaliças. Vários métodos têm sido utilizados na preservação da qualidade do produto e no incremento da vida de prateleira. A tecnologia de processamento mínimo prolonga a vida de prateleira do produto, mantendo as características organolépticas de um produto fresco. Caso contrário, a vida de prateleira é reduzida consideravelmente, com o aparecimento de colorações, sabores e odores desagradáveis. Além disso, esta tecnologia deve ser aplicada

sob um controle rigoroso da temperatura, já que um incremento da mesma acelera os mecanismos fisiológicos e microbiológicos responsáveis pela deterioração.

O processamento mínimo surge também como uma das principais tecnologias disponíveis e em desenvolvimento para amenizar o problema de perdas pós-colheita de frutos e hortaliças, que chegam a valores de 20% a 50% do que é produzido no país.

O processo mínimo é também conhecido como produtos levemente processados, parcialmente processados frescos, cortados frescos ou pré-preparados (Chitarra, 1998). As operações envolvidas na produção de vegetais minimamente processados incluem: (1) pré-seleção e lavagem, para remoção de terra, insetos, produtos agroquímicos e matérias estranhas; (2) aplicação de um agente antimicrobiano (fungicida, cloro, sanitizante, ar ou água quente, etc.); (3) remoção de partes injuriadas; (4) remoção de partes não comestíveis (casca); (5) corte; (6) remoção da água de lavagem (centrifugação); (7) incorporação de aditivos para ajuste de pH (ácido ascórbico/cítrico) para o controle microbiológico (benzoato de sódio e sorbato de potássio), controle de oxidação (ácido ascórbico, bissulfito, ácido eritrórbico e cisteína) e para modificação na textura (cálcio) (O'Connor-Shaw et al., 1994). Entretanto, efeitos do fatiamento podem ser verificados e alteram a qualidade desses produtos. A qualidade sensorial difere entre os frutos climatéricos e os não-climatéricos e com a idade fisiológica dos frutos climatéricos (Mossel & Garcia, 1983).

A embalagem é necessária para limitar danos mecânicos ao produto durante o transporte e a distribuição, como também para evitar contaminação e alteração por mofo, leveduras e bactérias (Silva Júnior et al., 1994). A especificação de sistemas de embalagem com atmosfera modificada para frutas e hortaliças frescas ou minimamente processadas é muito complexa, uma vez que, diferente de outros produtos, elas continuam respirando após a colheita e durante

a comercialização. O controle dos processos fisiológicos é a chave para a conservação de vegetais frescos pode ser realizado pela embalagem (Sarantópoulos, 1997).

### **2.3.1 Alterações no produto minimamente processado (PMP)**

A matéria-prima, quando colhida, normalmente tem uma camada protetora, como pele, casca ou outro tipo de superfície que a protege de danos. No processamento mínimo, esta camada dos frutos é retirada, expondo então as células da polpa, que possuem um grande conteúdo de água e ácidos orgânicos, entre outras substâncias (King & Bolin, 1989). Já que o produto ainda está metabolicamente ativo, o processamento mínimo aumenta sua perecibilidade ao causar o rompimento celular e acelerar o metabolismo da senescência (Baldwin et al., 1995).

As células vegetais, para sua manutenção, estão constantemente fazendo trocas celulares, absorvendo nutrientes e eliminando substâncias indesejáveis. No caso de outros processamentos de alimentos, estas reações de tecido vivo são eliminadas pelo processo (calor, congelamento, secagem) que mata a célula vegetal. Mas, no processamento mínimo é fundamental a manutenção destas reações, para que o tecido permaneça vivo e não perca as características de frescor (King & Bolin, 1989).

Muitos fatores podem afetar a intensidade da resposta ao ferimento em tecidos minimamente processados. Alguns deles são a espécie e variedade do vegetal, o estágio de maturidade fisiológica, a extensão do ferimento, a temperatura, as concentrações de  $O_2$  e  $CO_2$ , a pressão de vapor de água e tratamentos químicos preservativos como o cloreto de cálcio e antioxidantes (Brecht, 1995).

As oxidações ocorrem nas superfícies cortadas como resultado do rompimento das células, permitindo que substratos e enzimas oxidantes entrem

em contato. O escurecimento oxidativo é um dos fatores mais limitantes no armazenamento da maioria dos frutos e hortaliças minimamente processados (Brecht, 1995).

Vários componentes secundários também são formados com a ruptura dos tecidos e estão relacionados com a cicatrização do ferimento ou com a defesa aos ataques de microrganismos. Eles são específicos e dependem da espécie do produto e do tecido envolvido. Em alguns casos, estes compostos podem afetar o aroma, sabor, aparência, valor nutritivo ou segurança do minimamente processado (Brecht, 1995).

#### **2.3.1.1 Alterações texturais**

Com o avanço da senescência, acelerado pelo etileno estresse, observam-se mudanças associadas à qualidade. Uma destas mudanças ocorre na textura, onde a firmeza é desejada para o armazenamento e trânsito do produto, mas o amaciamento é essencial para a aceitação sensorial. O mecanismo pelo qual o amaciamento é regulado não é bem entendido. O amaciamento notado com o amadurecimento é um fenômeno que já está em andamento e é acelerado com as condições que estimulam o amadurecimento (Watada et al., 1990).

Enzimas, tais como a  $\beta$ -galactosidase e poligalacturonase, iniciam a maioria das mudanças texturais indesejáveis. Ambos solubilizam a pectina e degradam a parede celular. A integridade da membrana deve ser mantida e o início da senescência retardado para se manter a qualidade dos frutos minimamente processados (Rolle & Chism, 1987).

#### **2.3.1.2 Alterações no sabor**

Alterações indesejáveis na acidez e doçura de um produto minimamente processado (PMP) também podem ocorrer, em decorrência do metabolismo de carboidratos de reserva, açúcares e ácidos orgânicos,

estimulados por este processamento. Logo, cuidados adequados devem ser assumidos, para restringir o metabolismo e preservar as características frescas do produto (Cantwell, 1992).

### **2.3.1.3 Alterações nutricionais**

Existe, relativamente, pouca informação sobre o armazenamento específico e as técnicas do processamento que têm impacto no valor nutricional de frutos e hortaliças (Klein, 1987).

Cada produto seja fruto ou hortaliça, sofre um determinado grau de manuseio, armazenamento e processamento antes de ser consumido. Por acreditar que estas etapas prejudicam a qualidade nutricional do alimento é que produtos naturais como os minimamente processados estão tendo cada vez mais espaço no mercado (Klein, 1987).

A estabilidade das vitaminas em alimentos é afetada por vários fatores, incluindo temperatura, luz, oxigênio e pH. Cada nutriente difere consideravelmente em susceptibilidade a condições adversas. Por exemplo, a niacina é bem resistente à maioria das etapas adversas encontradas no processo, incluindo altas temperaturas. Já o ácido ascórbico é extremamente sensível. Por sua susceptibilidade é que pesquisadores sugerem que a perda de vitamina C seja um bom indicador do valor nutricional de frutos e hortaliças (Klein, 1987).

Para isso, são estudadas técnicas que o preservem, retardando as mudanças fisiológicas pelo uso, por exemplo, de refrigeração e controle da atividade metabólica, por meio de armazenamento em atmosfera controlada. Muitos pesquisadores acreditam que os nutrientes são menos susceptíveis à destruição quando comparados aos atributos sensoriais. Sendo assim, técnicas que preservem os atributos sensoriais de qualidade resultam em boa retenção de nutrientes (Klein, 1987).

#### 2.3.1.4 Alterações microbiológicas

O processamento mínimo favorece a contaminação de alimentos por microrganismos deterioradores e patogênicos, em razão do manuseio e do aumento das injúrias nos tecidos, que podem comprometer a qualidade e encurtar a vida útil do produto, por acelerar mudanças degradativas durante a senescência (Wiley, 1994). A manutenção da temperatura suficientemente baixa, durante todas as etapas pós-colheita, é difícil de ser alcançada e, portanto, precauções adicionais são necessárias para garantir a qualidade do produto e controlar o crescimento microbiano.

As etapas no processamento mínimo não asseguram a esterilidade ou estabilidade microbiológica do produto. Dessa forma, os microrganismos encontram condições para proliferar (Vanetti, 2000).

Os produtos minimamente processados são mais perecíveis que aqueles *in natura*. As frutas e hortaliças frescas são parcialmente protegidas da invasão microbiana por meio da casca e a sua remoção pode favorecer a disseminação de organismos deterioradores para o interior do produto (Shewfelt, 1986).

Para manter o estado *fresco*, a cor, aroma, sabor e textura do fruto *in natura* e controlar as reações do metabolismo e crescimento microbiano deve-se recorrer à combinação de técnicas que oferecem a maior extensão de vida útil ao produto minimamente processado.

A matéria-prima deve ser de excelente qualidade. Medidas preventivas precisam ser adotadas para minimizar a contaminação dos produtos em toda cadeia produtiva e a implantação de um sistema efetivo de controle, por meio do programa de Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (APPCC), é fundamental para o conhecimento e prevenção da contaminação e do crescimento microbiano em produtos minimamente processados (Vanetti, 2000).

O armazenamento de produtos minimamente processados em condições adequadas é um ponto fundamental para o sucesso dessa tecnologia.

Temperatura, umidade relativa e composição atmosférica no interior da embalagem são condições ambientais que podem ser manipuladas para diminuir a respiração do vegetal e minimizar o crescimento microbiano (Shewfelt, 1986).

### **2.3.2 Temperatura de armazenamento do PMP**

As reações metabólicas nos frutos e hortaliças são reduzidas de duas a três vezes para cada 10°C de redução na temperatura. O aumento na respiração e na taxa de produção de etileno, tanto quanto outras reações associadas com a ruptura dos tecidos, é minimizado quando o produto fresco é processado em baixas temperaturas. É fundamental que seja mantido o nível mais baixo e seguro da temperatura durante todo o manuseio. Baixas temperaturas durante o transporte, armazenamento e venda retardam o amadurecimento e outros processos metabólicos, reduzindo a deterioração (Brecht, 1995).

A determinação da temperatura ideal de armazenamento do produto deve ser monitorada e estudada para a segurança e qualidade (Brecht, 1995). Frutos e hortaliças são muito diversos fisiologicamente e respondem a baixas temperaturas de maneiras variadas. Em geral, produtos minimamente processados são armazenados de 0° à 5°C para manter sua qualidade, segurança e vida útil (Cantwell, 2000).

Segundo Vilas Boas & Kader (2001), tanto o escurecimento como o amaciamento podem ser diminuídos com a manutenção de baixas temperaturas na preparação e subseqüentes etapas no produto minimamente processado.

### **2.3.3 Tratamentos químicos em produtos minimamente processados**

#### **2.3.3.1 Efeito do cloreto de cálcio**

Os efeitos do cálcio nos frutos têm recebido especial atenção, visto que as aplicações desse cátion produzem efeitos positivos, tanto no retardo da maturação e da senescência, mediante a diminuição da respiração e da produção



de etileno no complexo membrana-parede celular, como também no controle dos distúrbios fisiológicos e na conservação dos frutos (Awad, 1993). Além disso, trata-se de um produto natural, barato, comestível e aprovado pela FDA (Food and Drug Administration) para uso pós-colheita (Conway et al., 1995).

O cálcio ocorre nos tecidos vegetais na forma livre ou ligado a grupos carboxílicos, fenólicos ou fosforilados. Na parede celular está associado com os grupos carboxílicos livres das pectinas e satura a maioria dos seus sítios (Menguel & Kirkby, 1982). O citoplasma celular contém um grande número de compostos solúveis não membranosos, os quais são capazes de se ligar ao cálcio, tais como, proteínas, adenina, nucleotídeos, fosfatos inorgânicos, oxalatos e citratos (Hepler & Wayne, 1985).

A maior parte do cálcio dos tecidos se encontra imobilizada no apoplasto (parede celular e espaços intercelulares), bem como nos vacúolos, em associação com as membranas e certas organelas citoplasmáticas, como as mitocôndrias e o retículo endoplasmático, onde é seqüestrado como sais de fosfato e de vários ácidos orgânicos (Poovaiah, 1985).

A importância do cálcio como regulador do amadurecimento de frutos e hortaliças tem sido estudada há algum tempo. O cálcio é um macronutriente crítico para o crescimento e desenvolvimento normal das plantas (Poovaiah, 1985). No tecido vegetal, o pectato de cálcio na lamela média atua como um agente cimentante que aumenta a adesão celular. Pelo fato de atuar como estabilizante nestas áreas, o cálcio ajuda a proteger os tecidos do fruto do mecanismo de amaciamento durante o amadurecimento. Efeitos benéficos do cálcio na formação da lamela média e adesões das paredes celulares foram também verificados (Chung & Youn, 1995).

O efeito do cálcio nos frutos é extenso, visto que suas mudanças fisiológicas, após a colheita, são contínuas. O cálcio é a parte crítica da estrutura na parede celular, onde adiciona rigidez pela formação de ligações cruzadas na

matriz polissacarídica péctica. Sams et al., (1993) e Conway et al., (1995) observaram que a formação de ligações cruzadas de cálcio entre ácidos urônicos torna a parede celular menos acessível a enzimas que ocasionam o amaciamento, com a manutenção da firmeza e o aumento da resistência à invasão por certos microrganismos.

As desordens fisiológicas e patológicas em frutos e vegetais armazenados estão relacionadas com a quantidade de cálcio depositada nos mesmos. A cultivar, a maturidade e a permeabilidade da casca afetam a absorção de cálcio pelo tecido dos frutos, tanto antes quanto após a colheita. Embora o cálcio aplicado pós-colheita provavelmente penetre nos frutos pelas lenticelas, as fendas na cutícula e epiderme também podem ser importantes vias.

Miranda (2001), concluiu que mamões minimamente processados tratados com 1% de  $\text{CaCl}_2$  demonstraram melhores resultados, com uma vida útil de 8 dias, em relação aos demais tratamentos (0,5% ácido ascórbico e 1% peróxido de hidrogênio) com uma vida útil de 5 dias. Agar et al. (1999) demonstraram que fatias de kiwi tratadas com 1% e 2% de  $\text{CaCl}_2$  permaneceram 25% mais firmes no quinto dia de armazenamento a 2°C, comparadas com os demais tratamentos (1% ácido ascórbico, 1% ácido cítrico e suas combinações).

### **2.3.3.2 Efeito dos agentes anti-escurecimento**

Os compostos mais importantes, usados para estabilizar produtos minimamente processados, são os agentes redutores e certos agentes quelantes, que não são, na realidade, antioxidantes, mas são importantes para prevenir reações oxidativas em frutos e hortaliças (Carvalho, 2000).

Em frutos e hortaliças minimamente processados, existem vários tipos de reações oxidativas, nas quais os elétrons são removidos de átomos e moléculas que passam para sua forma oxidada. Essas reações causam escurecimento, descoloração de pigmentos endógenos, perda ou mudanças do *flavor*, mudanças

na textura e perdas nutricionais, devido à destruição de vitaminas A, C, D, E e ácidos graxos essenciais, como o ácido linoléico (Wiley, 1994).

O ácido ascórbico e seus vários sais neutros e outros derivados são os principais antioxidantes para o uso em frutos e hortaliças e seus sucos, para prevenir escurecimento e outras reações oxidativas (Wiley, 1994). O ácido ascórbico é um composto redutor moderadamente forte; de natureza ácida, forma sais neutros com bases e é muito solúvel em água. O uso de inibidores do escurecimento em frutos processados é restrito a componentes que sejam não tóxicos e que não prejudiquem o sabor e aroma do produto. O ácido ascórbico, além de ser muito efetivo na redução do escurecimento, é também reconhecido como seguro, barato e bem aceito pelos consumidores (Miranda, 2001).

Eskin et al., (1971) acreditam que o ácido ascórbico atue de duas maneiras: 1) Sobre a fenolase seqüestrando o metal, a polifenoloxidase precisa do cobre como grupo prostético para atuar, mas o ác. ascórbico seqüestra o cobre da enzima, que fica inativada e, então, o escurecimento não ocorre. 2) Como redutor de quinonas produzidas pela polifenoloxidase, o ácido ascórbico reduz o escurecimento causado pela PFO, reduzindo quinonas de volta a fenóis antes que eles formem pigmentos escuros (Sapers & Miller, 1998; Gil et al., 1998).

