



**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE  
BANANA 'MAÇÃ' SUBMETIDA AO 1-  
MCP**

**ANA CARLA MARQUES PINHEIRO**

**2004**



57608

049289

**ANA CARLA MARQUES PINHEIRO**

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BANANA 'MAÇÃ' SUBMETIDA AO  
1-MCP**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Eduardo V. de B. Vilas Boas

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004

*mpinheiro*

ASSINATURA

Data 09, 08, 17

BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA  
UFLA

compostos solúveis em água, que representam substâncias, tais como açúcares, ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas (Silva, 1997).

Os SST aumentam com o amadurecimento de frutos em decorrência da hidrólise do amido em glucose 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 e Figueiredo, 1971). Carvalho (1984) e Chitarra e Chitarra (1984), trabalhando com banana 'Prata' e, ainda, Silva et al. (1996), trabalhando com banana cv. Nanicão, também encontraram valores semelhantes.

#### 2.2.4.3 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 combinados com sais, ésteres, glicosídios ou outros compostos. São sintetizados através de oxidação, descarboxilação ou carboxilação de outros ácidos orgânicos ou açúcares (Kays, 1991).

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 de hidrólise do amido. O aumento da acidez deve estar ligado ao mecanismo do processo de respiração da banana (Bleinroth, 1995).

**ANA CARLA MARQUES PINHEIRO**

**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BANANA 'MAÇÃ' SUBMETIDA AO  
1-MCP**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de "Mestre".

**APROVADA em 05 de março de 2004**

**Prof. Luís Carlos de O.Lima**

**UFLA**

**Pesq. Neide Botrel Gonçalves**

**EMBRAPA**

  
**Prof. Eduardo V. de B. Vilas Boas**  
**UFLA**  
**(Orientador)**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS - BRASIL**

compostos solúveis em água, que representam substâncias, tais como açúcares, ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas (Silva, 1997).

Os SST aumentam com o amadurecimento de frutos em decorrência da hidrólise do amido em glucose 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 e Figueiredo, 1971). Carvalho (1984) e Chitarra e Chitarra (1984), trabalhando com banana 'Prata' e, ainda, Silva et al. (1996), trabalhando com banana cv. Nanicao, também encontraram valores semelhantes.

#### 2.2.4.3 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 acídicas e que liberam  $H^+$ . Dessa forma, podem ser encontrados na forma livre ou combinados com sais, ésteres, glicosídeos ou outros compostos. São sintetizados através de oxidação, descarboxilação ou carboxilação de outros ácidos orgânicos ou açúcares (Kays, 1991).

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 de hidrólise do amido. O aumento da acidez deve estar ligado ao mecanismo do processo de respiração da banana (Bleinroth, 1995).

**Aos meus pais, Ailton e Cleuza, pelo  
exemplo de vida e amor  
incondicional. Aos meus irmãos  
Glayton e Allyson, pela amizade e  
apoio, enfim, a toda minha família,**

**Ofereço**

**Às pessoas que são o sentido da minha  
vida, meu filho Augusto e meu marido  
Giuliano**

**Dedico**

---

compostos solúveis em água, que representam substâncias, tais como açúcares, ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas (Silva, 1997).

Os SST aumentam com o amadurecimento de frutos em decorrência da hidrólise do amido em glucose 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 e Figueiredo, 1971). Carvalho (1984) e Chitarra e Chitarra (1984), trabalhando com banana 'Prata' e, ainda, Silva et al. (1996), trabalhando com banana cv. Nanicão, também encontraram valores semelhantes.

#### 2.2.4.3 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 combinados com sais, ésteres, glicosídeos ou outros compostos. São sintetizados através de oxidação, descarboxilação ou carboxilação de outros ácidos orgânicos ou açúcares (Kays, 1991).

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 de hidrólise do amido. O aumento da acidez deve estar ligado ao mecanismo do processo de respiração da banana (Bleinroth, 1995).



## **AGRADECIMENTOS**

**A Deus, por me ajudar a cumprir mais esta etapa.**

**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 professor Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, pela excelente orientação, amizade, ensinamentos e confiança.**

**Às amigas Caroline e Ellen, pela amizade, companheirismo e grande ajuda na montagem do projeto e execução das análises laboratoriais.**

**Às laboratoristas Sandra e Tina, pelos esclarecimentos, paciência e amizade.**

**Às amigas e colegas de pós-graduação, Sueli, Melissa, Regiana e Rita, pelo apoio e incentivo.**

**À Mônica e Leonora, pelos anos de convivência, amizade e trabalho em equipe.**

**Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA.**

**Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram, meus sinceros agradecimentos.**

# SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Aspectos gerais e comerciais.....	3
2.1.1 Bananeira cv. Maçã.....	4
2.2 Maturação.....	5
2.2.1 Respiração e etileno.....	6
2.2.2 Relação polpa/casca e perda de massa.....	7
2.2.3 Coloração.....	9
2.2.4 <i>Flavor</i> .....	10
2.2.4.1 Amido e açúcares.....	10
2.2.4.2 Sólidos solúveis totais (SST).....	11
2.2.4.3 pH e acidez total titulável (ATT).....	12
2.2.5 Firmeza e substâncias pécticas.....	13
2.2.5.1 Poligalacturonase(PG) e pectinametilesterase (PME).....	15
2.3 1-Metilciclopropeno (1 – MCP).....	15
2.3.1 Comercialização do 1-MCP.....	16
2.3.2 Condições de uso do 1-MCP.....	17
2.3.3 Influência do 1-MCP no processo de amadurecimento de bananas.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Instalação do experimento.....	19
3.2 Delineamento experimental e análise estatística.....	20
3.3 Análise da extensão da vida pós-colheita.....	20

3.4 Análises físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas.....	20
3.4.1 Perda de massa.....	20
3.4.2 Relação polpa/casca.....	21
3.4.3 Coloração.....	21
3.4.4 Amido.....	21
3.4.5 Açúcares solúveis totais.....	21
3.4.6 Sólidos solúveis totais – SST.....	21
3.4.7 pH.....	22
3.4.8 Acidez total titulável (ATT).....	22
3.4.9 Firmeza.....	22
3.4.10 Pectina total e solúvel.....	22
3.4.11 Atividade de pectinametilsterase (PME).....	22
3.4.12 Atividade de poligalacturonase (PG).....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 Extensão da vida pós-colheita.....	24
4.2 Perda de massa e relação polpa/casca.....	26
4.3 Avaliação da Cor.....	29
4.4 Amido, açúcares solúveis totais (AST) e sólidos solúveis totais (SST).....	33
4.5 Acidez total titulável (ATT) e pH.....	36
4.6 Firmeza.....	39
4.7 Substâncias pécticas.....	40
4.8 Pectinametilsterase (PME) e poligalacturonase (PG).....	43
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
6 CONCLUSÕES.....	49
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS.....	58

## RESUMO

PINHEIRO, A. C. M. Qualidade pós-colheita de banana 'Maçã' submetida ao 1-MCP. Lavras:UFLA, 2004. 60p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos)\*

A banana 'Maçã' é um fruto climatérico muito apreciado por suas propriedades sensoriais, embora muito pouco estudado na pós-colheita. O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é uma nova ferramenta que tem sido utilizada na extensão da vida pós-colheita de produtos vegetais, atuando como inibidor da ação do etileno, retardando o amadurecimento e senescência. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do 1-MCP, em diferentes concentrações, sobre a vida pós-colheita e atributos de qualidade de banana 'Maçã'. Os frutos da cultivar Maçã, provenientes da cidade de Lavras, MG, foram colhidos no estágio dois de coloração da casca (frutos verdes-maturos), com diâmetro médio de 4,1 cm e transportados para o Laboratório de Bioquímica de Frutos do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, um dia após colhidos. As parcelas experimentais foram constituídas de 3 buquês, com 4 frutos. Foram utilizadas 5 concentrações do 1-MCP: 0, 50, 100, 150 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup>. A aplicação foi realizada em caixas de isopor com volume de 100 litros, hermeticamente fechadas, nas quais os frutos permaneceram por 12 horas. Os frutos, após aplicação, foram armazenados à temperatura ambiente (20°C  $\pm$  1 e 80%  $\pm$  5 UR) e avaliados, em três repetições, à medida que atingiam os graus 3, 5 e 7 de coloração da casca. O 1-MCP à 50 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> retardou o início do amadurecimento, baseado nas primeiras mudanças de coloração da casca, em 8 dias, enquanto os tratamentos 100, 150 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> retardaram o início do amadurecimento, em 10 dias, comparados aos frutos controle. Embora retardadas, as modificações relativas ao processo de amadurecimento da polpa não são afetadas pelo 1-MCP. Os frutos tratados com 100, 150 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP apresentaram desverdecimento desuniforme e tonalidade avermelhada na casca. A aplicação de 1-MCP em bananas 'Maçã', armazenadas a 20°C  $\pm$  1 e 80%  $\pm$  5 de UR, ditou maiores valores de perda de massa e relação polpa/casca (nos graus 5 e 7 de coloração da casca), pois aumentou o tempo de exposição dos frutos ao ambiente. O tratamento 50 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP foi o mais adequado por promover a extensão da vida pós-colheita de bananas 'Maçã' armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura média 20°C  $\pm$  1 e umidade relativa 80%  $\pm$  5) sem afetar a coloração da casca dos frutos.

\*Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – UFLA

## ABSTRACT

**PINHEIRO, A. C. M. Postharvest quality of 'Apple' banana submitted to 1-MCP. Lavras:UFLA, 2004. 60p. (Dissertation – Master in Food Science)\***

The 'Apple' banana is a climacteric fruit popular for its sensory properties, although not much studied in the postharvest. The 1-methylcyclopropene (1-MCP) is a new tool that has been used in prolonging of postharvest life of vegetal products, acting as an inhibitor of the ethylene action, retarding the ripening and senescence. The objective of this work was to evaluate the influence of the 1-MCP, at different concentrations, on the quality and shelf life of 'Apple' banana. The fruits of Apple cultivar, coming from Lavras, Brazil, were picked up in the 2 degree of peel color (mature green fruits), with 4,1 cm of medium diameter and transported to the Fruits Biochemistry Laboratory of the Food Science Department at Federal University of Lavras MG-State, one day after harvest. The experimental units were build up with 3 clusters of 4 fruits. Five concentrations of 1-MCP were tested: 0, 50, 100, 150 and 200 nL.L<sup>-1</sup>. The chemical was applied inside of 100 L poliestirene boxes, completely closed, where the fruits were kept for 12 hours. After treatment, the fruits were stored at room temperature (20°C ± 1 and 80% ± 5 RH) and evaluated in three replicates as soon as they have gotten the 3, 5 and 7 degrees of peel color. The 1-MCP at 50nL.L<sup>-1</sup> retarded, in 8 days, the start of the ripening, based in the firsts changes of peel color, whereas 100, 150 and 200 nL.L<sup>-1</sup> treatments delayed the start of the ripening in 10 days, in comparison to the control. Although delayed, the changes regarded to the ripening of the pulp were not affected for the 1-MCP. The fruits treated with 100, 150 and 200 nL.L<sup>-1</sup> of 1-MCP showed heterogeneous degreening and development of red color on the peel. The treatment of 'Apple' bananas stored at 20°C ±1 and 80% ± 5 RH with 1-MCP promoted higher values of mass loss and pulp/peel ratio (5 and 7 degrees of color peel), once it extended the time of exposition of the fruits to the ambient. 1-MCP at 50 nL.L<sup>-1</sup> was the most appropriated treatment to promote the extension of postharvest life of 'Apple' bananas stored at room temperature without affecting the peel color of the fruits.

**\*Guidance: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – UFLA**

possuir excelentes condições climáticas. No nosso país são exploradas as cultivares: Nanica, Prata, Maçã, Roxa, São Tomé, Cambota, Anã ou Jaburái, Inajá ou Pequena, da Terra ou Grande, Pacova, Acari, Mandacaru, Dágua e Caturra ou de Italiano (Maldonado et al., 1998).

De acordo com Brasil (2003), o país produziu 5.959.350 toneladas de banana no ano de 2001, exportando 105.112 toneladas, ou seja, 1,76% de toda a produção. Em 2002, ocorreu um aumento na produção e na exportação, sendo estes valores, respectivamente, de 6.417.599 toneladas e 241.038 toneladas, representando um aumento de 129,3% no total exportado. Apesar de destacar-se como um dos maiores produtores mundiais de banana, a quantidade exportada é ainda muito baixa, devido à sua baixa qualidade e aos altos índices de perdas, da ordem de 40-60% (Almeida 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).

### **2.1.1 Bananeira cv. Maçã**

A cultivar Maçã é triplóide do grupo AAB, híbrido com predominância acuminata. Bananeira de fruto delicado, disseminada por quase todo país, apresenta frutos curtamente pedunculados, roliços; de casca fina, delicada e amarela; endocarpo de cor branca, macio, delicado, doce, perfumado, de sabor semelhante ao da maçã. Para comer ao natural, talvez seja a melhor de todas as bananas cultivadas no Brasil (Medina, 1990)

# 1 INTRODUÇÃO

A bananeira, originária do sudeste da Ásia, é cultivada na maioria dos países tropicais, sendo, assim, uma das mais importantes culturas do mundo. A banana é um fruto de considerável importância econômica, pois é responsável por 37% do volume de frutas transacionado no mercado internacional.

O Brasil é o segundo produtor mundial de banana, sendo superado pela Índia (FAO, 2004). Embora seja grande produtor mundial da fruta, sua participação no mercado internacional é ainda pequena. Em 2002, o país exportou 3,76% da produção total, superando a exportação do ano de 2001, que foi de 1,76% do total produzido.

A bananeira cv. Maçã caracteriza-se por produzir frutos que apresentam apreciáveis propriedades sensoriais, de excelente aceitação no mercado consumidor, principalmente no estado de Minas Gerais. Entretanto, é uma cultivar pouco explorada devido à alta susceptibilidade à doença fúngica conhecida como mal-do-panamá.

A banana é um fruto climatérico que apresenta alta taxa respiratória e alta produção de etileno após a colheita, o que a torna altamente perecível. O etileno é um hormônio vegetal responsável por desencadear vários processos metabólicos, ocasionando desde a germinação de sementes até o amadurecimento e senescência de frutos e hortaliças.

Por ser um fruto climatérico, a banana apresenta curto período de conservação, após iniciados os processos relativos ao amadurecimento. Técnicas que visem à extensão da fase pré-climatérica têm sido estudadas e aprimoradas com o objetivo de se prolongar sua vida pós-colheita, resguardando-se a manutenção de seus atributos de qualidade.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é uma nova ferramenta que tem sido utilizada na extensão da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de produtos vegetais. Liberado para utilização em ornamentais pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) em 1999 e, recentemente, para o uso em produtos comestíveis em vários países, incluindo o Brasil, o 1-MCP tem um efeito inibidor da ação do etileno, retardando o amadurecimento e senescência de produtos vegetais.