λ Hoje em dia, aumentou o número de componentes estudados contra o escurecimento em frutos e hortaliças minimamente processados, incluindo os aminoácidos e peptídeos que contêm enxofre (SH), como a L-cisteína e N-acetilcisteína (Kahn 1985; Molnar-Perl & Friedman, 1990).

λ Combinações entre componentes antiescurecimento têm sido usadas, como ácido cítrico e L-cisteína (Moline et al., 1999), combinação entre ácido ascórbico, lactato de cálcio e cisteína (Gorny et al., 2000), e ácido ascórbico, cloreto de cálcio e L-cisteína (Chantanawarangoon, 2000).

Segundo Vilas Boas & Kader (2001), a imersão em agentes químicos, como ácido ascórbico, cloreto de cálcio e cisteína, tem mostrado ser efetiva no retardo do escurecimento e amaciamento de frutos minimamente processados. Para a L-cisteína e N-acetilcisteína, há três mecanismos de inibição do escurecimento propostos: 1) redução das o-quinonas de volta a o-dehidroxifenóis (Kahn, 1985), 2) inibição diretamente da polifenoloxidase (Dudley & Hotchkiss, 1989; Robert et al., 1996), 3) formação da descorada cis-quinona (Richard et al., 1991). Buta et al., (1999) e Moline et al., (1999) reportaram que a N-acetilcisteína foi mais eficiente na prevenção do escurecimento de frutos.

Chantanawarangoon (2000) relatou que cubos de manga tratados com a combinação de cloreto de cálcio, ácido ascórbico e L-cisteína estenderam sua vida de prateleira por 6 dias a 5°C.

✓ Quando a cisteína é usada como inibidor do escurecimento enzimático em fatias de maçãs (Walker & Reddish, 1964) e em pêras (Sapers & Miller, 1998), componentes de coloração rosa-avermelhados são formados, devido à regeneração de fenóis (Richard-Forget et al., 1992). Gorny et al., (2001), trabalhando com fatias de pêras, tratadas com a mistura de 2% de ácido ascórbico, 1% de lactato de cálcio e 0,5% de cisteína, e com apenas 0,5% de cisteína, após quatro dias de armazenamento a 0°C, encontraram a formação de pigmentos de coloração rosa-avermelhados.

#### **2.3.4 Atmosfera modificada (AM) e embalagens**

O ar atmosférico contém cerca de 20,95% de O<sub>2</sub>, 78,10% de N<sub>2</sub> e 0,03% de CO<sub>2</sub>. Na embalagem com atmosfera modificada, os produtos são mantidos em uma atmosfera que difere do ar normal em relação às proporções dos níveis de gases, com níveis diminuídos de O<sub>2</sub> e elevados de CO<sub>2</sub>. Estes efeitos têm múltiplos resultados na fisiologia pós-colheita dos produtos hortícolas. Os

principais são a redução da síntese e ação do etileno e a redução da taxa de respiração, permitindo um aumento no tempo de transporte e armazenamento de espécies destinadas ao consumo *in natura* (Shewfelt, 1986; Kader, 2002).

A atmosfera modificada é considerada passiva quando a composição gasosa é modificada pela respiração dos frutos e a permeabilidade da barreira utilizada. O armazenamento sob este tipo de AM utiliza o processo respiratório do vegetal para reduzir o nível de oxigênio e aumentar o anidrido carbônico ao redor do produto. É um sistema dinâmico em que os processos de respiração e permeabilidade ocorrem simultaneamente (Salunkhe et al., 1991). No caso de AM passiva, a modificação da concentração dos gases no interior das embalagens é um processo lento, pelo qual o efeito alcançado pode ser pouco eficaz, embora apresente o menor custo de instalação e manutenção (Chitarra & Chitarra, 1990). Atmosfera modificada é considerada semi-ativa quando, no momento da embalagem, um ou mais gases são adicionados ou retirados, sendo seus níveis não conhecidos exatamente; e é considerada ativa quando for conhecida a porcentagem de cada gás adicionado ou retirado durante a embalagem (Yahia, 1988).

O principal benefício das atmosferas modificadas, na conservação dos frutos tem sido relacionado com o retardo do amadurecimento e senescência e diminuição ou controle de desordens fisiológicas e patológicas (Yahia, 1988). Neste sentido, o processo respiratório é atenuado pela concentração inferior de oxigênio, o que incide diretamente naqueles processos metabólicos dependentes de O<sub>2</sub>, assim como na sobrevivência de determinados patógenos (Salunkhe et al., 1991).

A atmosfera modificada por embalagens seladas diminui o crescimento da microbiota bacteriana, aeróbia e facultativa. Por outro lado, a contagem de leveduras não é inibida pela presença de AM (Freire Júnior, 1999). As embalagens comerciais seladas apresentam contagem microbiana

significativamente menor quando comparadas às embalagens não seladas (King Júnior et al., 1991).

A utilização de atmosferas modificadas, juntamente com o correto manuseio de temperatura e umidade relativa, tem sido eficaz em manter a firmeza dos frutos durante um maior tempo (Siddiqui et al., 1996).

Sabe-se que o aumento de temperatura durante o transporte, manuseio e venda de produtos embalados sob AM poderá causar uma diminuição drástica dos níveis de O<sub>2</sub> nas embalagens, devido à tendência da respiração aumentar mais do que a permeabilidade do filme polimérico (Kader et al., 1989). A atmosfera desfavorável gerada pelas altas temperaturas pode causar disfunções bioquímicas e fisiológicas, muitas vezes caracterizadas por odores estranhos e alterações no amadurecimento (Barmore, 1987).

Embora as embalagens sob atmosfera modificada de frutas e hortaliças minimamente processadas possam aumentar a vida útil destes produtos, elas não conseguem superar os efeitos negativos causados pelo aumento da temperatura (Kader et al., 1989).

López-Gálves et al., (1996) concluem que a magnitude dos benefícios derivados do uso da AM necessita de excelente qualidade quanto aos tipos de frutos e combinações atmosfera-temperatura.

O uso de embalagens oferece a possibilidade de estender a vida de armazenagem pós-colheita para PMP, já que cria uma barreira que retarda a perda do sabor e aroma desejável e do vapor de água, enquanto restringe a troca de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, criando uma atmosfera modificada (Baldwin et al., 1995).

O uso de embalagem não elimina a necessidade de refrigeração, ou a necessidade de um programa efetivo no controle da deterioração, nem retarda todas as mudanças bioquímicas associadas com a senescência dos tecidos. Ela fornece uma razoável segurança de proteção durante o transporte dos produtos,

reduzindo os danos mecânicos por abrasão e compressão, ajudando a resguardar a alta qualidade de tais produtos (Wiley, 1994).

A tecnologia da embalagem é indispensável para os produtos minimamente processados. A seleção do material plástico empenha-se em alcançar o equilíbrio entre a demanda por oxigênio e a permeabilidade do material à transmissão de oxigênio e dióxido de carbono. Muitos fatores devem ser considerados na escolha da embalagem: a taxa de respiração, o corte, a quantidade do produto e a concentração desejável de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (Cantwell, 2000).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Instalação do experimento e preparo da amostra

Foram utilizadas bananas da cultivar “Prata”, originadas do mercado local. O fluxograma descrito no item 3.2 sumariza o processamento dos frutos, que foram selecionados de acordo com homogeneidade, principalmente estágio de maturação (grau 5 de coloração da casca, ou seja, o fruto com a casca amarela mas com suas extremidades verdes). Em seguida, foram transferidos para uma sala por um intervalo de 24 horas, até o início do experimento.

Os frutos inteiros foram lavados com água e sabão, e imersos em água gelada (8°C) com 500 ppm de hipoclorito de sódio durante quinze minutos. A seguir, foram submetidos ao descascamento e ao corte em fatias de aproximadamente 1cm. As fatias foram mergulhadas em seus respectivos tratamentos por 3 minutos. Os tratamentos foram divididos em:

- grupos não químicos (Controle, ATM),
- grupos químicos (M1, M2 e M1+ATM).

**Grupo controle (C):** imersão em água destilada e atmosfera modificada passiva;

**Grupo ATM:** imersão em água destilada + injeção de atmosfera modificada ativa (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>);

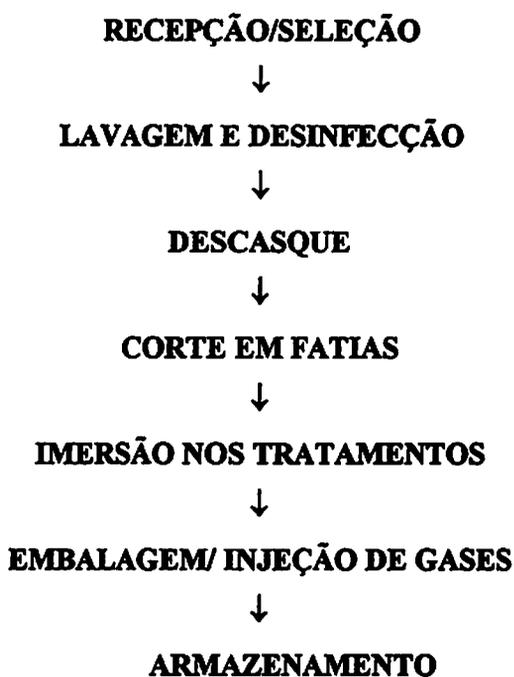
**Grupo M1:** imersão em solução química de L-cisteína (0,5%), ácido ascórbico (1%) e cloreto de cálcio (1%);

**Grupo M2:** imersão em solução química de L-cisteína (1%), ácido ascórbico (1%) e cloreto de cálcio (1%);

**Grupo M1+ATM:** imersão em solução química de L-cisteína (0,5%), ácido ascórbico (1%) e cloreto de cálcio (1%) + injeção de atmosfera modificada ativa já mencionadas.

Foram utilizados cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) padrão da Nuclear<sup>®</sup>, ácido ascórbico padrão da Sigma<sup>®</sup> e cloridrato de L-cisteína (anidra) da Synth<sup>®</sup>.

### 3.2. Fluxograma do processamento do fruto



Após a imersão nos tratamentos, as fatias foram drenadas em gaze durante 2 minutos para retirada de excesso de água e suco. Terminado este procedimento, as bananas foram acondicionadas em bandejas termoformadas de polipropileno, totalizando 150g. As bandejas foram seladas com filme flexível de poliéster + polipropileno de 60 micras, sendo que em alguns grupos

adicionou-se atmosfera modificada ativa (10kPa de CO<sub>2</sub> e 2kPa de O<sub>2</sub>), utilizando-se seladora de bandejas Tec-Mac modelo AP-340.

As embalagens contendo as fatias de bananas foram armazenadas em câmara fria em condições controladas de temperatura e umidade Relativa (T:8 ± 1°C, UR:85 ± 5%).

### **3.3 Análises físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas**

Foram realizadas nos Laboratório de Análises de Produtos Vegetais e Laboratório de Bioquímica de frutos da UFLA, no decorrer de quatro dias de armazenamento, sendo que no tempo 0 hora os valores obtidos correspondem ao fruto fresco e no tempo 6 horas (0,25 dia) os valores obtidos foram logo após os frutos serem processados.

#### **3.3.1 Perda de massa**

A perda de massa foi determinada pesando-se os frutos em balança semi-analítica Mettler, modelo PC 2000. Os resultados foram expressos em porcentagem, considerando-se a diferença entre o peso inicial da rodela e aquele obtido a cada intervalo de tempo de amostragem.

#### **3.3.2 pH**

O pH foi determinado no filtrado, utilizando-se um potenciômetro digital Micronal B 474, segundo técnica da AOAC (1992).

#### **3.3.3 Acidez total titulável (ATT)**

A ATT foi medida por titulação do homogenato filtrado em gaze, com NaOH a 0,1M, padronizado segundo técnica estabelecida pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em % de ácido málico.

#### **3.3.4 Sólidos solúveis totais (SST)**

Determinado por refratometria, em refratômetro digital ATAGO PR-100 com compensação de temperatura automática, segundo a AOAC (1992), e os resultados expressos em °Brix.

#### **3.3.5 Açúcares solúveis totais (AST)**

Os AST foram extraídos com álcool etílico a 80% e determinados de acordo com Dische (1962). Os resultados foram expressos em gramas de glicose por 100 g de polpa.

#### **3.3.6 Firmeza**

A firmeza foi determinada com texturômetro modelo TXTi, utilizando uma sonda tipo agulha P/2N, realizando-se medições nas fatias de bananas em amostragem significativa, durante todo período de armazenamento (diariamente).

#### **3.3.7 Pectina total (PT) e pectina solúvel (PS)**

As pectinas total e solúvel foram extraídas segundo a técnica descrita por McCready & McComb (1952) e determinadas colorimetricamente segundo Bitter & Muir (1962) os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa. Pela porcentagem de pectina solúvel em relação à pectina total, obteve-se a porcentagem de solubilidade.

#### **3.3.8 Atividade de pectinametilesterase (PME)**

A atividade da PME foi determinada segundo Hultin et al. (1966). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalizar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 nmol de NaOH por

minuto, sob as condições de ensaio. Os resultados foram expressos em unidade por minuto por grama de peso fresco.

### **3.3.9 Atividade de poligalacturonase (PG)**

A atividade da PG foi determinada segundo a técnica de Markovic et al. (1975) esta técnica consiste na hidrólise de substâncias pécticas e, conseqüentemente, liberação de grupos redutores, que são dosados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944). Uma unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 nmol de açúcar redutor por minuto, sob as condições de ensaio (U/min/g).

### **3.3.10 Atividade de polifenoloxidase (PFO)**

A extração foi feita de acordo com o método proposto por Matsumo & Uritane (1972) e a atividade expressa em unidade (quantidade capaz de alterar 0,001 de absorbância) por minuto por grama de tecido fresco ( $U \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ), segundo o método de Teisson (1979).

### **3.3.11 Atividade de peroxidase (PER)**

A extração e determinação da atividade enzimática foram realizadas pelo método preconizado por Matsumo & Uritani (1972). A atividade da enzima foi expressa em unidade (quantidade capaz de alterar 0,001 de absorbância) por minuto por grama de polpa fresca ( $U \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ).

### **3.3.12 Avaliação da cor**

Foi utilizado, para realização da avaliação da cor dos frutos, o colorímetro Minolta CR-300, com a determinação de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . A coordenada  $L^*$  representa a luminosidade da cor (valor 0 representa a cor preta e o valor 100 representa a cor totalmente branca), a coordenada “a” está relacionada a

intensidade de verde/vermelho (-80/+100) e a coordenada “b” com a intensidade de azul/amarelo, que pode variar de -50 (totalmente azul) a +70 (totalmente amarelo).

### **3.4 Análises sensoriais**

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, sendo que no tempo 0 hora as notas obtidas correspondem ao fruto fresco e no tempo 6 horas (0,25 dia) as notas obtidas correspondem ao período logo após os frutos serem processados. Os PMP foram avaliados por um grupo de oito provadores treinados, anteriormente selecionados.

Inicialmente, o treinamento constou de uma mesa redonda, com discussão aberta entre os julgadores, que provavam as amostras e identificaram as características sensoriais da banana. Depois, os mesmos passaram pelo treinamento, fazendo os testes: triangular, de ordenação e qualidade, entre as amostras do fruto, durante 20 dias. Foram elaboradas duas fichas uma para o sabor e outra para aparência, cor e aceitabilidade. Utilizou-se uma escala hedônica de cinco pontos, a saber: 1-não consumível; 2-limite de consumo; 3-limite de comercialização; 4-bom; 5-excelente.

O treinamento e os testes definitivos de sabor foram realizados em cabines individuais, usando-se luz amarela para mascarar a cor das amostras. Os julgadores receberam cinco amostras (codificadas com números aleatórios de três dígitos), simultaneamente em pratos descartáveis nos dois primeiros tempos, e nos demais tempos receberam apenas três amostras, pois dois grupos (controle e somente atmosfera modificada ativa) pois já nas seis horas, ou seja, logo após o processamento os frutos ficaram impróprios para o consumo. Para os testes de cor, aparência e aceitabilidade foi utilizada uma cabine especial de cor branca

com quatro lâminas fluorescentes de 40 watts. Estas amostras foram distribuídas em placas de Petri codificadas.