Em face do grande potencial de utilização do 1-MCP e da carência de estudos no que se refere à banana 'Maçã', o presente trabalho teve como objetivo: avaliar o efeito do 1-MCP em diferentes concentrações sobre a vida pós-colheita e atributos de qualidade de banana 'Maçã'.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais e comerciais

A bananeira, monocotiledônia pertencente à ordem Scitaminales, 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 comestíveis, quer sozinha, quer com a participação de outra espécie, a *Musa balbisiana* Colla, originando híbridos das duas espécies (Medina, 1990).

Atualmente, adota-se o sistema de classificação desenvolvido por Simmonds e Shepherd (1995), que considera as contribuições relativas das duas espécies selvagens [*M. acuminata* (A) e *M. balbisiana* (B)] na genética de cada cultivar. Da combinação desses genomas resultam os grupos AA, BB, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB, AABB, ABBB (Dantas e Soares Filho, 1997, citados por Vilas Boas et al. 2001), diplóides, triplóides ou tetraplóides.

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 1.200mm 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).

A bananeira é nativa do sudeste da Ásia, embora seja encontrada em praticamente todas as regiões tropicais e consumidas mundialmente. No comércio mundial, é a fruta de maior valor transacionado, por ser consumida nas regiões frias e temperadas, adquirindo papel relevante nas trocas internacionais. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de banana (FAO, 2004) por

possuir excelentes condições climáticas. No nosso país são exploradas as cultivares: Nanica, Prata, Maçã, Roxa, São Tomé, Cambota, Anã ou Jaburái, Inajá ou Pequena, da Terra ou Grande, Pacova, Acari, Mandacaru, Dágua e Caturra ou de Italiano (Maldonado et al., 1998).

De acordo com Brasil (2003), o país produziu 5.959.350 toneladas de banana no ano de 2001, exportando 105.112 toneladas, ou seja, 1,76% de toda a produção. Em 2002, ocorreu um aumento na produção e na exportação, sendo estes valores, respectivamente, de 6.417.599 toneladas e 241.038 toneladas, representando um aumento de 129,3% no total exportado. Apesar de destacar-se como um dos maiores produtores mundiais de banana, a quantidade exportada é ainda muito baixa, devido à sua baixa qualidade e aos altos índices de perdas, da ordem de 40-60% (Almeida 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).

### **2.1.1 Bananeira cv. Maçã**

A cultivar Maçã é triplóide do grupo AAB, híbrido com predominância acuminata. Bananeira de fruto delicado, disseminada por quase todo país, apresenta frutos curtamente pedunculados, roliços; de casca fina, delicada e amarela; endocarpo de cor branca, macio, delicado, doce, perfumado, de sabor semelhante ao da maçã. Para comer ao natural, talvez seja a melhor de todas as bananas cultivadas no Brasil (Medina, 1990)

Dentre as cultivares exploradas, a bananeira 'Maçã' (grupo AAB) salienta-se pelas ótimas características sensoriais de seus frutos e excelente aceitação destes no mercado consumidor. Porém, apresenta sérias limitações no seu cultivo, por ser altamente susceptível à doença 'mal-do-panamá', o que a torna pouco explorada e, conseqüentemente pouco comercializada.

O Quadro 1 apresenta a composição química desta cultivar segundo Bleinroth et al. (1984).

**QUADRO 1** Composição química da banana Maçã, expressa em porcentagem na polpa fresca, determinada no seu estado maduro.

<b>COMPONENTES BÁSICOS</b>	
Água – 72,84	Proteína – 2,42
Amido – 2,73	Celulose – 0,70
Glicose – 15,63	Tanino – 0,54
Sacarose – 4,57	Cinzas – 0,43
Lípidios – 0,14	

## **2.2** *Maturação*

A maturação é um evento no ciclo vital dos frutos, por transformá-los em produtos atrativos e aptos para o consumo humano. É uma etapa intermediária entre o final do desenvolvimento e o início da senescência, sendo um processo normal e irreversível; porém, pode ser retardado com o uso de meios adequados. Pode ser definida como uma seqüência de mudanças na cor, *flavor* e textura, conduzindo a um estado que os torna comestíveis e, com isso, apropriados para o consumo 'in natura' e/ou industrialização. Este, entretanto, não é um estado fisiológico fixo, pois pode variar de um para outro fruto e, em alguns casos, as mudanças podem ocorrer até em direções opostas. Por exemplo,

em maçãs, há uma perda de ácido málico no fruto maduro, porém, em bananas, ocorre o inverso, ou seja, um acúmulo do ácido (Vilas Boas, 1999).

### **2.2.1 Respiração e etileno**

A respiração de um fruto é o índice de sua atividade fisiológica e oferece subsídio para se verificar seu potencial de armazenamento (Salunkhe et al., 1991). Após a colheita, os frutos têm vida independente e utilizam suas próprias reservas de substratos com conseqüente depressão nas reservas de matéria seca acumulada. Todavia, as atividades metabólicas não são apenas catabólicas, pois alguns órgãos vegetais utilizam a energia liberada na respiração para continuar a síntese de pigmentos, enzimas e outros materiais de estrutura molecular elaborada, como parte essencial do processo de amadurecimento (Chitarra e Chitarra, 1990).

De acordo com o padrão respiratório e de produção de etileno durante a maturação dos frutos, estes podem ser classificados em frutos climatéricos e não climatéricos. Os climatéricos caracterizam-se por apresentar uma ascensão respiratória e de produção de etileno coincidente com o amadurecimento, enquanto os não climatéricos não exibem um climatério respiratório e ascensão na produção de etileno.

A banana, após a colheita, continua a respirar, liberando dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) e pequenas quantidades de ésteres voláteis (Von Loesecke, 1950). Tal fruto exibe um padrão climatérico de respiração que se caracteriza, inicialmente, por uma baixa taxa de produção de  $\text{CO}_2$ , ou absorção de  $\text{O}_2$  (pré-climatérico), seguida por uma súbita elevação (ascensão climatérica), um nivelamento superior (pico climatérico) e, finalmente, um declínio (pós-climatérico) (Von Loesecke, 1950; Palmer, 1971; Abdullah et al., 1990).

Tão logo a banana começa a amadurecer, existe um rápido aumento da síntese de etileno, seguido por um aumento na taxa respiratória (Simmonds, 1966).

O etileno é um hormônio vegetal de estrutura simples que está envolvido em inúmeros processos, desde a germinação de sementes até o amadurecimento e senescência de frutos. É um hidrocarboneto gasoso que pode difundir-se dentro e fora dos tecidos vegetais, podendo afetar profundamente o fator qualidade de produtos hortícolas, como cor, textura e *flavor*. Tais efeitos podem ser benéficos ou deletérios, dependendo do produto e seu uso (Watkins, 2002). A presença do etileno é indesejável durante o transporte e armazenamento de frutos, enquanto o seu uso é sugerido em centrais de distribuição para o varejo, com o objetivo de uniformizar o amadurecimento, por meio da climatização de frutos. Logo, o etileno é considerado um dos grandes vilões da pós-colheita, embora possa ser utilizado como forte aliado (Vilas boas, 2002).

Em tecidos vegetais, o  $C_2H_4$  é produzido a partir da metionina, via S-adenosil metionina (SAM) e ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC). Essa rota é catalisada pelas enzimas SAM sintase, no primeiro passo; ACC sintase, no segundo e ACC oxidase, no terceiro passo. Acredita-se que, uma vez produzido, o etileno se ligue, inicialmente, a sítios receptores para, então, exercer o seu papel (Watkins, 2002).

Pelayo et al. (2003) trabalhando com bananas 'Grand Nain', observaram o aumento da atividade da ACC-oxidase coincidindo com uma ligeira ascensão da produção de etileno e com o pico respiratório.