### **3.5 Análises microbiológicas**

Foram realizadas análises de contagem total de fungos e leveduras, microrganismos aeróbios mesófilos, coliformes totais e termotolerantes, no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. As análises realizadas foram após o processamento (Tempo 6 horas ou 0,25 dia) até o 4º dia de armazenamento, portanto não foi realizada análises no fruto fresco (0 hora)

#### **3.5.1 Preparo das amostras**

Após os frutos serem embalados e processados, foram coletadas assepticamente amostras de 25 gramas para as análises microbiológicas, durante o período de armazenamento (diariamente). As amostras foram homogeneizadas em 225 mL de água peptonada a 0,1% (p/v) e, posteriormente, realizaram-se diluições seriadas para a utilização de alíquotas adequadas da amostra nos diferentes meios de cultura apropriados utilizados no experimento.

#### **3.5.2 Contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos**

Os microrganismos aeróbios mesófilos foram quantificados pelo método de plaqueamento em profundidade, utilizando-se ágar para contagem padrão (PCA), sendo as placas incubadas a 35°C por 48h. Posteriormente, procedeu-se à contagem de colônias, com o resultados expressos em Unidades Formadoras de Colônias por grama de fruto (UFC/g).

### **3.5.3 Quantificação de fungos e leveduras**

Foram quantificados pelo método de plaqueamento em superfície, utilizando o meio Batata Dextrose Ágar (BDA) acidificado com ácido tartárico a 10%. As placas foram incubadas a 25°C por 5 dias e os resultados foram expressos por Unidades Formadoras de Colônia por grama de fruto (UFC/g).

### **3.5.4 Quantificação de coliformes totais e fecais**

Coliformes totais e termotolerantes foram quantificados utilizando-se a técnica do número mais provável (NMP). O teste presuntivo foi realizado com inoculação de alíquotas da amostra em séries de três tubos contendo caldo lauril sulfato triptose (LST), incubados à 35°C por 48 horas. Foram considerados tubos positivos para coliformes totais aqueles que apresentaram turvação e formação de gás. Após, as alíquotas foram transferidas dos tubos positivos do teste presuntivo para tubos contendo caldo *Escherichia coli* (EC), e incubados a 44,5°C por 48 horas. Foram considerados tubos positivos para termotolerantes os tubos que apresentaram turvação e formação de gás. Os resultados foram expressos em NMP/g.

### **3.6 Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com fatorial 3 x 6, ou seja, 3 tratamentos químicos (M1, M2 e M1+ATM) em 6 tempos (0h, 6h, 1, 2, 3, 4, dias) e com fatorial de 5 x 2, ou seja, 5 tratamentos (C, ATM, M1, M2, M1+ATM) em 2 tempos (0h e 6h), ambos com 3 repetições. Foram feitos estes fatoriais, pois a partir do 1º dia, somente os tratamentos químicos (M1, M2 e M1+ATM) continuaram com suas características apropriadas para o consumo. Não foram feitas análises estatísticas para os resultados dos testes microbiológicos.

A parcela experimental foi constituída de uma bandeja (11,5cm x 7,5cm x 6,0 cm) contendo aproximadamente 150g de frutos.

Os resultados das variáveis respostas avaliadas foram submetidos à análise de variância. As médias de tratamentos, quando significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade. Já os modelos de regressões polinomiais foram selecionados com base na significância do teste de F de cada modelo testado e também pelo coeficiente de determinação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

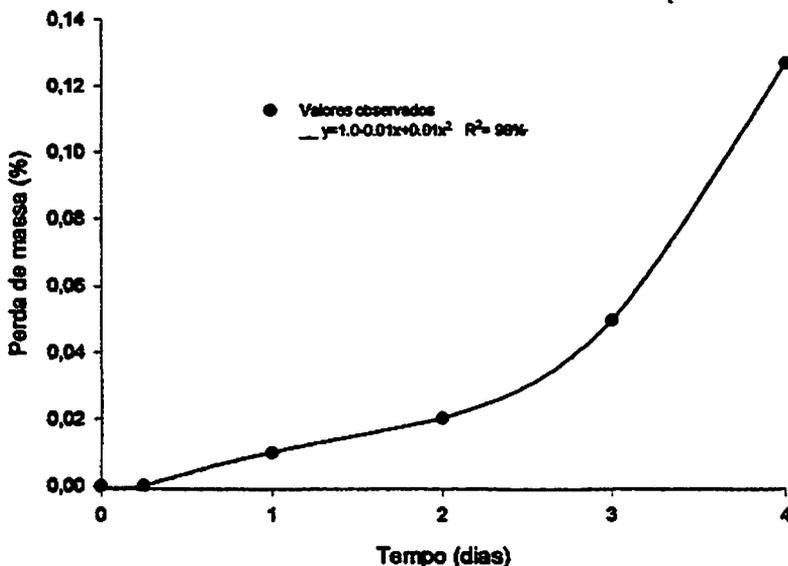
### 4.1 Perda de massa

Houve diferenças estatísticas significativas de perda de massa somente em função do período de armazenamento das bananas, os tratamentos não influenciaram nos valores desta variável. Até as seis horas após o processamento, não houve perda de massa. Já a partir do primeiro dia, iniciou-se um aumento de perda de massa até o quarto dia de armazenamento (Figura 1). Mesmo tendo sido observadas diferenças estatisticamente significativas ao longo do tempo, em termos práticos a perda de massa foi mínima, chegando no máximo de 0,13%. Carvalho (2000) também observou perda de massa mínima (não chegando a 1%) em kiwis minimamente processados.

A perda de massa relaciona-se principalmente com a perda de água, resultando não somente em perdas quantitativas, mas também na aparência, na qualidade textural e nutricional (Kader, 2002).

### 4.2 pH e acidez total titulável (ATT)

Para a variável pH, observou-se interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento. Seis horas após o processamento, as fatias tratadas com misturas químicas (M2, M1 e M1+ATM) apresentaram os menores valores de pH, comparados com o grupo controle e ATM (Figura 2). Teisson et al. (1979) e Vukomanovic (1988) detectaram maiores valores de pH em abacaxis mais sensíveis à injúria.



**FIGURA 1** Valores médios observados, equação de regressão e coeficiente de determinação de perda de massa em banana "Prata" minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

O pH inferior encontrado nos grupos que receberam tratamentos químicos (CaCl<sub>2</sub>, ác. ascórbico e L-cisteína) evidencia que esses tratamentos foram efetivos em reter a elevação do pH e a degradação dos ácidos nos frutos nas seis primeiras horas de armazenamento (período de estresse elevado). A manutenção de níveis mais elevados de acidez nos tratamentos químicos provavelmente deve-se à redução da atividade respiratória.

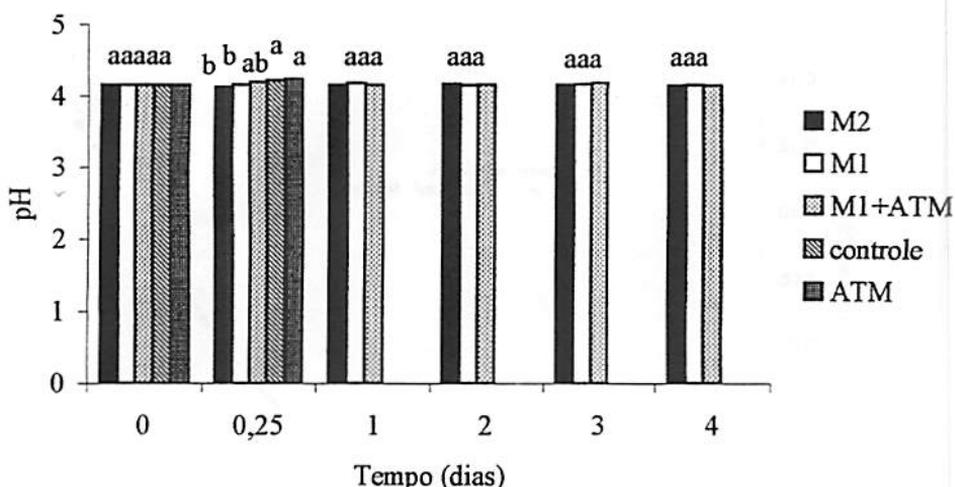


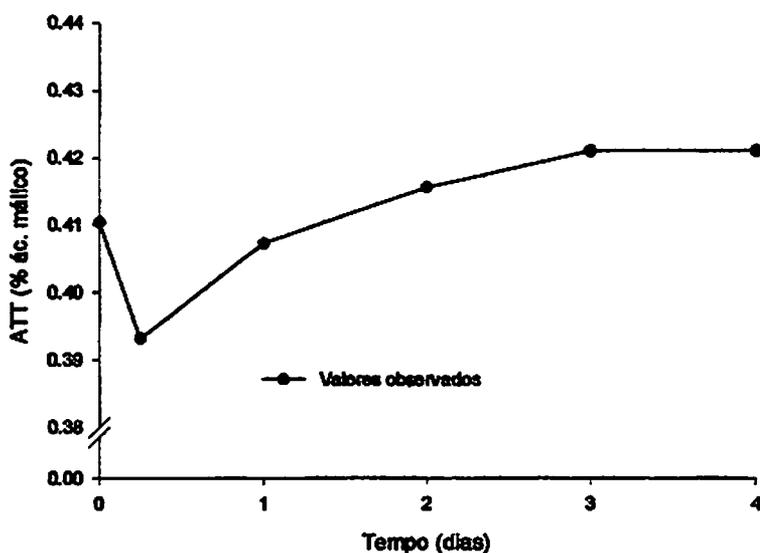
FIGURA 2 Valores médios observados de SST em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

Gonçalves (1998) observou que abacaxis tratados com CaCl<sub>2</sub> também apresentaram uma tendência à redução de pH, frutos esses mais resistentes à injúria.

Os valores médios observados variam de 4,16 a 4,25, os quais podem ser enquadrados com o valor de 4,2 encontrado por Bleinroth (1995) e em torno 4,0, citado por Jonh & Marchal (1995), trabalhando com bananas do sub-grupo Cavendish.

Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos estudados com relação a ATT. Entretanto, a ATT de bananas minimamente processadas mostrou-se afetada significativamente ao longo do armazenamento (Figura 3), apresentando uma redução até o período de seis horas, sugerindo um estresse imediato após o processamento, com a utilização

dos ácidos como substrato para obtenção de energia. Brackmann (1990) cita que os ácidos são as substâncias mais prontamente disponíveis para obtenção de energia pela célula, pois fazem parte do ciclo de Krebs. A menor ATT às 6h se relaciona com os maiores valores observados para o pH.



**FIGURA 3** Valores médios observados de ATT em banana "Prata" minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

Após seis horas do processamento, houve um acréscimo da ATT até o quarto dia de armazenamento.

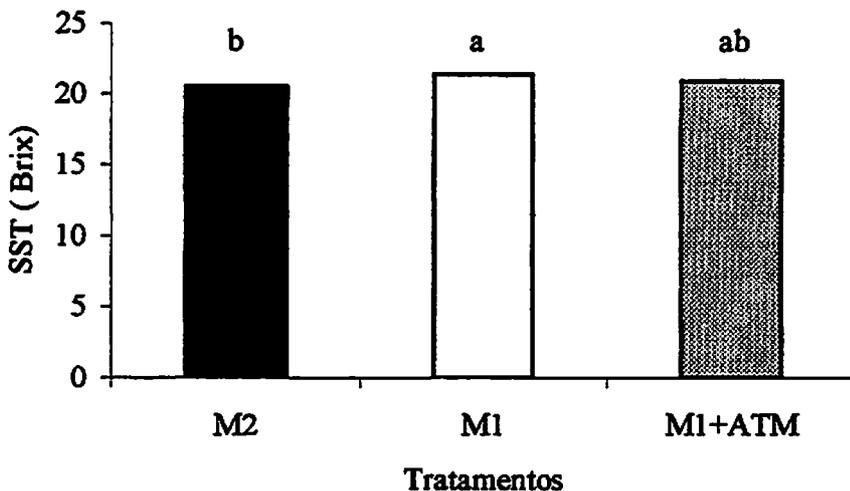
A banana caracteriza-se por apresentar baixa acidez quando verde, que aumenta com a maturação até atingir um máximo, quando a casca está totalmente amarela (Bleinroth, 1995).

Pinto (1978) observou teores iguais a 0,16% e 0,44% de ATT em bananas “Prata” verdes e maduras, respectivamente. Carvalho (1984) obteve 0,257% a 0,443% de ATT, trabalhando com a mesma cultivar. Os teores médios observados neste trabalho estão entre 0,39% a 0,42% , encontrando-se na faixa referida pelos autores citados. Pantástico et al. (1984) salienta que as mudanças na acidez durante o armazenamento de bananas variam com o grau da maturação e com a temperatura de armazenamento.

#### **4.3 Sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST)**

✕ A variável SST mostrou-se afetada significativamente pelo período de armazenamento e pelos diferentes tratamentos (M2, M1 e M1+ATM), embora não tenha sido observada uma interação significativa entre esses dois fatores.

As fatias tratadas com 1% de  $\text{CaCl}_2$ , 1% de ác. ascórbico e 1% de L-cisteína (tratamento M2) apresentaram menores teores de SST (Figura 4). Isso sugere que este tratamento foi mais eficiente em retardar a degradação dos carboidratos complexos, quando comparado com o grupo que utilizou a mesma mistura só que com a concentração de 0,5% de L-cisteína (M1). Os resultados de SST do grupo tratado com a mistura química e atmosfera modificada (M1+ATM) não apresentaram diferenças com relação aqueles obtidos dos demais tratamentos, não sugerindo efeito da atmosfera modificada quando associada ao tratamento químico. Chantanawarangoon (2000), observou menores teores de SST em mangas minimamente processadas sob atmosfera modificada ativa ( $2\text{kPa O}_2 + 10\text{kPa CO}_2$ ), quando comparadas ao grupo controle sob atmosfera modificada passiva.



**FIGURA 4** Valores médios observados de SST em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>)], armazenada a 8°C, durante 4 dias.

No tempo 0 e 6 horas, não foram observadas diferenças estatísticas nos valores de SST dos tratamentos. Portanto, os grupos Controle e ATM não se enquadram no gráfico anterior, já que esses tratamentos já na 6 horas após o processamento não apresentavam características sensoriais aceitáveis.

Os teores de sólidos solúveis totais aumentaram com o tempo de armazenamento (Figura 5). Assim como na banana, outros frutos também apresentam aumento de SST durante o armazenamento, dentre eles o melão (Menezes, 1996), manga (Lima, 1997) e fruta-do-lobo (Oliveira Júnior, 2002), porém nenhum desses autores trabalharam com processamento mínimo dos frutos.

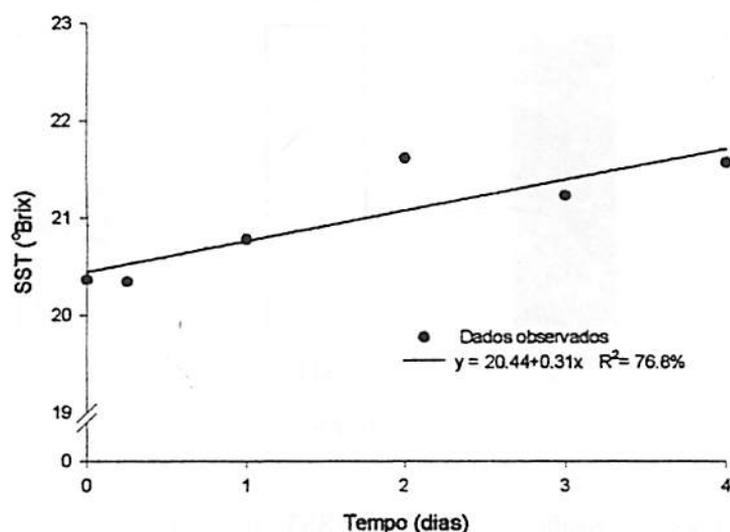
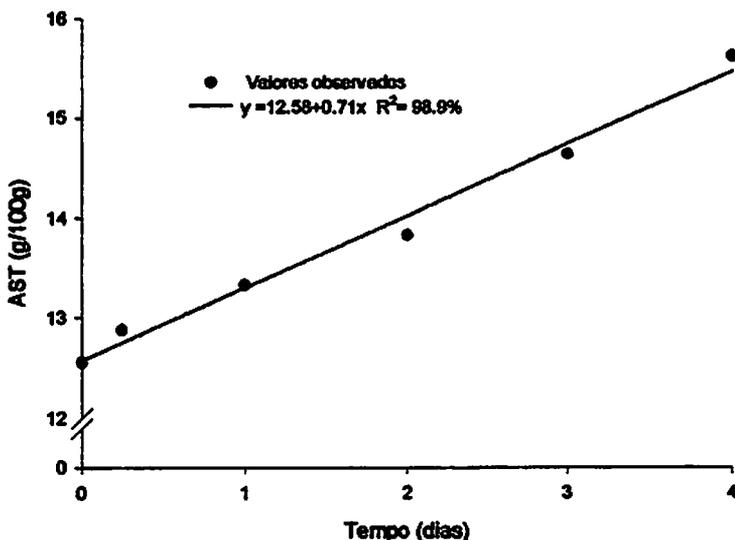


FIGURA 5 Valores médios observados, equação de regressão e coeficiente de determinação de SST em banana "Prata" minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

O aumento observado nos teores de SST pode relacionar-se com a degradação de polissacarídeos, principalmente amido e, conseqüentemente, ao aumento notado nos teores de açúcares solúveis totais (Figura 6). A maior mudança quantitativa associada com o amadurecimento, é usualmente a degradação de polissacarídeos, como por exemplo, a conversão de amido em açúcares (Vilas Boas, 1999).