## 2.2.2 Relação polpa/casca e perda de massa

Durante o amadurecimento da banana, observa-se um aumento no peso da polpa devido a um incremento no seu teor de umidade, sendo esta água é obtida a partir da casca e, provavelmente, também do engaço (Lizada et al.,

1990). Diante desse fenômeno, a casca perde peso, o que determina um aumento na relação polpa casca com o amadurecimento do fruto. Essa relação é chamada de “coeficiente de amadurecimento” e sofre uma rápida alteração que vai de 1,3 a 1,4, no estágio verde a valores superiores a 2,0, no estágio maduro, sendo sua utilização sugerida como um índice de maturidade. Este aumento na relação polpa/casca está relacionado com a concentração diferenciada de açúcares nos dois tecidos (Charles e Tung, 1973; Lustre et al., 1976). Existe um aumento mais rápido nos açúcares da polpa durante o amadurecimento, comparado com aquele na casca, contribuindo para uma mudança diferencial na pressão osmótica. A perda de umidade da casca, além de ser determinada por forças osmóticas, também é por forças transpiracionais (Lizada et al., 1990).

Silva et al. (1996), trabalhando com banana ‘Nanicão’, observaram um aumento variando de 1,55, para fruto verde até 2,02, para fruto maduro. Já Vilas Boas (1995) observou uma maior variação desta relação na banana ‘Prata’, em que os valores apresentados foram 1,1 e 2,7 para frutos verdes e maduros, respectivamente.

O processo de respiração está associado ao da transpiração, principal fator responsável pela perda de massa. As perdas de massa associadas às perdas transpiratórias de água podem ser de substancial importância econômica na comercialização. Perdas da ordem de 3% a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, porém, alguns produtos são ainda comercializáveis com 10% de perda de umidade. A maior parte dos produtos perecíveis sofre deterioração devido à perda de água (enrugamento, secagem, murchamento) durante o manuseio e comercialização. Durante o armazenamento, esses produtos devem ser mantidos sob elevada umidade relativa (80-95% de UR) para minimizar a perda de água (Chitarra e Chitarra, 1990).

### 2.2.3 Coloração

O primeiro sinal visível do amadurecimento na banana é a mudança na coloração de verde para amarelo, causada por uma redução no conteúdo de clorofila na casca do fruto. A quantidade de clorofila cai de 50 a  $100\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de peso fresco, em frutos verdes, para aproximadamente  $0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  em frutos amarelos (Medlicott et al., 1990, Seymour et al., 1993). Essa mudança nítida da coloração serve como indicativo do estágio de maturação (Palmer, 1971), a qual é tida como aquela fase que se estende do final do desenvolvimento do fruto até o início da senescência e o amadurecimento é tido como o estágio final da maturação, excluindo-se o desenvolvimento. Nessa fase os frutos caracterizam-se por acentuadas mudanças sensoriais e plenitude em termos de consumo (Chitarra e Chitarra, 1990). Durante o amadurecimento de bananas, a clorofila da casca é degradada, revelando os carotenóides ( $9\text{-}14\text{ mg}\cdot\text{g}$  peso fresco<sup>-1</sup>). Geralmente, admite-se que a concentração de carotenóides altere pouco durante o amadurecimento, embora nem todos os dados confirmem esta versão (Seymour et al., 1987).

Existem três principais métodos para se analisar a coloração da casca de frutos: visual, químico e instrumental (Knee, 1980; Wainwright and Hughes, 1989; Medlicott et al., 1990). A análise visual é realizada por um observador humano que compara a cor da casca com uma carta padrão de coloração, obtendo-se pontuação para a cor (United Fruit Sales Corp., 1964). Este método é comumente utilizado em prática comercial para determinação da maturidade, embora muitos operadores comerciais não sejam capazes de obter resultados altamente consistentes e precisos (Li et al., 1997). Visto que a mudança na coloração da casca de verde para amarelo durante o amadurecimento de bananas depende grandemente da diminuição do conteúdo de clorofila, este conteúdo pode ser usado para caracterizar tal modificação. A determinação química do

compostos solúveis em água, que representam substâncias, tais como açúcares, ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas (Silva, 1997).

Os SST aumentam com o amadurecimento de frutos em decorrência da hidrólise do amido em glucose 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 e Figueiredo, 1971). Carvalho (1984) e Chitarra e Chitarra (1984), trabalhando com banana 'Prata' e, ainda, Silva et al. (1996), trabalhando com banana cv. Nanicão, também encontraram valores semelhantes.

#### 2.2.4.3 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 combinados com sais, ésteres, glicosídios ou outros compostos. São sintetizados através de oxidação, descarboxilação ou carboxilação de outros ácidos orgânicos ou açúcares (Kays, 1991).

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 de hidrólise do amido. O aumento da acidez deve estar ligado ao mecanismo do processo de respiração da banana (Bleinroth, 1995).



### 2.2.3 Coloração

O primeiro sinal visível do amadurecimento na banana é a mudança na coloração de verde para amarelo, causada por uma redução no conteúdo de clorofila na casca do fruto. A quantidade de clorofila cai de 50 a 100 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de peso fresco, em frutos verdes, para aproximadamente 0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  em frutos amarelos (Medlicott et al., 1990, Seymour et al., 1993). Essa mudança nítida da coloração serve como indicativo do estágio de maturação (Palmer, 1971), a qual é tida como aquela fase que se estende do final do desenvolvimento do fruto até o início da senescência e o amadurecimento é tido como o estágio final da maturação, excluindo-se o desenvolvimento. Nessa fase os frutos caracterizam-se por acentuadas mudanças sensoriais e plenitude em termos de consumo (Chitarra e Chitarra, 1990). Durante o amadurecimento de bananas, a clorofila da casca é degradada, revelando os carotenóides (9-14 mg.g peso fresco<sup>-1</sup>). Geralmente, admite-se que a concentração de carotenóides altere pouco durante o amadurecimento, embora nem todos os dados confirmem esta versão (Seymour et al., 1987).

Existem três principais métodos para se analisar a coloração da casca de frutos: visual, químico e instrumental (Knee, 1980; Wainwright and Hughes, 1989; Medlicott et al., 1990). A análise visual é realizada por um observador humano que compara a cor da casca com uma carta padrão de coloração, obtendo-se pontuação para a cor (United Fruit Sales Corp., 1964). Este método é comumente utilizado em prática comercial para determinação da maturidade, embora muitos operadores comerciais não sejam capazes de obter resultados altamente consistentes e precisos (Li et al., 1997). Visto que a mudança na coloração da casca de verde para amarelo durante o amadurecimento de bananas depende grandemente da diminuição do conteúdo de clorofila, este conteúdo pode ser usado para caracterizar tal modificação. A determinação química do

teor de clorofila envolve a extração e quantificação dos pigmentos da casca sendo um método destrutivo e, portanto, indesejável (Li et al., 1997).

Uma análise instrumental da coloração de frutos pode ser realizada medindo-se a reflectância da superfície da casca (Wainwright e Hughes, 1989; Chen e Chiu, 1990). Um espectrofotômetro pode ser utilizado para medir a reflectância da superfície em um comprimento de onda específico, ou um medidor da diferença de cor pode ser usado na determinação da cor da superfície como especificado nos sistemas de expressão de cores estabelecidos (ex. CIE XYZ, ou CIE  $L^* a^* b^*$ ) (Hunter e Harold, 1987). Entretanto, todos os métodos instrumentais são relativamente caros e não são projetados para a utilização comercial.

#### **2.2.4 Flavor**

O *flavor* é uma característica complexa de frutos e hortaliças, influenciado pela genética, ambiente, pela maturidade do produto durante a colheita, e manuseio na pós-colheita. É determinado pelas quatro sensações básicas: doce, ácido, salgado e amargo e pelo aroma, percebido pelo olfato. A doçura esta diretamente relacionada com os açúcares e com a relação açúcares/ácido. O sabor azedo é determinado pela presença de ácidos orgânicos o sabor amargo é determinado pela presença da adstringência, resultado dos taninos, como os compostos fenólicos encontrados nas uvas.

##### **2.2.4.1 Amido e açúcares**

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 (Vilas Boas, 1999).

Entre as reações químicas que ocorrem durante a maturação, uma das mais proeminentes é a modificação dos carboidratos, os quais 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).

Na polpa de banana, a mudança mais marcante é a conversão de amido em açúcares simples, cujos principais são: a sacarose, glucose e frutose.

O amido representa a maior reserva de carboidratos nos vegetais. É um polissacarídeo que contém dois tipos de polímeros da glucose, a amilose e a amilopectina. O primeiro consiste de cadeias longas, não-ramificadas de unidades de D-glucose conectadas por ligações ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ ). Tais cadeias variam em massa molecular de uns poucos milhares até mais de um milhão. A amilopectina também tem alta massa molecular (até 100 milhões), porém, ao contrário da amilose, é altamente ramificada. As ligações glicosídicas encontradas entre as unidades de glucose nas amilopectinas são ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ ), mas os pontos de ramificação (cerca de 1 a cada 24 a 30 unidades) são ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ) (Nelson e Cox, 2002).

Estudo realizado com banana 'Prata', 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, também com banana 'Prata', 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.

#### 2.2.4.2 Sólidos solúveis totais (SST)

Os sólidos solúveis totais também são tidos como indicadores do grau de maturidade e estão relacionados com o sabor dos frutos. São constituídos por

compostos solúveis em água, que representam substâncias, tais como açúcares, ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas (Silva, 1997).

Os SST aumentam com o amadurecimento de frutos 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 e Figueiredo, 1971). Carvalho (1984) e Chitarra e Chitarra (1984), trabalhando com banana 'Prata' e, ainda, Silva et al. (1996), trabalhando com banana cv. Nanicao, também encontraram valores semelhantes.

#### 2.2.4.3 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 combinados com sais, ésteres, glicosídeos ou outros compostos. São sintetizados através de oxidação, descarboxilação ou carboxilação de outros ácidos orgânicos ou açúcares (Kays, 1991).

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 de 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 predomine 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 concentrações muito reduzidas, portanto de pouco significado, como tartárico, citromálico, siccínico, piroglutânico, pirúvico, 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 Vilas Boas (1995) e Carvalho (1984), que encontraram, para banana 'Prata' verde e madura, pH de 5,15 e 4,50, respectivamente.

### 2.2.5 Firmeza e substâncias pécticas

A diminuição da firmeza pode ser decorrente da perda excessiva de água por transpiração, que ocorre no armazenamento em atmosferas 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%. A perda da firmeza, no entanto, é mais freqüentemente atribuída à decomposição enzimática da lamela média da parede celular (Awad, 1993; Fisher 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 é composta por três camadas denominadas lamela média, parede primária e parede secundária. A composição

química e estrutura física da parede celular variam amplamente entre espécies, cultivares e até entre as células adjacentes (Fernandes, 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 e Mercer, 1982).

As substâncias pécticas atuam como matérias cimentantes localizadas 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 e Cheftel (1992), o correto seria denominar pectina somente as cadeias poligalacturônicas 100% metiladas e denominar ácidos pectínicos, as cadeias poligalacturônicas com grau de metilação inferior a 100%. O termo ácido péctico designa os ácidos poligalacturônicos isentos de metoxila ( $-\text{OCH}_3$ ). 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 de banana (Vilas Boas, 1995).

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

Grandes mudanças na estrutura péctica acompanham o amadurecimento de muitos frutos. Essas mudanças na estrutura têm sido atribuídas à ação de poligalacturonases (PG) e pectinametilesterases (PME) (Seymour et al., 1993).

A PG é uma enzima que catalisa a hidrólise das ligações  $\alpha$ -1,4 do ácido poligalacturônico (Konno et al., 1983). A atividade desta enzima tem sido identificada em vários frutos em amadurecimento e está correlacionada com aumento no teor de pectinas solúvel e amaciamento que acompanham o amadurecimento (Brady, 1976; Vilas Boas, 1998). Sua atividade é aumentada, acentuadamente, durante o climatério da respiração, participando da perda de firmeza progressiva de muitos frutos (Awad, 1993).

A enzima PME é conhecida por desesterificar compostos pécticos constituintes da parede celular das plantas. A hidrólise de grupos metil-éster, catalisada por esta enzima, produz uma pectina com 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 desmetilação da pectina resulta em um maior número de grupos carboxílicos, o que pode facilitar a ação da poligalacturonase, que degrada substâncias pécticas, preferivelmente desesterificadas (Fry, 1986).

Vilas Boas (1995) observou um comportamento semelhante da atividade da PG e da PME durante o amadurecimento de bananas 'Prata'. Estas apresentaram uma ascensão até o grau 3 de coloração da casca, posterior queda até o grau 4, nova ascensão até o grau 6 e, finalmente, uma queda até o grau 7, sugerindo um efeito coordenado entre as duas enzimas.

### **2.3.1 Metilciclopropeno (1 – MCP)**

Uma nova ferramenta, 1-metilciclopropeno (1-MCP), tem sido uma das alternativas utilizadas na extensão da vida pós-colheita e manutenção da

qualidade de produtos vegetais (Blankeship e Dole, 2003). Watkins (2002) resumiu o efeito do 1-MCP em frutos e como encontra-se relacionado com a fisiologia do etileno. Em condições normais, o etileno se liga a uma molécula receptora, provavelmente uma proteína de membrana, de onde surge a resposta. A ligação do etileno ao receptor sugere o encaixe de uma chave a uma fechadura considerando-se o etileno como chave e o receptor como a fechadura. Quando o etileno se liga ao receptor, é como se a fechadura destravasse e a porta abrisse. Com isso, é desencadeada uma cascata de reações associadas à qualidade e vida pós-colheita dos frutos. O 1-MCP também é hábil em se ligar ao receptor de etileno. Ele também age como chave que se acopla na fechadura, mas é incapaz de destravá-la e abrir a porta. Quando o 1-MCP está ocupando o sítio receptor, é impossível para o etileno se ligar a ele. É dessa forma que o 1-MCP atua como inibidor da ação do etileno, em vegetais (Vilas Boas, 2002).

Acredita-se que o 1-MCP liga-se permanentemente aos sítios receptores do etileno, presentes nas células vegetais no momento da aplicação do produto (1-MCP) e que o retorno da sensibilidade destes vegetais ao etileno seja devido à síntese de novos sítios receptores (Blankeship e Dole, 2003).

Em condições ideais de temperatura e pressão, 1-MCP é um gás com peso molecular de 54g e uma fórmula molecular de  $C_4H_6$ . A afinidade do 1-MCP com o sítio receptor do etileno é aproximadamente dez vezes maior do que a do próprio etileno. Comparado com o etileno, o 1-MCP é ativo em baixíssimas concentrações (Blankeship e Dole, 2003).