**FIGURA 6** Valores médios observados, equação de regressão e coeficiente de determinação de AST em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

Diferenças significativas para a variável AST foram detectadas somente ao decorrer do tempo de armazenamento (Figura 6). Portanto o uso da atmosfera modificada e diferentes concentrações de L-cisteína (0,5% e 1,0%) não influenciaram no comportamento desta variável. Silva (1997) não detectou diferenças significativas nos teores de AST, quando utilizou a atmosfera modificada no armazenamento de abacaxis cv. Smooth Cayenne.

O aumento linear nos teores de AST, que pode ser relacionado ao aumento de SST, encontrado durante o armazenamento de bananas “Prata”, também foi observado por Vilas Boas (1995). Este autor notou um incremento de 1% para 19% na concentração de AST com seu amadurecimento,

confirmando que com o avanço da maturação até o completo amadurecimento, o amido é hidrolisado, resultando em enriquecimento no teor de açúcares na polpa madura (Lizada et al., 1990).

Sgarbiere et al., (1971) detectou 0,18% e 13,5% de açúcares em bananas verdes e meio maduras. Fernandez et al., (1979) observaram que o teor de AST de bananas “Prata” oscilou de 1% no fruto verde para cerca de 20% em frutos maduros, valores confirmados por Rossignoli (1983) e Carvalho (1998). Os resultados médios apresentados neste trabalho variam de 12,6% no dia do processamento com o grau da coloração da casca igual a 5 a 15,6% no quarto dia de armazenamento. Portanto, os valores observados relacionam-se bem com as amplitudes apresentadas acima.

Os polissacarídeos são metabolizados a açúcares e estes aumentam gradualmente durante o período de desenvolvimento dos frutos (Bicalho, 1998). Este processo é acelerado com o descasque, fatiamento e pelas outras etapas do processamento mínimo, justificando esse aumento de AST até o quarto dia. Miranda (2001) observou um aumento de AST até o quarto dia de armazenamento em mamão minimamente processado.

#### **4.4 Firmeza**

Houve interação significativa, entre os tratamentos e os tempos estudados, com relação à firmeza das bananas minimamente processadas (Figura 7). Logo às 6 horas, os grupos que não receberam tratamento químico (controle e ATM) apresentaram uma maior perda de firmeza, comparados com os demais tratamentos. Portanto, o uso isolado da atmosfera modificada 10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>, não foi eficiente em controlar o amaciamento dos frutos.

Todos os tratamentos químicos continham 1% de CaCl<sub>2</sub>. Isto pode justificar a melhor manutenção da textura dos mesmos, pois, segundo Poovaiah (1998), a ação do cálcio estabiliza as membranas e paredes celulares,

preservando, assim, sua integridade e funcionalidade, tornando os tecidos vegetais menos acessíveis à clivagem por enzimas hidrolíticas que propiciam grande parte do amaciamento dos frutos.

Agar et al. (1999), constataram que houve perda de firmeza em kiwis minimamente processados, armazenados por 5 dias, exceto os frutos tratados com 1% e 2% de  $\text{CaCl}_2$ . Outros resultados semelhantes com a utilização do cálcio para manter a firmeza em produtos minimamente processados foram de Rosen & Kader (1989) e Gorny et al. (1998), em fatias de pêra; Izumi & Watada (1994), em tiras de cenoura; Izumi & Watada (1995), em fatias de abóboras; Lester (1996) e Luna-Guzman et al. (1999), em rodela de melão e Chantanawaragoon (2000), em cubos de manga.

No 2º e 3º dias de armazenamento, o grupo M2 apresentou menor perda de firmeza que os grupos M1 e M1+ATM, sendo que os dois últimos apresentaram resultados muito semelhantes. Isto sugere que a concentração de 1% de L-cisteína foi mais eficaz em manter a firmeza nestes períodos, e o uso da atmosfera modificada combinado com a mistura química também não teve efeito adicional em manter a firmeza dos frutos. No último dia de armazenamento, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, embora o tratamento com 1% de L-cisteína tenha apresentado maiores valores.

Gorny et al. (2000), trabalhando com baixas concentrações de  $\text{O}_2$  e altas concentrações de  $\text{CO}_2$  em fatias de pêras, constataram que o uso isolado de tal atmosfera preveniu significativamente a perda de firmeza; já o uso de 1% de lactato de cálcio e 2% de ác. ascórbico mais 0,5 % de cisteína estendeu a vida de prateleira, inibiu a perda de firmeza e o escurecimento dos frutos.

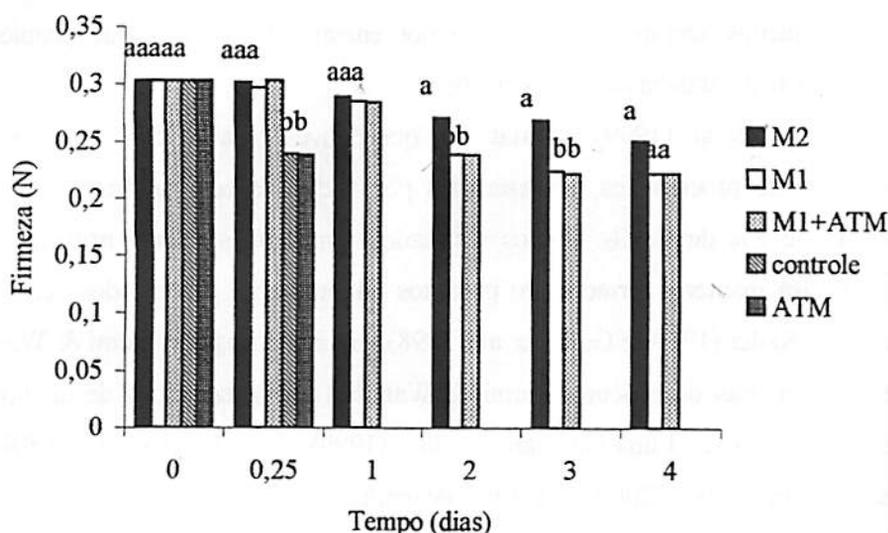


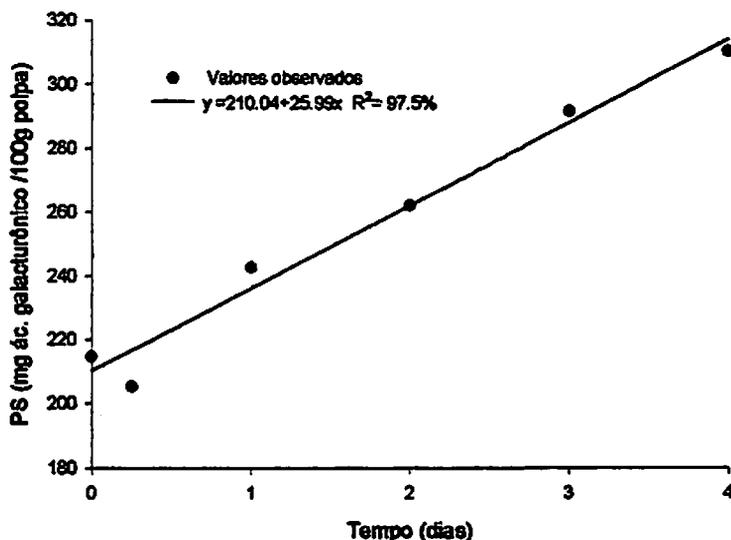
FIGURA 7 Valores médios observados da firmeza (N) em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

Chantanawarangoon (2000) detectou que cubos de mangas tratados com 1% CaCl<sub>2</sub> + 0,5% ác. ascórbico + 0,5% L-cisteína e armazenados sob atmosfera controlada (2kPa O<sub>2</sub>+10kPa CO<sub>2</sub>) mantiveram a firmeza e qualidade dos frutos por um período de 10 dias a 5°C; utilizando a mesma mistura sem a atmosfera controlada, mantiveram a qualidade por 6 dias a 5°C.

#### 4.5 Substâncias pécticas e Solubilização

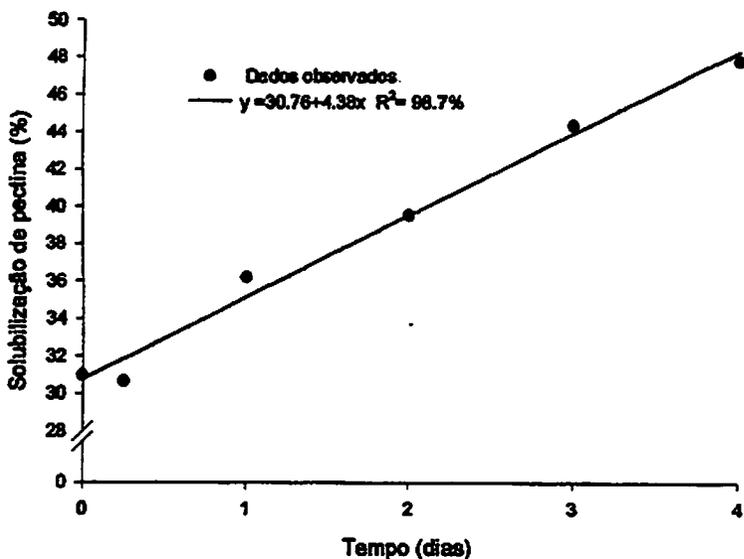
A pectina total (PT) não foi influenciada pelos diferentes fatores, encontrando-se um valor médio de 667,75 mg de ácido galacturônico em 100g de fruto. Para as variáveis pectina solúvel (PS) e solubilização péctica, foi observado um aumento

linear ao longo do armazenamento (Figura 8 e 9), portanto os tratamentos químicos não influenciaram nestas variáveis.



**FIGURA 8** Valores médios observados, equação de regressão e coeficiente de determinação de pectina solúvel em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

O aumento no teor de pectina solúvel durante o armazenamento da banana “Prata” é condizente com os estudos de Von Loesecke (1950), Lizada (1990), Kojima et al. (1994) e Vilas Boas (1995), que trabalharam com outras cultivares, com exceção do último, que também trabalhou com a banana “Prata”.



**FIGURA 9** Valores médios observados, equação de regressão e coeficiente de determinação de solubilização de pectinas (%) em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

O incremento nos valores dessas duas variáveis é explicado pelo fato que, durante o amadurecimento do fruto, ocorre a solubilização da protopectina das paredes celulares, produzindo ácidos pectínicos (esterificados com grupo metílico) ou ácidos pécticos (sem esterificação) também chamados de pectinas solúveis (Chitarra & Chitarra, 1990).

Neste trabalho, os valores de pectina solúvel para fatias de bananas (que apresentavam grau de coloração da casca 5, no dia de seu processamento), armazenadas por quatro dias a 8°C, foram de 0,21% a 0,31%. Este resultado concorda com a amplitude apresentada por Vilas Boas (1995) que encontrou

valores de pectina solúvel de 0,043% a 0,443% em bananas “Prata” verde e madura.

Pode-se relacionar o aumento da pectina solúvel e % de solubilização com o amaciamento (Figura 7) da banana ao longo do tempo, encontrado neste trabalho. Segundo Chitarra & Chitarra (1990), a redução da firmeza da polpa é regulada principalmente por dois processos enzimáticos. O primeiro é a desesterificação ou remoção de grupos metílicos ou acetil das pectinas pela enzima PME. O segundo é a despolimerização da cadeia de pectina, pela ação da enzima PG.

O cálcio é um grande determinante da firmeza, devido seu efeito de retardar a solubilização das pectinas, isto pode ser relacionado com a ausência de diferenças entre os tratamentos com relação aos valores de pectina solúvel e solubilização de pectinas neste experimento, pois todos os tratamentos químicos apresentavam em suas misturas químicas 1% de  $\text{CaCl}_2$ .

Menezes (1996) e Lima (1997), estudando melão e manga, respectivamente, também observaram diminuição da firmeza da polpa e aumento nos teores de pectina solúvel durante o amadurecimento dos frutos. Filgueiras (1996) não encontrou variação significativa nos teores de pectina total durante o amadurecimento de tomates, porém, observou aumento na solubilização de pectinas. Miranda (2001), notou um aumento de pectina solúvel ao longo do período de armazenamento de mamão minimamente processado. Os resultados obtidos neste trabalho concordam com os dados dos autores citados.

#### **4.6 Pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG)**

As enzimas PME e PG foram afetadas interativamente pelos tratamentos e tempo de armazenamento. As fatias não tratadas com os banhos químicos, sob atmosfera modificada ou não, apresentaram um aumento considerável na atividade de PME, após seis horas do processamento.

O banho químico com 1% de L-cisteína (M2) foi mais efetivo no controle da ascensão da atividade da PME em todos os tempos avaliados, seguido do banho químico com 0,5% de L-cisteína sob atmosfera modificada (M1+ATM), no 2º e 4º dia de armazenamento (Figura 10).

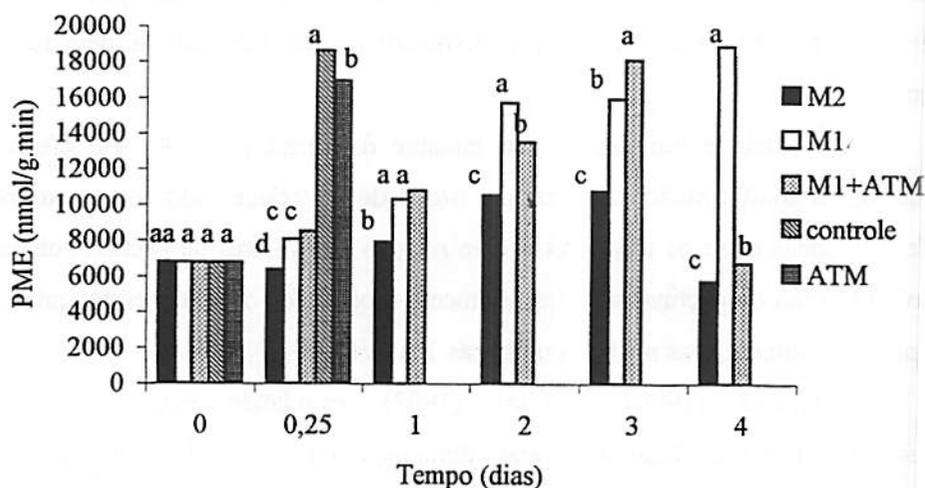


FIGURA 10 Valores médios observados da atividade da PME em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

Vilas Boas (1995) observou um aumento da atividade da PME em bananas “Prata” durante a passagem da coloração da casca de 5 para 6, e um declínio até chegar no grau de coloração 7. No presente experimento, os tratamentos M2 e M1+ATM apresentaram seu pico de atividade no 3º dia .

Conclui-se que maior concentração de L-cisteína (M2) e o uso concomitante da mistura química com a atmosfera modificada (M1+ATM)

reduziram a atividade da PME, e o grupo M1 sem atmosfera promoveu um atraso no pico enzimático da mesma enzima.

Fernandez (2000) detectou um incremento de atividade da PME em pêssegos em diferentes estádios de maturação, após quatro dias de armazenamento, o que coincidiu com uma perda de firmeza na polpa do fruto.

Comportamento semelhante foi observado quanto à PG. O banho químico com 1% de L-cisteína (M2), bem como o banho químico com 0,5% de L-cisteína junto a atmosfera modificada (M1+ATM), determinaram as menores atividades de PG a partir do 3º dia de armazenamento (Figura 11)

O aumento da PG durante o período de armazenamento pode ser associado com a elevação na solubilização de pectinas (Figura 9) e também com perda de firmeza (Figura 7), principalmente do tratamento M1, que apresentou maiores atividades de PG. Trabalhos anteriores (Pressey et al., 1971; Pressey & Avants, 1978; Downs & Braddy, 1990) também reportaram uma correlação positiva entre a atividade da PG e o amaciamento de pêssegos.

Lizada et al. (1990), Dominguez et al. (1992) e Vilas Boas (1995) também notaram o envolvimento da PG na degradação de pectinas em bananas, devido ao acréscimo nos teores de pectina solúvel durante o amadurecimento. Abreu (1995) observou que, durante o amadurecimento de abacaxis, a atividade de PG e PME, assim como a solubilização de pectinas, aumentou gradativamente. Pathak & Sanwal (1998) e Sales (2002) notaram que a atividade de PG aumentou progressivamente com o amadurecimento de bananas "Prata", declinando no fruto muito maduro.

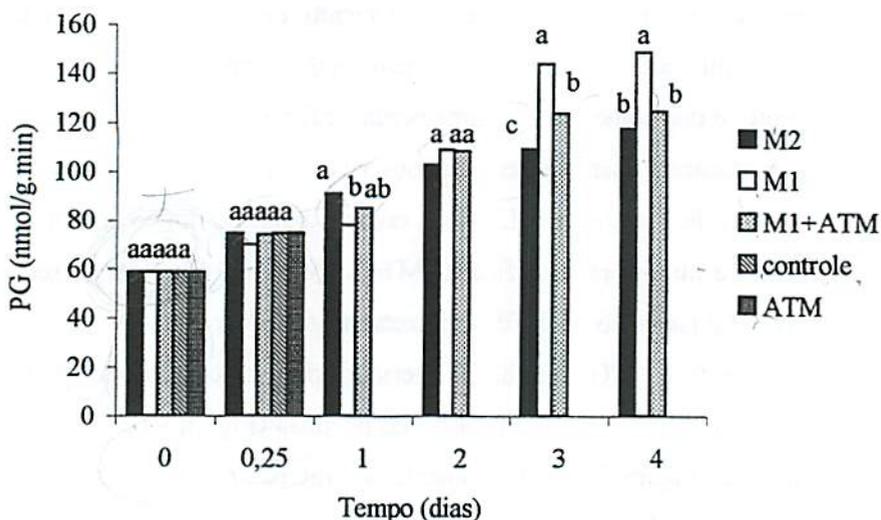
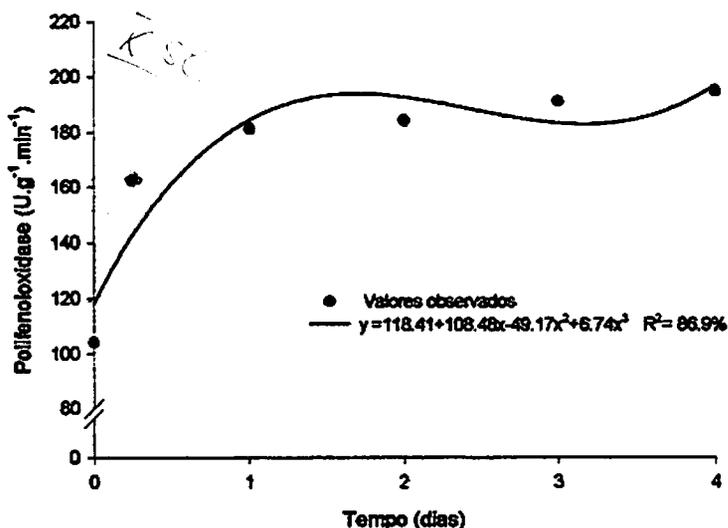


FIGURA 11 Valores médios observados da atividade da PG em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

#### 4.7 Polifenoloxidase (PFO) e peroxidase (PER)

A atividade da PFO foi afetada apenas pelo tempo de armazenamento. Ela variou significativamente ao longo do tempo, com um considerável aumento até o 1º dia, permanecendo praticamente estável após esse período (Figura 12).

Tanada et al. (1996) também observaram um aumento da atividade da PFO, em polpa de banana, ao longo do tempo de armazenamento.



**FIGURA 12** Valores médios observados, equação de regressão e coeficiente de determinação da atividade de polifenoloxidase (PFO) em banana "Prata" minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

Nos grupos controle e ATM, foram detectadas maiores atividades da PFO, coincidindo com o nível de severidade de escurecimento já nas 6 horas após o processamento (Tabela 1).

O escurecimento enzimático requer 4 diferentes componentes: oxigênio, enzimas, cobre e substrato. A enzima mais importante em frutos e hortaliças minimamente processados é a polifenoloxidase. Os fatores que influenciam tal escurecimento em frutos são a concentração da PFO, componentes fenólicos presentes, pH, temperatura e disponibilidade de O<sub>2</sub> nos tecidos (Laurila, et al., 1998).

TABELA 1 Atividade da polifenoloxidase ( $U \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ )

Tratamentos	Tempo (dias)					
	0	0,25	1	2	3	4
M2	104,1	158,3	176,6	179,9	186,4	188,6
M1	104,1	163,9	183,9	188,0	191,2	197,1
M1 + ATM	104,1	165,6	183,7	184,8	195,9	198,2
Controle	104,1	190,4	-	-	-	-
ATM	104,1	191,0	-	-	-	-

O escurecimento de frutos em resposta a injúrias do processamento mínimo é devido à oxidação de fenólicos. O colapso celular causa a descompartimentalização, que promove o contato dos fenólicos presentes com enzimas associadas ao escurecimento, como a PFO (Vilas Boas, 1999).

Gil et al., (1998), estudando maçãs “Fuji” fatiadas e tratadas com 2% de ác. ascórbico e armazenadas em atmosfera modificada com baixo nível de oxigênio, observaram que, independente da atmosfera testada, o tratamento com ác. ascórbico reduziu o escurecimento.

Agar et al. (1999) avaliaram os efeitos do ác. ascórbico e  $CaCl_2$  em pedaços de kiwi refrigerados, na inibição do escurecimento enzimático. Verificaram que a combinação de 1% de ác. ascórbico e 0,1% de  $CaCl_2$  foi muito efetiva.

A redução do escurecimento nos tratamentos com  $CaCl_2$  pode ser atribuído ao  $Ca^{+2}$ , que estabiliza as membranas celulares (Poovaiah, 1986) e/ou ion  $Cl^-$ , que têm sido reportados reduzindo a atividade de PFO (Poix et al. 1980). Chantanawarangoon (2000), trabalhando com atmosfera controlada ( $2kPaO_2 + 10kPaCO_2$ ) junto a 1%  $CaCl_2$ , conseguiu retardar o escurecimento de cubos de mangas, por mais 3 dias em relação ao controle.

Como o ác. ascórbico, a cisteína é um agente redutor e poderia atuar reduzindo o-quinonas formadas pela ação de PFO em substratos fenólicos, assim retardando o aparecimento do produto final da reação (Galeazzi & Sgarbieri 1981). Molnar-Pearl & Friendman (1990) e Tong & Hicks (1991) observaram que aminoácidos que contêm enxofre, como a cisteína, possuem uma ação antiescurecimento. Por meio de alterações do pH, esses aminoácidos podem interferir na atividade da PFO, quando misturados com outros agentes antiescurecimento.

A enzima peroxidase (PER), ao combinar com o peróxido de hidrogênio, produz um complexo ativado que pode reagir com uma grande variedade de moléculas doadoras. Algumas dessas reações causam mudanças indesejáveis no flavor, aroma, cor, ocorrendo também perda de nutrientes e a coloração escura (Hemeda & Klein, 1990)

Neste trabalho houve interação entre os fatores estudados, 6 horas após o processamento (Figura 13). Os resultados concordam com a afirmação constante no parágrafo acima, pois os grupos controle e ATM apresentaram atividade de PER estatisticamente maiores, comparados com os demais tratamentos e também apresentaram maior escurecimento.

De modo geral, houve um aumento da atividade de PER, com o passar do tempo, similar ao trabalho de Lima (1997) com mangas e Fernandez (2000) com pêssegos.

Durante o período de armazenamento, não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos químicos, embora no último dia o grupo tratado com 1% de ác. ascórbico, 1% de  $\text{CaCl}_2$  e 1% de L-cisteína (M2) tenha apresentado resultados numericamente menores (Figura 13).

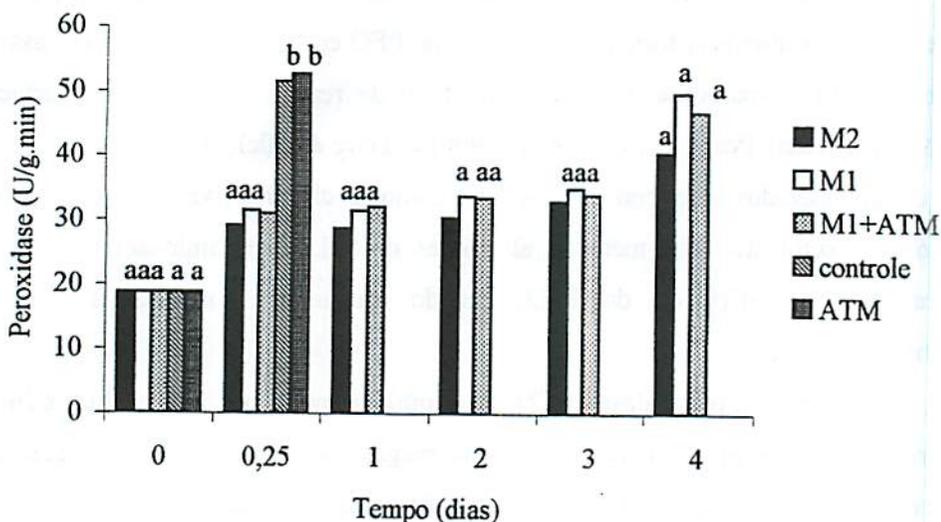


FIGURA 13 Valores médios observados da atividade da peroxidase em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

Portanto, observa-se que, independente da concentração de L-cisteína e do uso da atmosfera junto grupo M1, todos os tratamentos químicos (M2 M1 e M1+ATM) apresentaram efeitos na retenção da atividade da PER até o 3º dia de armazenamento.

#### 4.8 Avaliação da cor

A coordenada “L” é um dos parâmetros de maior importância na avaliação da cor, principalmente em bananas, que é um fruto com alta atividade de escurecimento (Richard-Forget et al., 1991).

Seis horas após o processamento, os grupos controle e ATM obtiveram menores valores da coordenada “L” (Figura 14); na coordenada “a” os mesmos tratamentos apresentaram maiores valores (Figura 15) e menores valores de “b” (Figura 16), quando comparados aos tratamentos químicos. Isto pode estar relacionado ao fato de que ambos os tratamentos apresentaram visivelmente maior escurecimento, maior atividade de PFO (Tabela 1) e peroxidase. O comportamento observado pela inter-relação do índice de escurecimento e a atividade peroxidásica coincide com os resultados de Miller (1951), Teisson et al. (1979), Wheatley (1982), Abreu (1995) e Gonçalves (1998), nos quais os maiores índices de escurecimento foram associados a maiores atividades da PER.

Quanto à coordenada “L”, o grupo tratado com 1% de  $\text{CaCl}_2$ , 1% de ácido ascórbico e 1% de L-cisteína (M2) diferenciou-se dos demais tratamentos químicos no último dia de armazenamento, apresentando maiores valores (Figura 14) e, conseqüentemente, um menor escurecimento.

Chantanawarangoon (2000) concluiu que cubos de mangas tratados com 1%  $\text{CaCl}_2$  + 0,5% ácido ascórbico + 0,5% L-cisteína, e 1%  $\text{CaCl}_2$  + 0,5% ácido cítrico + 0,5% L-cisteína obtiveram maiores valores de “L”, quando comparados ao grupo controle (atmosfera modificada passiva).

Gorny et al. (1998) demonstraram que o escurecimento em pêras minimamente processadas diminuiu nos grupos tratados com maiores níveis de ácido ascórbico e o grupo tratado com 2% de ácido ascórbico apresentou maiores valores de “L”, em dois dias de armazenamento. Gorny et al. (1999) obtiveram maiores valores de “L” em fatias de pêsegos tratadas com 2% de ácido ascórbico + 1% de lactato de cálcio até o 6º dia de armazenamento.

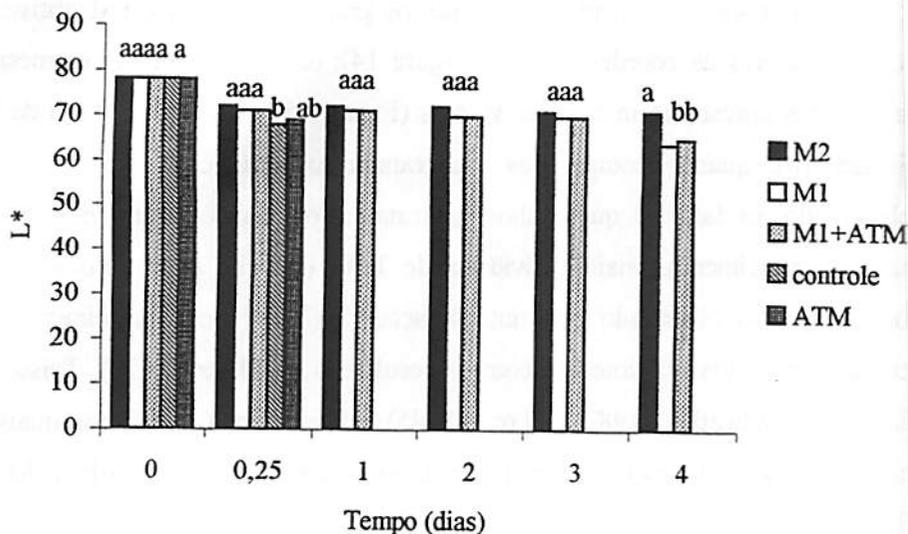


FIGURA 14 Valores médios observados da coordenada “L” em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

Quanto à coordenada “a”, o tratamento M2 apresentou menores resultados no 3º dia de armazenamento, quando comparado com o grupo M1 e resultado equivalente ao grupo M1+ATM. No último dia de armazenamento, o tratamento M2, se diferenciou dos demais, com valores de “a” bem menores. Isto pôde ser observado visualmente, já que os grupos M1 e M1+ATM (ambos com 0,5% de L-cisteína) apresentaram tons rosa-avermelhados em suas superfícies neste período (Figura 15).

Gorny et al. (2000), trabalhando com o tratamento de 2% de ác. ascórbico + 1% de lactato de cálcio + 0.5% de cisteína em pêras minimamente processadas, notaram que essas também apresentaram pigmentos rosçados na

superfície, no 4º dia de armazenamento a 0°C. Quando a cisteína é usada como inibidor enzimático do escurecimento em fatias de maçãs (Walker & Reddish, 1964) ou pêras (Sapers & Miller, 1998), componentes de coloração roseada são formados devido à regeneração de fenólicos (Richard-Forget et al., 1991).

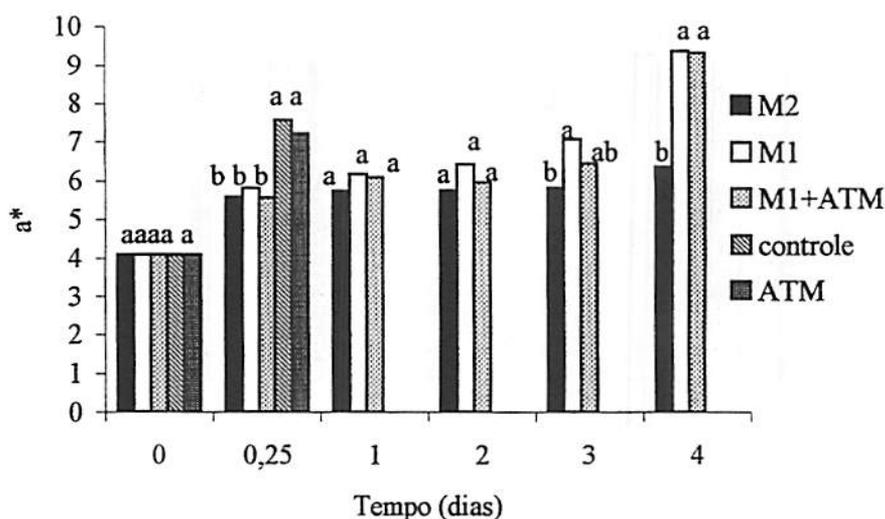


FIGURA 15 Valores médios observados da coordenada “a” em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

Em relação à coordenada “b”, o grupo tratado com 1% de CaCl<sub>2</sub> + 1% de ác. ascórbico e 1% de L-cisteína (M2) obteve maiores valores, diferenciando-se do grupo tratado com 1% de CaCl<sub>2</sub> + 1% de ác. ascórbico e 0,5% de L-cisteína (M1) no 3º e 4º dias de armazenamento. O grupo M1+ATM não se diferenciou

significativamente do M2 no 3º dia, porém, isso não se estendeu até o 4º dia de armazenamento, quando o M2 também apresentou maiores valores de “b” para o grupo M1+ATM.