### **2.3.2 Comercialização do 1-MCP**

O 1-MCP foi primeiramente formulado para o uso em plantas ornamentais pela Floralife, Inc. (Walterboro, SC). O produto foi aprovado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), em 1999, para ornamentais e é comercializado com o nome de EthylBloc. A aplicação



comercial do 1-MCP em culturas comestíveis foi formulada pela AgroFresh, Inc., com o nome comercial de SmartFresh. Ambos, “EthyBloc” e “SmartFresh”, são aprovados para uso nos Estados Unidos (Hamrick, 2001) e recentemente em vários outros países, incluindo o Brasil.

### 2.3.3 Condições de uso do 1-MCP

Considerando-se a dificuldade de se manipular gases, o 1-MCP é encontrado numa formulação sólida. A formulação deve entrar em contato com a água, em ambiente fechado, para que haja a liberação do 1-MCP. O tempo de liberação gira em torno de uma hora, dependendo da temperatura e outras condições. O 1-MCP deve ser aplicado em contêineres ou câmaras hermeticamente fechadas contendo os frutos. A ação do 1-MCP depende da concentração aplicada, do tempo e temperatura de exposição, da espécie, cultivar e grau de maturidade do fruto (Vilas Boas, 2002).

Concentrações ativas de 1-MCP variam amplamente com o produto; similarmente elas variam com o tempo, temperatura e método de aplicação. Em maçãs,  $1\mu\text{l.l}^{-1}$  de 1-MCP foi efetivo em atrasar o seu amadurecimento (Rupasinghe et al., 2000). Concentrações entre 1 e  $12\mu\text{l.l}^{-1}$  foram efetivas no bloqueio da ação do etileno em brócoli (*Brassica oleraceae*). Em tomate (*Lycopersicon esculentum*),  $7\text{nl.l}^{-1}$  de 1-MCP bloqueia a mudança de cor de verde para amarelo por oito dias (Sisler e Blankenship, 1996).

Em muitos estudos, o 1-MCP tem sido aplicado à temperatura na faixa de  $20\text{-}25^{\circ}\text{C}$  e com tempo de aplicação variando de 6-24 horas. Baixas temperaturas têm sido usadas, mas a relação existente entre concentração, tempo e temperatura, e a aplicação em baixa temperatura não são efetivas em algumas cultivares (Blankenship e Dole, 2003). Em brócoli (*Brassica oleraceae*) a aplicação de 1-MCP produziu melhores resultados a  $20^{\circ}\text{C}$  do que a  $5^{\circ}\text{C}$ , embora

tenha sido observado efeito do 1-MCP em ambas as temperaturas (Ku e Wills, 1999).

#### **2.3.4 Influência do 1-MCP no processo de amadurecimento de bananas**

O estágio de desenvolvimento e a maturidade do fruto afetam o efeito do tratamento com 1-MCP. Pelayo et al. (2003) mostraram que a aplicação de  $0,1\mu\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP por 6 horas a  $14^{\circ}\text{C}$  ou  $20^{\circ}\text{C}$  retardou o amadurecimento de bananas com grau de coloração da casca 2 e 3, baseando-se na coloração da casca e firmeza. Respostas de bananas, com grau de coloração da casca 4, ao mesmo tratamento, foram inconsistentes.

O 1-MCP previne ou atrasa a degradação de clorofila e de vários tipos de mudanças de coloração em uma gama de espécies vegetais (Blankeship e Dole, 2003).

Golding et al. (1998) trabalharam com banana cv. Willians e observaram que a aplicação de 1-MCP na fase pré-climatérica atrasa o início da produção de etileno, o climatério respiratório e o desverdecimento da casca dos frutos.

O tratamento com 1-MCP, em bananas 'Willians', verdes-maturas atrasa e reduz significativamente a respiração (Golding et al., 1999).

Harris et al. (2000), trabalhando com bananas 'Willians' no estágio verde de maturação (173 e 156 dias após a emergência do cacho), observaram que os frutos tratados com  $500\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP tiveram a vida pós-colheita estendida quatro vezes mais que os frutos não tratados. Detectaram também que este mesmo tratamento ocasionou uma desuniformidade na coloração dos frutos quando maduros.

A aplicação do 1-MCP em bananas no estágio verde de maturação atrasa a mudança de coloração da casca e o amaciamento dos frutos, juntamente com a supressão da respiração e da evolução do etileno (Jiang et al., 1999).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Instalação do experimento

Frutos da cultivar Maçã foram adquiridos em uma lavoura localizada no município de Lavras, MG, no estágio dois de coloração da casca (Dole, 1998) que corresponde ao estágio verde desta cultivar, com diâmetro médio de 4,1 cm. A lavoura foi cultivada nas seguintes condições climáticas: temperatura média de 22.1°C; precipitação total de 1861,7 mm; umidade relativa média de 73,6% e insolação média de 7 horas.

Os frutos foram transportados para o Laboratório de Bioquímica de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras um dia depois de colhidos. As parcelas foram constituídas de três buquês com quatro frutos, com três repetições para cada tratamento. Foram utilizadas cinco concentrações do produto 1-metilciclopropeno (1-MCP): o 0 (controle), 50, 100, 150, 200  $\eta\text{L.L}^{-1}$ . O 1-MCP foi utilizado na formulação pó, na concentração de 0,14% de ingrediente ativo. A aplicação foi realizada em caixas de isopor com volume de 100 litros, hermeticamente fechadas, nas quais os frutos permaneceram por 12 horas. Os frutos, após aplicação, foram armazenados à temperatura ambiente (temperatura média  $20^{\circ}\text{C} \pm 1$  e umidade relativa  $80\% \pm 5$ ) e avaliados à medida que atingiam os graus 3, 5 e 7 de coloração da casca (Dole, 1998), sendo o grau 3 definido como frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; grau 5, frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes e grau 7, frutos completamente amarelos com manchas marrons.

### **3.2 Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com fatorial 3 x 5, ou seja, três graus de coloração da casca (G3, G5 e G7) e cinco concentrações de 1-MCP (0, 50, 100, 150 e 200  $\eta\text{L.L}^{-1}$ ) com três repetições. A parcela experimental foi constituída por três buquês com 4 frutos, ou seja, doze frutos.

As análises estatísticas das avaliações físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Sistema de Análise de Variância (SISVAR), por meio do Teste de Tukey a 5%.

### **3.3 Análise da extensão da vida pós-colheita**

Análise da extensão da vida pós-colheita foi realizada observando-se o número de dias gastos para ocorrência das primeiras mudanças de coloração da casca e desenvolvimento dos respectivos graus de coloração da casca dos frutos: grau 3, frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarela; grau 5, frutos que apresentam coloração amarela com extremidades verdes e grau 7, frutos completamente amarelos com manchas marrons.

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

#### **3.4.1 Perda de massa**

A perda de massa foi calculada como a porcentagem diferencial entre o peso inicial dos buquês no armazenamento e o peso final (ou seja, quando atingiam os graus 3, 5 e 7 de coloração da casca). Utilizou-se balança semi-analítica Mettler, modelo PC2000, para pesagem dos frutos.

### **3.4.2 Relação polpa/casca**

A relação polpa/casca foi obtida pela pesagem individual da polpa e casca dos frutos, com auxílio de uma balança semi-analítica Mettler, modelo PC2000.

### **3.4.3 Coloração**

A cor foi determinada sobre a casca na região equatorial do fruto utilizando-se um colorímetro marca Minolta, modelo CR 300, com a determinação dos valores a e b, em que a está relacionado à intensidade de verde (-80) a vermelho (+100) e b com a intensidade de azul (-70) a amarelo (+70).

### **3.4.4 Amido**

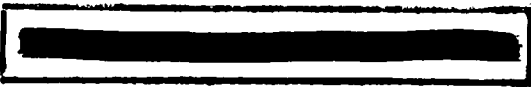
O amido presente nos frutos foi extraído quimicamente e doseado espectrofotometricamente, segundo Método Químico Somogy-Nelson (1944). A determinação foi feita a 620nm e os resultados expressos em g de glucose por 100g de polpa fresca.