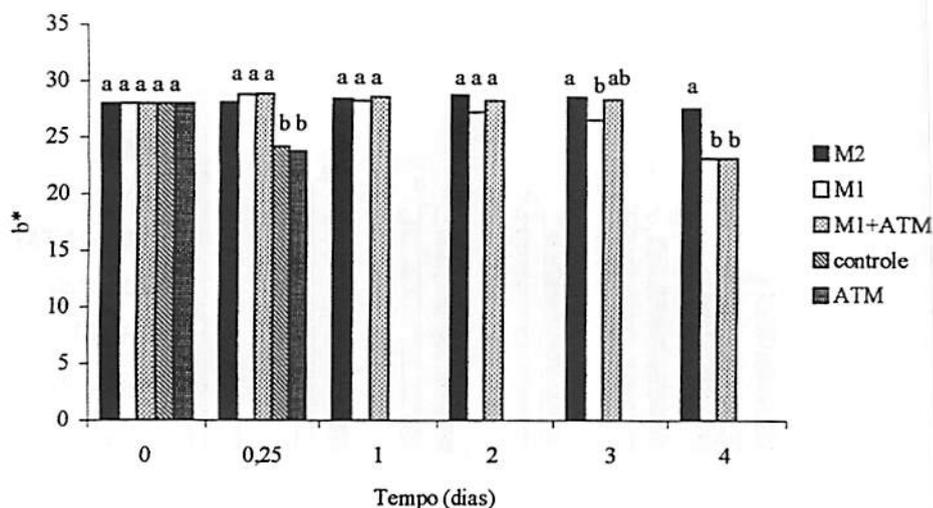


FIGURA 16 Valores médios observados da coordenada “b” em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

Entre os tratamentos químicos deste trabalho, o grupo tratado com 1% de L-cisteína, 1% de ác. ascórbico e 1% de CaCl<sub>2</sub> apresentou melhores características de cor (menor escurecimento) durante o período de armazenamento. Os dois grupos tratados com 0,5% de L-cisteína em suas soluções apresentaram pontos de roseamento no último dia. Pode-se dizer que o

grupo que utilizou atmosfera 10kPa de CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub> junto à mistura química (M1+ATM) se equiparou com o grupo M2 no 3º dia de armazenamento.

#### 4.9 Análises sensoriais

Apenas o tempo de armazenamento influenciou as variáveis sabor, cor e aparência, independente dos tratamentos estudados, enquanto tratamento × tempo interagiram na análise da aceitação (%) pelo consumidor, 6 horas após o processamento.

##### 4.9.1 Sabor

O comportamento médio do sabor, ao longo do tempo, é apresentado na Tabela 2. Neste trabalho, em geral, as notas quanto ao sabor, tiveram leves oscilações com o passar dos dias. Os grupos não químicos (controle e ATM) tiveram notas menores após seis horas do processamento, em relação às notas dos grupos químicos (M2, M1 e M1+ATM) no 4º dia de armazenamento.

Portanto, os tratamentos com cálcio, ác. ascórbico e L-cisteína promoveram uma ótima manutenção do sabor até o 4º dia de armazenamento de bananas minimamente processadas, independente do uso da atmosfera modificada e da concentração de L-cisteína.

TABELA 2 Médias do sabor ao longo do tempo de armazenamento.

Tratamentos	Tempo (dias)					
	0	0,25	1	2	3	4
M2	4,1	3,5	3,7	3,4	3,0	3,2
M1	4,1	3,6	3,3	3,4	3,4	3,4
M1 + ATM	4,1	3,2	3,4	3,1	3,0	3,3
Controle	4,1	2,5	-	-	-	-
ATM	4,1	3,0	-	-	-	-

#### 4.9.2 Aparência e cor

Segundo Miranda (2000), a aparência do produto exerce papel fundamental na decisão de compra, pois, através deste parâmetro, o consumidor seleciona, escolhe e consome o alimento.

O comportamento médio da aparência e cor, ao longo do tempo, é apresentado nas Tabelas 3 e 4. Foram observadas variações nas notas de aparência e cor, ao longo do tempo. Houve um leve declínio das notas 6 horas após o processamento, principalmente nos tratamentos controle e ATM. Isso sugere que esses tratamentos influenciaram nas notas dos demais grupos neste período, pois, após a retirada dos grupos não químicos, as notas dos tratamentos M2, M1 e M1+ATM aumentaram no 1º dia de armazenamento.

TABELA 3 Médias da aparência ao longo do tempo de armazenamento.

Tratamentos	Tempo (dias)					
	0	0,25	1	2	3	4
M2	4,3	3,9	4,3	4,3	3,1	3,4
M1	4,3	3,7	3,5	3,9	3,7	3,3
M1 + ATM	4,3	3,2	3,3	3,9	3,6	2,7
Controle	4,3	3,0	-	-	-	-
ATM	4,3	2,9	-	-	-	-

O uso da atmosfera modificada 10kPa CO<sub>2</sub> + 2kPa O<sub>2</sub>, não retardou o escurecimento enzimático, pois, o grupo com esse tratamento, de forma isolada, apresentou notas de aparência e cor semelhantes as do grupo controle, e as notas do tratamento com atmosfera modificada junto à mistura M1, não se diferiram das notas do grupo M1 sem atmosfera.

Como não houve diferenças significativas nas notas de aparência e cor entre os grupos químicos, conclui-se que o uso do ác. ascórbico e L-cisteína, retardaram o escurecimento e o uso do  $\text{CaCl}_2$  melhorou o aspecto firmeza e integridade dos frutos, durante o armazenamento. Porém, os frutos tratados com 0,5% de L-cisteína (M1 e M1+ATM) apresentaram, no último dia de armazenamento, pontos roseados em sua superfície.

TABELA 4 Médias da cor ao longo do tempo de armazenamento.

Tratamentos	Tempo (dias)					
	0	0,25	1	2	3	4
M2	4,4	3,9	4,4	4,4	3,4	3,8
M1	4,4	3,7	4,0	4,1	3,7	3,2
M1 + ATM	4,4	3,3	3,7	4,0	3,7	3,0
Controle	4,4	2,7	-	-	-	-
ATM	4,4	2,6	-	-	-	-

#### 4.9.3 Aceitabilidade (%)

A aceitação de um fruto pelos consumidores se dá principalmente pela aparência do mesmo. Portanto, houve coerência entre os resultados de aparência e aceitabilidade neste trabalho, já que menos da metade dos provadores (42,9%) aceitou os frutos do grupo controle e ATM, armazenados por 6 horas (Tabela 5).

Os frutos tratados com misturas químicas obtiveram boa aceitação até o 3º dia de armazenamento, pois, no último dia, todos os tratamentos foram recusados por mais da metade dos provadores.

TABELA 5 Aceitação (%) da banana "Prata" minimamente processada.

Tratamentos	Tempo (dias)						Médias
	0	0,25	1	2	3	4	
M2	100	100	100	100	100	42,9	90,5
M1	100	100	100	100	71,4	42,9	85,7
M1 + ATM	100	100	100	100	85,7	42,9	88,1
Controle	100	42,9	-	-	-	-	71,5
ATM	100	42,9	-	-	-	-	71,5

As médias quanto à aceitação dos três tratamentos químicos, ao longo de 4 dias de armazenamento foram maiores que as médias dos dois tratamentos não químicos em 6 horas de armazenamento (Tabela 5).

O grupo M2 foi o único com 100% de aceitação até o terceiro dia, e sua rejeição no último dia de armazenamento pode ter sido por influência dos demais tratamentos químicos, já que o este mesmo tratamento apresentou no 4º dia de armazenamento maiores valores de L\*, conseqüentemente menor escurecimento, e também menores valores de a\* , relacionando com a ausência de roseamento.

#### 4.10 Análises microbiológicas

Com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se considerar que não houve presença de coliformes totais e termotolerantes (Tabela 6).

A pesquisa do grupo dos coliformes termotolerantes nos alimentos fornece com maior segurança informações sobre as condições higiênico-sanitárias do produto, que é melhor indicação da eventual presença de enteropatógenos.

Para frutos e hortaliças MP, ainda não existe uma legislação com os limites de contagens tolerados. Existe a legislação para frutas frescas inteiras,

refrigeradas ou congeladas consumidas diretamente, que estipula o limite somente para coliformes termotolerantes, que é de  $2.10^2$  NMP/g. Para os demais grupos microbianos, não existe legislação pertinente.

TABELA 6 Quantificação de coliformes totais e termotolerantes (NMP/g)

Tratamentos	Tempo (dias)				
	0.25	1	2	3	4
M2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
M1	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
M1 + ATM	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Controle	< 0,3	-	-	-	-
ATM	< 0,3	-	-	-	-

As contagens de fungos e leveduras (Figura 17) e de microrganismos aeróbios mesófilos (Figura 18) foram baixas, indicando que boas práticas de higiene foram assumidas durante todas as etapas do processamento da matéria-prima.

Importante salientar que não houve crescimento dos microrganismos com o passar do tempo e que os grupos controle e ATM apresentaram maiores números de UFC/g de fungos e leveduras em 6 horas de armazenamento (Figura 17). Isso sugere que os tratamentos químicos deste experimento atuaram reduzindo a contagem de fungos e leveduras do alimento.

Portanto, os tratamentos químicos e as medidas de higiene tomadas em todas as etapas, desde a qualidade, limpeza e sanificação da matéria-prima, do lugar e dos utensílios até o treinamento dos operadores, favoreceram a obtenção dos ótimos resultados microbiológicos encontrados na banana minimamente processada.

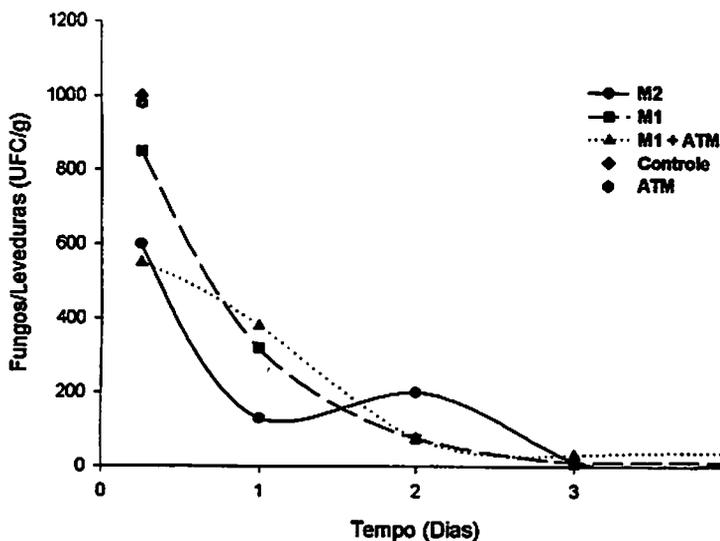
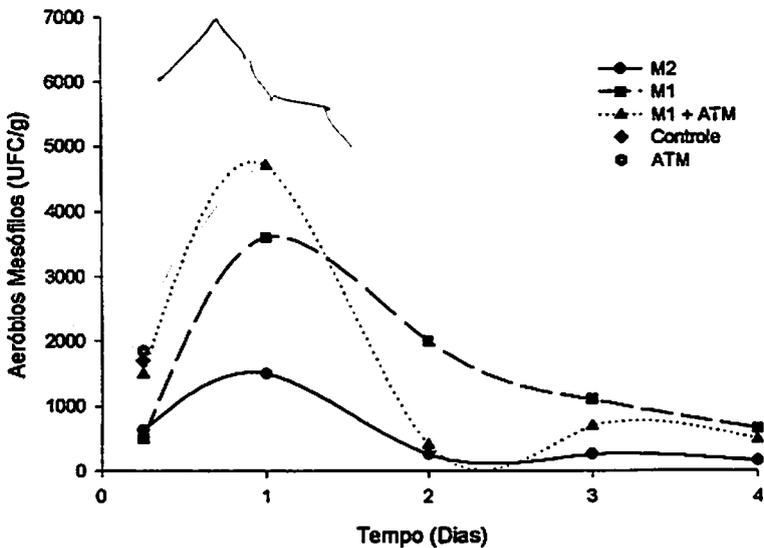


FIGURA 17 Valores médios observados, de fungos/leveduras (UFC/g) em banana "Prata" minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

No trabalho com frutos e hortaliças minimamente processados, as considerações sobre microbiologia são sempre essenciais (Cantwell, 1992). A partir das operações de aparamento e corte, nutrientes do interior dos tecidos são liberados, favorecendo o crescimento rápido de microrganismos no produto, equipamentos e utensílios (Brackett et al., 1993). O manuseio humano adicional durante as etapas de lavagem, secagem e embalagem, aumentam o risco de contaminações.



**FIGURA 18** Valores médios observados, de aeróbios mesófilos (UFC/g) em banana “Prata” minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [M2 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 1% L-cisteína); M1 (1% ác. ascórbico; 1% cloreto de cálcio e 0,5% L-cisteína); M1+ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>); ATM (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) e controle] armazenada a 8°C, durante 4 dias.

O aumento da vida útil de frutos minimamente processados não é o único objetivo das indústrias, que têm como grande desafio a segurança do produto (Hurst, 1995).

#### 4.11 Considerações Finais

As fatias de banana que não receberam os tratamentos químicos (grupos controle e ATM) não conservaram seus atributos de qualidades e vida de prateleira. Pois, logo após 6 horas do processamento, esses grupos apresentaram: maiores perdas de firmeza e maiores atividades enzimáticas (PME, PFO e PER),

podendo relacionar o aumento das duas últimas enzimas com as maiores taxas de escurecimento, menores valores de “L”, e menores notas nas análises sensoriais. Menos da metade dos provadores (42,9%) aceitou esses frutos, o que causou o afastamento desses dois grupos.

Entre os grupos químicos, o tratamento com 1% de L-cisteína, 1% CaCl<sub>2</sub> e 1% ácido ascórbico (M2) obteve 100% de aceitação até o 3° dia, apresentando melhor manutenção da firmeza, o que se relaciona com os menores valores da atividade enzimática da PG. Apresentou também maiores valores de “L” e menores valores de “a” no último dia do experimento, confirmando o menor escurecimento e a ausência de roseamento deste grupo.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados experimentais obtidos, conclui-se que:

- A vida de prateleira de bananas minimamente processadas não tratadas (atmosfera modificada passiva) ou submetidas somente à atmosfera modificada ativa (10kPa CO<sub>2</sub> e 2kPa O<sub>2</sub>) é inferior a seis horas
- A imersão da banana minimamente processada em 1% CaCl<sub>2</sub> + 1% de ácido ascórbico + 0,5 ou 1% de L-cisteína é efetiva na prevenção de seu amaciamento e escurecimento e extensão de sua vida de prateleira, a 8°C por 3 dias, independente do uso concomitante de atmosfera modificada (AM).
- O tratamento químico 1% CaCl<sub>2</sub> + 1% de ácido ascórbico + 1% de L-cisteína é recomendado, visto que foi o único com 100% de aceitação até o 3º dia de armazenamento e também foi efetivo na prevenção do amaciamento e escurecimento e não promove o roseamento nas fatias, já o tratamento com 1% CaCl<sub>2</sub> + 1% de ácido ascórbico + 0,5% de L-cisteína promove o roseamento de bananas minimamente processadas após o terceiro dia de armazenamento à 8°C.
- Com base nos resultados microbiológicos, os tratamentos químicos junto às boas práticas de fabricação, atuam de forma efetiva na manutenção da segurança da banana “Prata” minimamente processada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, K.A.; WATADA, A. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. *Journal of Food Science*, Chicago, v.56, n.6, p.1493-1496, Nov./Dec. 1991.
- ABREU, C.M.P. Efeito da embalagem de polietileno e da refrigeração no escurecimento interno e composição química durante a maturação de abacaxi. 1995. 94 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- AGAR, I.T.; MASSANTINI, R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A.A. Postharvest CO<sub>2</sub> and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwi fruit slices. *Journal of Food Science*, v. 64, n. 3, p.433-440, May/June, 1999.
- ALMEIDA, C.O.; SOUZA, J.S.; CORDEIRO, Z.J.M.; INÁCIO, E.S.B. Mercado Mundial. Banana Pós-colheita. Brasília: Embrapa, v. 16, p.9-14, 2001. Série Frutas do Brasil.
- ARAÚJO, J.M.A. Química de alimentos : teoria e prática. Viçosa: UFV, 1995. 335p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. *Official Methods of the Association of Agricultural Chemists*. 15<sup>th</sup> ed. Washington, 1990, 2v.
- AWAD, M. Fisiologia pós-colheita de frutos. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.
- BALDWIN, E. A; NISPEROS-CARRIEDO, M.O.; BAKER, R.A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *Hortscience*, Alexandria, v.30, n.1, p.35-38, Feb. 1995.
- BARMORE, C.R. Packaging technology for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality*, Westport, v.10, n.3, p.207-217, June 1987b.
- BICALHO, U. A vida útil pós-colheita de mamão submetido a tratamentos de cálcio e filme de PVC. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998, p.145 Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos).

BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, New York, v.34, p.330-334, 1962.

BLEINROTH, E.W. Matéria-prima In: ITAL. **Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1995. Série Frutas do Brasil.

BOURNE, M.C. Postharvest food losses: the neglected dimension increasing the world food supply. **International Agriculture**, New York: Cornell University, 1977. p. 53.

BRACKETT, R.E.; SUNDLEWOOD, D.M.; FLETCHER, S.M.; HORTON, D. I. Food safety: Critical points within the production and distribution system. In: SHEWFELT, R.L.; PRUSSIA, S.E. (Eds). **Postharvest handling: A system approach**. San Diego: Academic Press, 1993. p. 301-302.

BRACKMAN, A.; SAQUET, A.A.; Efeito da temperatura e condições de atmosfera controlada sobre a conservação de caqui (*diospyros kaki*, L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n.2 , p.215-218, maio/ago. 1995.

BRADY, C.J. The pectinesterase of the pulp of banana fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.3, n.2, p.163-172, 1976.

BRAVERMAN, J.B.S. Vitaminas. In: **Introduction a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 1967. Cap.14, p.206-209.

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

BUTA, J.G.; MOLINE, H.E.; SPAULDING, D.W.; WANG, C.Y. Extending storage life of fresh-cut apple using natural products and their derivatives. **Journal Agriculture Food Science Chemistry**, Washington, v. 47, n.1, p.1-6, Jan. 1999.

CANTWELL, M. The dynamic fresh-cut sector of the horticultural industry. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: EMBRAPA Hortaliças, 2000. p.147-155.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: Minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed.) **Postharvest Technology of horticultural crops**. 2. ed. Davis: University of California, 1992. p.227-281.

CARVALHO, H.A. **Qualidade de banana 'Prata' previamente armazenada em saco de polietileno, amadurecida em ambiente com elevada umidade relativa.** 1984.92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

CARVALHO, H.A. et al. **Banana "Prata" amadurecida sob umidade relativa elevada.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.12, p.1331-1338, dez. 1988.

CARVALHO, H.A. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita de goiaba "Kumagai".** 1999. 115p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, A.V. **Avaliação da qualidade de kiwis cv. "Hayward" minimamente processado.** 2000. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CHANTANAWARANGOON, S. **Quality maintenance of fresh-cut mango cubes.** Davis: University of Califórnia, 2000. 71p.

CHEFTEL, J.; CHEFTEL, H. **Introdução a la bioquímica y tecnología de los alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1992. v.1, 220p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: FAEPE/ESAL, 1990. 543p.

OK CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. **Manejo pós-colheita e amadurecimento comercial de banana.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.6, p. 761-771, jun. 1984.

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

CHUNG, H.D.; YOUN, S.J. **The effect of CaCl<sub>2</sub> application on membrane protein profiles and cell wall structure of strawberry fruits.** *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, Swwon, v.36, n.4, p.486-492, 1995.

CONWAY, W.S.; SAMS, C.E.; WATADA, A E. **Relationship between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest presume infiltration of calcium chloride.** *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 398, p.31-39, 1995.

- DAS, J. R.; BHAT, S.G.; GOWDA, L.R. Purification and characterization of indian pineapple fruit. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, n.45, n. 6, p.2031-2035, June 1997.
- DE POIX, A., ROUET-MAYER, M.A, PHILIPPON, J., Action combinee des chlorures et de l' acide ascorbique sur l' anhibition de brunissements enzymatiques d' un broyat de pommes. **Lebensmittel Wissenschaft & Technology**, v.14, n. 2, p. 105-110, 1980.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: Whistler, R.L.; Wolfran, M.L.(ed.) **Carbohydrates Chemistry**. New York: Academic Press, 1962. v.1,p.477-512.
- DOMINGUEZ-PUIGJANER, E.; VENDRELL, M.; LUDEVID, M. D. Differential protein accumulation in banana fruit during ripening. **Plant Physiology**, Rockville, v.98, n.1, p.157, June 1992.
- DOWNS, C.G.; BRADY, C.J. Two forms of exopolysaccharuronase increase as peach fruits ripen. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.13, n.5, p.523-530, June 1990.
- DUDLEY, E.D.; HOTCHKISS, J.H. Cysteine as an inhibitor of polyphenol oxidase. **Journal Food Biochemistry**, Connecticut, v. 13, n.1, p. 65-75, Feb. 1989.
- ESKIN, N.A.M.; HENDERSON, H.M.; TOWNSED, R.J. **Biochemistry of Foods**. New York: Academic Press, 1971. 292p.
- FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1993. 1100p.
- FERNANDES, K.M.; CARVALHO, V.D.; CAL-VIDAL, J. Physical changes during ripening of Silver bananas. **Journal of Food Science**, Chicago, v.44, n.4, p.1254-1255, July/Aug. 1979.
- FERNANDEZ, M.A.F. **Influência da atmosfera modificada e armazenamento no escurecimento de pêsegos (cv. Marli)**. 2000. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- FILGUEIRAS, H.A.C. **Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco "alcobaça"**. 1996. 118 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FISHER, M.; ARRIGONI, E.; AMADÒ, R. Changes in pectic substances of apples during development and postharvest ripening. part 2: Analysis of the pectic fractions. *Carbohydrate Polymers*, London, v.25, n.6, p.167-175, 1994.

FONSECA, H. As frutas para geléias. *Revista Brasileira de Bebidas e Alimentos*, São Paulo, v.6, n.73, p.18-19, 1973.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *FAO production yearbook 1989/93*. Roma: 1988/93. v.43-47.

FORSYTH, W. G. C. Banana and plantain. In: NAGY, S.; SHAW, P.E. *Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses*. Avi Publishing, 1980. P. 258-278.

FREIRE JUNIOR., M. Efeito da temperatura de armazenamento e influência da atmosfera modificada na qualidade do alface hidropônico (cv. Regina) minimamente processado. 1999. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FRY, S.C. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. *Annual Review of plant physiology*, Palo Alto, v.37, p.165-186, 1986.

GALEAZZI, M.A.M.; SGARBIERI, V.C. Substrate specificity and inhibition of polyphenol oxidase (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa Cavendishii*, L). *Journal of Food Science*, Chicago, v.46, p.1404-1406, 1981.

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, Apr. 1998.

GIOVANE, A.; QUAGLIUOLO, L.; CASTALDO, D.; SERVILLO, L.; BALESTRIERI, C. Pectin methyl esterase from actinidia chinensis fruits. *Phytochemistry*, Oxford, v.29, n.9, p.2821-2823, Sept. 1990.

GOMES, W. da R. Principais cultivares da bananeira. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.6, n.63, p.16-17, mar. 1980.

GONÇALVES, N. B. Efeito da aplicação de cloreto de cálcio associado ao tratamento hidrotérmico sobre a composição química e suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi c. v. Smooth Cayene. 1998. 98 p. Tese (D. em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

**GOODWIN, T.W.; MERCER, E.I. Introduction to plant biochemistry.**  
Oxford: Pergamon Press, 1982. 677p.

**GORNY, J.R.; KADER, A.A. Fresh-cut Fruit product.**In: Cantwell, m. editor.  
**Fresh-cut Products: Maintaining Quality and safety. In: Postharvest Horticulture Series n.10.** Davis, Postharvest outreach Program, University of California, p.11-14, 1998.

**GORNY, J.R.; GIL, M.I.; KADER, A.A. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut pears.** *Acta Horticulture*, Wageningen, n.464, p. 231-236, 1998b.

**GORNY, J.R.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A.A. Quality changes in fresh-cut peach and nectarine slices as affected by cultivar, storage atmosphere and chemical treatments.** *Journal of Food Science*, Chicago, v.64, n.3, p. 429-432, May/June 1999.

**GORNY, J.R.; HESS-PIERCE, B.; CIFUENTES, R.A.; KADER, A.A. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservation.** *Journal of Food Science*, Chicago, v.65, n.3, p.541-544, Apr.2000.

**HEMEDA, H.M.; KLEIN, B.P. Effects of naturally occurring antioxidants on Peroxidase activity of vegetable extracts.** *Journal of Food Science*, Chicago v.55, n.1, p.184-185, 1990.

**HEPLER, P. K.; WAYNE, R. O. Calcium and plant development.** *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.36, p.397-439, Jan./Feb.1985.

**HUDDAR, A.G.; BHARALLI, B.C.; THIMARAJU, K.R. Note on extension of storage of mango fruits by Tal-prolong.** *Acta Horticulture*, Wageningen, v.231, n.2, p.668-669, 1988.

**HULTIN, H.O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methylesterase of banana. Purification and properties.** *Journal of Food Science*, Chicago, v.31, n.3, p.320-327, May/June 1966.

**HURST, W.C. Sanitation of lightly processed fruits and vegetables.** *HortScience*, Alexandria, v. 30, n.1, p.22-24, Feb. 1995.

**INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.52, 533p.**

IZUMI, H.; WATADA, A.E. Calcium treatment effect storage quality of shredded carrots. **Journal Food Science**, v.59, n.1, p.106-109, Jan./Feb. 1994.

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, July/Aug. 1995.

JONH, E.G.; MARCHAL, E.D. Technology of banana marketing. **CSIRO, Food Preservation Quaterly**, 27(2): 36-42, 1995.

KADER, A.A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops. 3. ed.** California: University of California, 2002. Cap. 4, p.39-47.

KADER, A.A. ZAGORY, D., KERBEL, E.L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **CRC Critical Review Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.28, n.1, p.1-30, Jan. 1989.

KAHN, V. Effect of proteins, protein hydrolyzates and amino acids on odihydroxyphenolase activity of polyphenol oxidase of mushroom, avocado and banana. **Journal of Food Science**, Chicago, v.50, n.1, p.111-115, Jan./Feb. 1985.

KETIKU, A. O., **Journal Science Food Agriculture**, London, v.24, n.6, p. 703-707, June 1973.

KING JUNIOR. A.D.; BOLIN, H.R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v.43, n.2, p.132-135, Feb. 1989.

KING JUNIOR. A D.; MAGNUSON, J.A.; TOROK, T.; GOODMAN, N. Microbial flora and storage quality of partially processed lettuce. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.2, p.459-461, May/Apr. 1991.

KLEIN, B.P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Wesport, v.10, n.3, p.179-193, June 1987.

KOJIMA et al. Fruit softening in banana: correlation among stress-relaxation parameters, cell wall components and starch during ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.90, n.4, p.772-778, Apr.1994.

KONNO, H.; YAMASAKI, Y.; KATOH, K. Degradation of pectic polysaccharides extracted from suspension cultures of carrot by purified exo-polygalacturonase. **Plant Physiology**, Rockville, v.61, n.1, p.20-26, Jan. 1983.

LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. **Postharvest News and Information**, Wallingford, v.9, n.4, p.53-65, Aug. 1998.

LEE, Y.C.; HAMMES, J.K. Heat inactivation of Peroxidase in corn on the cob. **Journal of Food Science**, Chicago, v.44, n.3, p.785-787, May/June 1979.  
LESTER, G. Calcium alters senescence rate of postharvest muskmelon disks. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.7, n.1/2, p.91-96, 1996.

LIMA, L.C.O. **Tecido esponjoso em manga "Tommy Atkins": transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento.** 1997. 148p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

*JK*  
*1,1,1*  
LIZADA, M. C. C. et al. Ripening of banana; changes during ripening in banana. In: HASSAN, A.; PANTASTICO, E. B (Eds), **Banana fruit development postharvest physiology, handling and marketing.** Boston: ASEAN, 1990. Cap.5, p.65-84.

LOESECKE, H.W. Von. Bananas, Chemistry, Physiology, Technology. **Interscience Publishers, Inc.**, New York, p.189, 1950.

LÓPEZ-GÁLVES, G., SALTVEIT, M., CANTWELL, M. Wound-induced phenylalanine ammonia lyase activity: Factors affecting its induction and correlation with the quality of minimally processed lettuces. **Postharvest Biology and Tecnology**, Amsterdam, v.6, n.2, p.223-233, Nov. 1996.

LUNA-GUZMAN, I.; CANTWELL, M.; BARRETT, D.M. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl<sub>2</sub> dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.17, n.3, p.201-213, Nov. 1999.

MANICA, I. Colheita, embalagem , armazenamento e amadurecimento. In: **Fruticultura tropical : 4. banana**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1997. p.349-428.

MARKOVIC, O.; HEIRICHOVÁ, V.; LENKEY, A. Mode of pectin deesterification by *Trichoderma reesei* pectinesterase. **Experimentia Basel**, v.40, p.842-843, 1984.

MARRIOT, J.; ROBINSON, M.; KARIKARI, S.K. Starch and transformation during the ripening bananas. **Journal Science and Agriculture**, London, v.32, n.10, p.1021, Oct. 1991.

MATSUMO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase enzymes in sweet potato root tissue injured by cutting or black root. **Plant and Cell Physiology**, Toquio, v.13, n.6, p.1091-1101, Sept. 1972.

MCCREADY, P.M.; MCCOMB, E.A. Extration and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.

MEDINA, J. C. Cultura. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS TAL. **Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: 1990. Cap.1, p.1-131.

MENEZES, J.B. **Qualidade pós-colheita do melão “Gália” durante a maturação e o armazenamento**. 1996. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENGUEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1982. 576p.

MIRANDA, R.B. **Avaliação da qualidade de mamões “Papaya” minimamente processados**. 2001. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

→ MOLINE, H.E.; BUTA, J.G.; NEWMAN, I.M. Prevention of browning of banana slices using natural products and their derivatives. **Journal of Food Quality**, Westport, v.22, n.5, p.499-511, 1999.

MOLNAR-PERL, I.; FRIEDMAN, M. Inhibition of browning by sulfur amino acids. 3. Apples and potatoes. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.38, n.8, p.1652-1656, Aug. 1990.

MOSSEL, D.A A ; GARCIA, B.M. **Microbiologia de los alimentos: fundamentos ecológicos para garantir y comprobar la inocuidad de los alimentos.** Acribia, Zagazoa, 1983, 375p.

OK

MUNASQUE, V.S.; ABDULLAH, H.; GELIDO, M.E.R.A.; ROHAYA, M.A., ZAIPUN, M.Z. **Fruiti growth and maturation of banana.** In: HASSAN, A., PANTASTICO, E.B. **Banana: fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN.** Jakarta, Indonesia: ASEAN Food Handling Bureau, 1990. p. 33-43.

NELSON, N.A. **Aphotometric adaption of Somogy method for the determination of glucose.** *Journal of Biological Chemistry*, Baltimore, v.135, n.1, p.136-175, Jan. 1944.

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

OLIVEIRA FILHO, A.T.; OLIVEIRA, L.C.A. **Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St hil. (solanaceae) em Lavras, MG.** *Revista brasileira de botânica*, São Paulo, v.11, n.1/2, p.23-24, Dez. 1998.

OLIVEIRA JUNIOR, E.N. **Alterações pós-colheita da fruta-do-lobo durante o amadurecimento.** 2002. 71p. *Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

PALMER, J.K. **The Banana.** In: HUME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products.** London: Academic Press, 1971.