### **3.4.5 Açúcares solúveis totais**

Açúcares solúveis totais foram extraídos com álcool etílico e determinados pelo método de Antrona (Dische, 1962). Os resultados foram expressos em gramas de glucose por 100 g de polpa.

### **3.4.6 Sólidos solúveis totais - SST**

Os SST foram determinados por refratometria, em refratômetro digital ATAGO PR-100, com compensação de temperatura automática a 25°C e expressos em °Brix, segundo a AOAC (1992).



### **3.4.7 pH**

O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro Schott Handylab, segundo técnica da AOAC (1992).

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

A determinação da ATT foi realizada por titulação com solução de NaOH 0,1N e indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em % de ácido málico.

### **3.4.9 Firmeza**

Foi determinada com o auxílio de um penetrômetro Mc-Cormick com ponta de diâmetro 8mm. Os resultados foram expressos em N, considerando-se  $N = 4,4482 \times \text{lb}$ .

### **3.4.10 Pectinas total e solúvel**

As pectinas, total e solúvel, foram extraídas segundo a técnica descrita por McCready e McComb (1952) e determinadas colorimetricamente segundo Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa.

### **3.4.11 Atividade da pectinametilesterase (PME)**

A extração enzimática da pectinametilesterase foi realizada segundo a técnica de Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O doseamento foi realizado segundo Hultin et al. (1966) e Ratner et al. (1969), com modificações de Vilas Boas (1995). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1  $\eta$ mol de NaOH por grama de polpa fresca.min.

#### **3.4.12 Atividade da poligalacturonase (PG)**

A extração enzimática da poligalacturonase foi realizada segundo a técnica de Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O doseamento foi realizado segundo Markovic et al. (1975), com modificações de Vilas Boas (1995). A atividade enzimática foi expressa em  $\eta$ mol de açúcar redutor por grama polpa fresca.min.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Extensão da vida pós-colheita

Por meio dos dados da Tabela 1, observar-se a atuação efetiva do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na extensão da vida pós-colheita de banana 'Maçã'.

TABELA 1 Média do número de dias gastos para a ocorrência das primeiras mudanças de coloração da casca e desenvolvimento dos respectivos graus de coloração da casca em bananas 'Maçã', submetidas a tratamentos com 1-metilciclopropeno (1-MCP) em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup>) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (Temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

1-MCP ( $\eta$ L.L <sup>-1</sup> )	PRIMEIRAS MUDANÇAS DE COLORAÇÃO DA CASCA (DIAS)	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA		
		G3	G5	G7
		Nº DE DIAS		
0 (controle)	6,75 $\pm$ 2,99	7,6 $\pm$ 2,94	9,15 $\pm$ 3,77	13,44 $\pm$ 3,88
50	15,02 $\pm$ 1,8	16,93 $\pm$ 2,11	18,67 $\pm$ 1,76	22,63 $\pm$ 1,56
100	17,03 $\pm$ 2,85	20,53 $\pm$ 2,57	23,95 $\pm$ 2,87	29,18 $\pm$ 2,32
150	17,27 $\pm$ 2,96	20,64 $\pm$ 2,77	24,22 $\pm$ 3,54	29,78 $\pm$ 1,68
200	16,81 $\pm$ 2,86	20,03 $\pm$ 2,68	24,18 $\pm$ 2,91	29,88 $\pm$ 1,96

G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.



A aplicação de 50  $\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP atrasou, visualmente, o início do amadurecimento em aproximadamente 8 dias, baseando-se nas primeiras mudanças de coloração da casca, enquanto os demais tratamentos (100, 150 e 200  $\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP) atrasaram este início em aproximadamente 10 dias, em comparação ao controle. Após ocorridas as primeiras mudanças de coloração da casca, a diferença entre o tempo necessário para que os frutos submetidos a 50  $\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP e para que os frutos controle atingissem os graus 3, 5 e 7 de coloração da casca permaneceu constante, em torno de 9 dias. Já a diferença entre os submetidos aos demais tratamentos e o controle aumentou ao longo do amadurecimento, atingindo 13, 15 e 16 dias, nos graus 3, 5 e 7 de coloração da casca, respectivamente. Observando-se esses resultados nota-se que os tratamentos 100, 150 e 200  $\eta\text{L.L}^{-1}$  atrasaram não só o início como todo o processo de amadurecimento dos frutos, enquanto o tratamento 50  $\eta\text{L.L}^{-1}$  atrasou somente o início do amadurecimento.

Golding et al. (1998) observaram um efeito significativo do 1-MCP, tanto no tempo como na magnitude, ocasionando atraso e redução do climatério respiratório e aumento na produção de etileno.

Harris et al. (2000) estudaram o efeito do 1-MCP na extensão da vida pós-colheita de bananas 'Willians' (com 173 e 156 dias após a emergência dos cachos), armazenadas a 20°C em ar contendo 0,1  $\mu\text{L L}^{-1}$  de etileno. observaram estes autores que os frutos tratados com 500  $\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP por 24 horas iniciaram o amadurecimento 27,9  $\pm$  2,3 dias após o tratamento, período 4 vezes superior ao dos frutos que não foram tratados com 1-MCP (6,7 $\pm$ 0,6 dias).

Golding et al. (1998) observaram que 6 horas de aplicação de 450  $\mu\text{l l}^{-1}$  aumentaram a vida útil de bananas 'Willians' (verdes maduras), armazenadas em condições ambientais, em aproximadamente 11 dias, comparadas aos frutos que não receberam o produto.

Botrel et al. (2002), trabalhando com bananas da cultivar Prata-Anã, armazenadas a 24°C e 78,5% de umidade relativa, detectaram que a aplicação por 13 horas de 30 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP retardou o início do amadurecimento por 4 dias e de 90  $\eta$ L.L<sup>-1</sup> atrasou 8 dias. Resultados semelhantes foram observados no presente trabalho, sendo de 8 dias o atraso do amadurecimento nos frutos que receberam 50  $\eta$ L.L<sup>-1</sup> e de 10 dias para os frutos que receberam 100  $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP. Essa pequena variação observada entre os dados apresentados neste trabalho e os citados por Botrel et al. (2002) pode ser devido à diferença entre as concentrações ou entre as cultivares utilizadas, já que as condições de armazenamento e tempo de exposição ao produto foram bem semelhantes.

Jiang et al. (1999), analisando também a extensão da vida útil de bananas 'Cavendish', armazenadas a 20°C e 90% de umidade relativa, submetidas a tratamentos com baixas concentrações de 1-MCP (0,01; 0,05; 0,1; 0,5 e 1 $\mu$ L L<sup>-1</sup>) por 24 horas, detectaram que a vida útil pós-colheita destes frutos, ou seja, tempo gasto para que atinjam o estágio ideal para o consumo foi, em média, 35 dias. No presente trabalho, observou-se que os frutos tratados com 1-MCP apresentaram uma vida útil de 28 dias, em média.

Em resumo, os resultados deste trabalho, quanto à atuação efetiva do 1-MCP na extensão da vida pós-colheita de bananas, condizem com outros trabalhos apresentados. As variações encontradas foram ocasionadas pelas diferentes concentrações utilizadas, tempos de exposição ao produto, cultivares e ambiente de armazenamento.