PANTASTICO, E. B.; LAM, P. F.; KETSA, S.; YUNIARTI, E.; KOSITTRAKUL, M. **Postharvest physiology and storage of mango.** In: MENDONZA JUNIOR, D. B.; WILLS, R. B. H. (Ed). **Mango: fruit development, postharvest physiology and marketing in ASEAN.** Malaysia: 1984. p.111.

PATHAK, N. & SANWAL, G.G. **Multiple forms of polygalacturonase from banana fruits.** *Phytochemistry*, Oxford, v.48, n.2 p.249-255, May 1998.

PAULL, R.E.; ROHRBACH, K.G. **Symptom development of chilling injury in pineapple fruit.** *Journal of the American Society Horticultural Science*, Alexandria, v.110, n.1, p.100-105, Jan. 1985.

**PINTO, A.C.Q. Influência do ácido giberélico, do permanganato de potássio e da embalagem de polietileno na conservação e qualidade da banana "Prata". 1978. 80p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola superior de Agricultura de Lavras, Lavras.**

**POOVAIAH, B. W. Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. Hort Science, Alexandria, v.20, n.3, p.347-51, June 1985.**

**PRESSEY, R., AVANTS, J.K. Difference in polygalacturonase composition of clingstone and freestone peaches. Journal of Food Science, Chicago, v.43, n.5, p.1415-1423, Sept./Oct.1978.**

**PRESSEY, R., HINTON, D.M., AVANTS, J.K. Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectins in peaches during ripening. Journal of Food Science, Chicago, v.36, n. 6, p. 1070-1073, Nov./Dec. 1971.**

**POOVAIAH, B. W., Role of calcium in prolonging storage life of fruit and vegetables. Food technology, Chicago, v.40, n.1, p.86-89, Jan. 1986.**

**POOVAIAY, B.W.; GLENN, G.M.; REDDY, A S.N. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. Horticultural Reviews, Cairo, v.10.p.107-153, 1988.**

**REED, G. Enzyme in Food Processing. New York: Academic Press, 1975. 572p.**

**RICHARD, F.C.; GOUPY, P.M., NICOLAS, J.J., LACOMBE, J.M., PAIVA, A.A., 1991. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 1. Isolation and characterization of addition compounds formed during oxidation of phenolics by apple polyphenol oxidase. Journal Agriculture Food Chemistry, Washington, v.39, n.5, p.841-847, May 1991.**

**RICHARD- FORGET, F.C.; GOUP, P.M.; NICHOLAS, J.J., 1992. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. Kinetic studies. Journal Agriculture Food Chemistry, v.40, n.10, p.2108-2114, Oct. 1992.**

**ROBERT, C.; RICHARD- FORGET, F.C.; ROUGH, C.; PAION, M.; CADET, F. A Kinetic study of inhibition of palmito pphenol oxidase by L-cysteine. International Journal Biochemistry Cell Biology, v.28, n.4, p.457-463, Apr. 1996.**

RODRIGUES, M. G. V. et al. Influência do ensacamento do cacho na produção de frutos da bananeira – “Prata-Anã” irrigada, na região norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.23, n.3, p.559-562, Dez. 2001.

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

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

OK ROSSIGNOLI, P.A. Atmosfera modificada por filmes de polietileno de baixa densidade com diferentes espessuras para conservação de banana 'Prata' em condições ambiente. 1983. 81 p. Tese (Mestrado em Ciência dos Alimentos). – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SALES, A.N. Aplicação de 1-Metilciclopropeno em banana “Prata-Anã” armazenadas sob baixa temperatura seguida de climatização. 2002. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SALUNKE, D. K.; BOLIN, H. R.; REDDY, N. R. Storage, processing, and nutritional quality of fruits and vegetables; fresh fruits and vegetables. 2. ed. Boston: CRC Press, 1991. v.1, 323p.

SAMS, S.E.; CONWAY, D.S.; ABBOTT, J.A ; LEWIS, R.J. ; BEM-SHALOM, Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and heat treatment. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.5, n.118, p.623-627, Sept. 1993.

SAPERS, G.M.; MILLER, R.L. Browning inhibition in fresh-cut pears. *Journal Food Science*, Chicago, v. 63, n.2, p.342-346, Apr. 1998.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.I. Especificações para embalagens de vegetais minimamente processados (fresh-cut). *Boletim Técnico do Centro Tecnológico de Embalagens*, Campinas, v.9, n.5, p.8. set/out. 1997.

SCOTT, K.J.; WILLS, R.B.H. Postharvest application of calcium as a control for storage breakdown of apples. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.89, n.3, p.204-210, 1975.

SGARBIERI, V.C.; HEC, M.; LEONARD, S.J. Estudo Bioquímico de algumas variedades de bananas na Brasil. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Coletânea do ITAL. Campinas: 1965/66. v.1, p.529-58.

SGARBIERI, V.C.; FIGUEIREDO, I.B. Transformações bioquímicas da banana durante o amadurecimento. *Revista Brasileira de Tecnologia*, Brasília, v.2, n.2, p.85-94, jun. 1971.

SIDDIQUI, S., BRACKMANN, A., STREIF, J., BANGERTH, F. Controlled atmosphere storage of apples: cell wall composition and fruit softening. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.71, n.4, p. 613-620, July, 1996.

SILVA, J.; E.A NONAKA, L.; ARRUD, G.A ; VITALE, W. Observação das características sensoriais e determinação das contagens de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* em amostras de vegetais, quando submetidos a pressões reduzidas (vácuo) e baixos teores de oxigênio, em recipientes rígidos. *Higiene Alimentar*, São Paulo, v.8, n.33, p.27-31 set./out. 1994.

OK SILVA, J.M. *Uso da atmosfera modificada no armazenamento do abacaxi (Ananas comosus L.) cv. Smooth cayenne*. 1997. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SIMMONDS, N. W. *Los plátanos*. Barcelona: Blume, 1973. 539p.

SHEWFELT, R.L. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v.40, n.5, p.70-78, May. 1986.

SMITH, N.J.; SEYMOUR, G.B.; JEGER, M.J.; TUCKER, G.A. Cell wall changes in bananas and plantains. *Acta Horticulture*, Wagening, Holanda, v.269, p.283-289, 1990.

SOUZA, A.T.; PEIXOTO, A. da N.; WAACHHOLZ, D. *Banana*. Florianópolis: Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, 1995. 103p. (Estudo de economia e Mercado de Produtos Agrícolas, 2).

TANADA, P.S. **Obtenção do extrato de banana (*Musa cavendishi*) isento de polifenoloxidase por ultrafiltração e concentrado por osmose inversa.** UNICAMP: 1996. 95p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TEISSON, C. **Lê brunissement interne de l' ananás. I-Historique. II-Material e métodos.** *Fruits*, Paris, v.34, n.4, p.245-281,1979.

TEISSON, C.; MARTIN-PREVEL, P.; MARCHAL, J. **Le brunissement interne de l' ananás biochemique du phenomene.** *Fruits*, Paris, v.34, n.5, p.329-339, avril 1979.

TONG, C.B.S.; HICKS, K.B. **Sulfated polysaccharides inhibit browning of apples juice and diced apples.** *Journal Agriculture Food Chemistry*, Washington, v.39, n.10, p.1719-1722, Oct. 1991.

OK VALMAYOR, R.V.; SILAYOY, B.; JAMALUDDIN, S.H.; KUSUMO, S.; ESPINO, R.R.C.; PASCUA, O.C. **Commercial banana cultivars in ASEAN.** In: HASSAN, A.; PANTASTICO, E.B. **Banana: fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN.** Jakarta, Indodesia: ASEAN Food Handling Bureau, 1990. p. 23-32.

VANETTI, M.C.D. **Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo.** ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000. Viçosa. **Palestras... Viçosa: EMBRAPA, 2000. p.44-52.**

VILAS BOAS, E. V.de B. **Modificações pós-solheita de bananas 'prata' (*Musa acuminata* X *Musa balbisiana* Grupo AAB)  $\gamma$ -irradiada.** 1995. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VILAS BOAS, E.V. B. **Aspectos Fisiológicos do Desenvolvimento de Frutos.** Lavras: UFLA/FAEPE/DCA, 1999.7 1p. (Curso de Especialização Pós-Graduação "Lato sensu" Ensino à distância: Pós-colheita de frutos e hortaliças: manutenção e qualidade).

VILAS BOAS, E.V. B. ; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MENEZES, J.B. **Características da Fruta. Banana Pós-colheita.** Brasília: Embrapa, 2001. p. 15-19. Série Frutas do Brasil, 16.

VILAS BOAS, E.V. B; KADER, A. A. Effect of 1-MCP on fresh-cut fruits. **Perishables Handling Quarterly**, Davis, n. 108, p. 25, Nov. 2001.

VON LOESECKE, H. W. von. **Bananas: chemistry, physiology, technology**. New York: Interscience, 1950. Cap. 4, p.67-118.

VUKOMANOVIC, C.R. **Efeito da maturação e da baixa temperatura na composição química e no escurecimento interna do abacaxi**. 1988. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

OK WADE, N.L.; KAVANAGH, E.E.; HOCKLEY, D.G.; BRADY, C.J. Relationship between softening and polyuronides in ripening banana fruit. **Journal of the Science of Food Agriculture**, London, v.60, p.61-68, 1992.

WALKER, J.R.L.; REDDISH, C.E.S.; Note on the use of Cysteine to prevent browning in apple products. **Journal Science Food Agriculture**, Chicago, v.15, n.12, p.902-904, Dec. 1964.

WATADA, A E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.50, n.5, p.116-122, May 1990.

WHEATLEY, C.C. **Studies on Cassava (*Manihot esculenta*) root post-harvest physiological deterioration**. London: University of London, 1982. 246p.

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

YAHIA, E.M. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. **Horticultural Reviews**, New York, v.22, p.123-183, 1998.

## ANEXOS

### ANEXO A

Página

**TABELA 1A** Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para perda de massa, acidez total titulável (ATT), polifenoloxidase (PFO), pectina total (PT), pectina solúvel (PS), % de solubilização (%Solub.), açúcares solúveis totais (AST), sólidos solúveis totais (SST), pH, firmeza de banana minimamente processada, submetida a diferentes tratamentos (M2, M1 e M1+ATM) e armazenadas por 6 tempos (0h, 6h, 1°, 2°, 3°, 4° dia) a 8°C - Fatorial 3 x 6..... 89

**TABELA 2A** Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para avaliação da cor (L, a, b), pectinametilesterase (PME), peroxidase (PER), poligalacturonase (PG) e avaliação sensorial (sabor, cor, aparência e aceitabilidade) de banana minimamente processada, submetida a diferentes tratamentos (M2, M1 e M1+ATM) armazenadas por 6 tempos (0h, 6h, 1°, 2°, 3°, 4° dia) a 8°C - Fatorial 3 x 6..... 90

**TABELA 3A** Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para acidez total titulável (ATT), polifenoloxidase (PFO), pectina total (PT), pectina solúvel (PS), % de solubilização (%Solub.), sólidos solúveis totais (SST), pH, firmeza, peroxidase (PER), açúcares solúveis totais (AST), de banana minimamente processada, submetida a diferentes tratamentos (Controle, ATM, M2, M1 e M1+ATM) e armazenadas por 2 tempos (0 e 6 horas) a 8°C - Fatorial 5 x 2..... 91

**TABELA 4A** Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para avaliação da cor (L, a, b), pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG) e avaliação sensorial (sabor, cor, aparência e aceitabilidade) de banana minimamente processada, submetida a diferentes tratamentos (Controle, ATM, M2, M1 e M1+ATM) armazenadas por 2 tempos (0 e 6 horas) a 8°C - Fatorial 5 x 2.....

TABELA 1A Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para perda de massa, acidez total titulável (ATT), polifenoloxidase (PFO), pectina total (PT), pectina solúvel (PS), % de solubilização (%Solub.), açúcares solúveis totais (AST), sólidos solúveis totais (SST), pH, firmeza de banana minimamente processada, submetida a diferentes tratamentos (M2, M1 e M1+ATM) e armazenada por 6 tempos (0h, 6h, 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup>, 4<sup>o</sup> dia) a 8°C.

FV	GL	P.Massa	ATT	PFO	PT	PS	%Solub.	AST	SST	pH	Firmez.
Tratamento	2	0,00064	0,000289	223,0027	241,4505	152,8218	6,52236	0,45155	3,3043*	0,001	0,002**
Tempo	5	0,021634**	0,000991**	10413,66**	2004,649	15658,1**	438,081**	11,5615**	2,9082*	0,0007	0,009**
Trat*Temp	10	0,001282	0,000193	14,95715	73,11416	149,1806	3,59927	0,57488	0,4378	0,0008	0,0003
Erro	36	0,00067	0,000159	493,4559	994,0915	481,2034	0,99278	1,66508	0,8257	0,0009	0,0002
CV (%)		2,5	3,07	13,09	4,72	8,62	8,67	9,35	4,33	0,73	5,41

\*/\*\* Teste de F: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2A Quadrados médios da ANOVA e respectivos níveis de significância para avaliação da cor (L\*, a\*, b\*), pectinametilesterase (PME), peroxidase (PER), poligalacturonase (PG) e avaliação sensorial (sabor, cor, aparência e aceitabilidade) de banana minimamente processada, submetida a diferentes tratamentos (M2, M1 e M1+ATM) armazenada por 6 tempos 9 0h, 6h, 1°,2°,3°,4° dia) a 8°C.

FV	GL	L	a	b	PME	PER	PG	GL	Sabor	Cor	Aparência	Aceitab.
Tratamento	2	15,568	4,194	6,793	96037812,9**	54,608	398,02**	2	0,49008	1,0079	2,127	0,00544
Tempo	5	150,98	16,804	15,54	89999668,5**	669,4**	7716,4**	5	2,5801**	3,744**	3,4594**	0,182
Trat*Temp	10	6,427**	1,27**	2,99**	27536090,7**	8,2104	300,8**	10	0,2773	0,4667	0,6036	0,0058**
Erro	36	0,8144	0,183	0,914	62933,33	56,234	20,78	108	0,4319	0,4867	0,4866	0,0131
CV (%)		1,27	7,03	3,45	2,4	23,3	4,71		18,99	18,01	18,82	8,41

\*/\*\* Teste de F: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 3A Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para acidez total titulável (ATT), polifenoloxidase (PFO), pectina total (PT), pectina solúvel (PS), % de solubilização (%Solub.), sólidos solúveis totais (SST), pH, firmeza, peroxidase (PER), açúcares solúveis totais (AST), de banana minimamente processada, submetida a diferentes tratamentos (Controle, ATM, M2, M1 e M1+ATM) e armazenada por 2 tempos (0 e 6 horas) a 8°C.

FV	GL	ATT	PFO	PT	PS	%Solub.	pH	Firmeza	PER	SST	AST
Tratamento	4	0,00013	365,67	399,5	247,48	10,78	0,0032**	0,0016**	212,9**	0,785	0,079
Tempo	1	0,0037**	36500,8**	7809,2	7,5205	17,88	0,010**	0,0049**	3121,2**	0,161	0,744
Trat.*Temp.	4	0,00014	365,67	399,5	247,48	10,79	0,0033**	0,002**	212,9**	0,785	0,079
Erro	20	0,00025	455,27	793,05	378,73	12,06	0,00047	0,00017	25,86	0,796	1,012
CV (%)		3,99	15,35	4,16	9,09	10,94	0,52	4,58	17,53	4,36	7,91

\*/\*\* Teste de F: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4A Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância para avaliação da cor (L\*, a\*, b\*), pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG), e avaliação sensorial (sabor, cor, aparência e aceitabilidade) de banana minimamente processada, submetida a diferentes tratamentos (Controle, ATM, M2, M1 e M1+ATM) armazenada por 2 tempos (0 e 6 horas) a 8°C.

FV	GL	L	a	b	PME	PG	GL	Sabor	Cor	Aparência	Aceitabilidade
Tratamento	4	3,973**	1,395**	9,477**	47751896,7**	5,52	4	0,0378	1,164	1,021	0,0589**
Tempo	1	320,13**	37,52**	10,94**	181892563,4**	1721,4**	1	1,109**	26,414**	19,557**	0,1569**
Trat.*Temp.	4	3,973**	1,395**	9,48**	47751896,7**	5,524	4	0,038	1,164	1,0214	0,0588**
Erro	20	0,399	0,079	0,512	69730	3,738	60	0,034	0,414	0,452	0,0098
CV (%)		0,86	5,38	2,61	2,86	2,92		8,65	16,87	17,9	7,4

/\*\*/ Teste de F: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.