#### 4.2 Perda de massa e relação polpa/casca

Observou-se efeito significativo da aplicação de 1-MCP e graus de coloração da casca sobre a variável perda de massa, porém, não houve efeito da interação entre os dois fatores ( $p < 0,05$ ; Tabela 2). Pela Tabela 2, nota-se um aumento na perda de massa com o amadurecimento dos frutos.

**TABELA 2** Valores de perda de massa (%) de bananas ‘Maçã’, submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

1-MCP ( $\eta$ L.L <sup>-1</sup> )	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA			Médias
	G3	G5	G7	
	Perda de massa (%)			
0 (controle)	7,12ns	7,83ns	11,19ns	8,71a
50	10,43ns	11,97ns	14,45ns	12,28b
100	11,65ns	12,43ns	17,61ns	13,89bc
150	12,23ns	12,77ns	17,66ns	14,22c
200	13,16ns	14,59ns	18,63ns	15,46c
<b>Médias</b>	<b>10,92a</b>	<b>11,92a</b>	<b>15,91b</b>	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna ou linha, são iguais entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.

Pall (1996), trabalhando com banana cv. Prata de Santa Catarina, armazenadas sob 80% de umidade relativa, observou o mesmo comportamento. Nos frutos analisados no grau 7 de coloração da casca (14 dias de armazenamento), as perdas foram de aproximadamente, 17% e 13% nos frutos armazenados a 22,5°C e 17,5°C, respectivamente.

No presente trabalho, a perda de massa para os frutos controle, armazenados durante aproximadamente 14 dias (grau 7 de coloração da casca) foi de 11,19%. Este valor é inferior ao demonstrado por Pall (1996), que pode ser devido à diferença entre as cultivares utilizadas. Analisando-se o efeito das concentrações de 1-MCP, nota-se que os frutos tratados tiveram uma maior perda de massa quando comparados ao controle. Dentre esses frutos que receberam a aplicação do produto, aqueles submetidos a 50 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP

foram os que apresentaram menores valores desta variável, diferindo estatisticamente dos tratamentos 150 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Pode-se associar esta maior perda de massa dos frutos tratados com o 1-MCP ao maior tempo de exposição destes ao ambiente, ocasionado pela extensão da vida pós-colheita dos mesmos (Tabela 1).

Este efeito indireto causado pelo 1-MCP afeta negativamente a comercialização dos frutos, pois, perda de massa significa diminuição de lucro para o produtor. Uma alternativa para amenizar este problema seria o armazenamento dos frutos em um ambiente com maior umidade relativa e menor temperatura, diminuindo as perdas de água por transpiração.

Para a variável relação polpa/casca, verificou-se um efeito significativo, tanto do 1-MCP quanto de graus de coloração e interação entre estes fatores (tabela 3).

**TABELA 3** Valores de relação polpa/casca de bananas ‘Maçã’, submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

1-MCP ( $\eta$ L.L <sup>-1</sup> )	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA		
	G3	G5	G7
	Relação polpa/casca		
0 (controle)	2,16a	2,31a	3,34a
50	2,28a	2,95b	3,85ab
100	2,46a	3,11b	4,86d
150	2,63a	3,23b	4,22bc
200	2,66a	3,33b	4,79cd

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05)) G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.

Notou-se um previsível aumento na relação polpa/casca dos frutos, em decorrência da perda de umidade da casca, tanto para a polpa quanto para o ambiente, com o decorrer do amadurecimento (Tabela 3).

Vilas Boas (1995) observou este mesmo comportamento em estudos com banana 'Prata'. Em média, a relação polpa/casca obtida neste trabalho variou de 2,4 a 4,21. Estes valores são superiores aos apresentados por Vilas Boas (1995), que foram de 1,09 a 2,53 nos frutos controle, ocasionados pela diferença entre as cultivares utilizadas, visto que é uma característica peculiar da cv. Maçã a casca mais fina, e/ou tempo gasto para atingir o pleno amadurecimento.

Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram maiores valores de relação polpa/casca no grau 5 de coloração da casca, sendo estes valores similares entre si. Já no grau 7, os frutos submetidos a 100, 150 e 200  $\eta\text{L.L}^{-1}$  apresentaram maior relação polpa/casca diferindo do controle e do tratamento 50  $\eta\text{L.L}^{-1}$  (Tabela 3). A maior relação polpa/casca, observada nos frutos tratados com 1-MCP, nos graus 5 e 7 de coloração da casca, pode também estar associada à maior exposição destes frutos ao ambiente.

#### **4.3 Avaliação da Cor**

A avaliação da cor foi realizada utilizando-se os seguintes valores: a, que varia de vermelho (+100) a verde (-80) e b, que varia de amarelo (+70) a azul (-70). Tanto os valores de a quanto os de b foram afetados significativamente pela aplicação de 1-MCP e tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ).

Com o decorrer do amadurecimento, observou-se um aumento nos valores a e b, indicando o desverdecimento e concomitante amarelecimento dos frutos, concordando com Chen e Ramswamy (2002), que estudaram a cinética da mudança de coloração da casca durante o amadurecimento de bananas. A taxa de mudança de cor da casca foi maior nos frutos que não receberam

aplicação de 1-metilciclopropeno. Nestes frutos, já no oitavo dia de armazenamento, observou-se valores de a e b bem superiores aos tratados com 1-MCP, sendo estes de aproximadamente -14 e 46, respectivamente, enquanto os demais tratamentos apresentavam valores próximos aos do primeiro dia de armazenamento, -22 para a e 37,5 para b (Figura 1 e 2). Observando-se estes dados, pode-se confirmar a atuação positiva do 1-MCP na extensão da vida útil de bananas cv. Maçã.

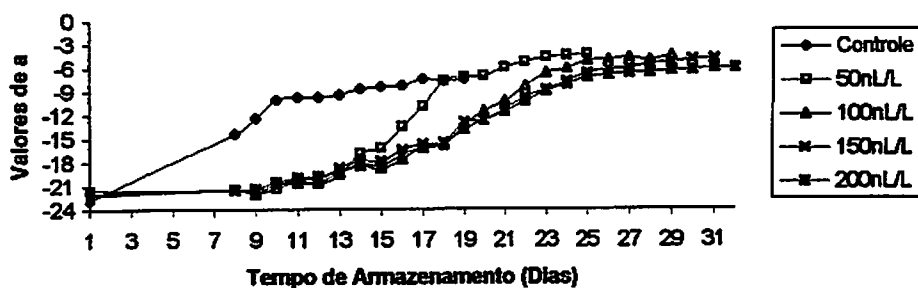
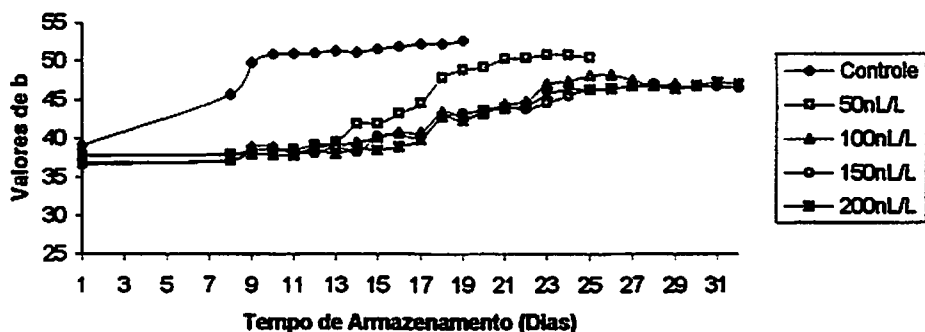


FIGURA 1 Mudanças na coloração de casca referentes a valores de a durante o amadurecimento de bananas 'Maçã' submetidas a tratamentos com 1-metilciclopropeno (1-MCP) em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150 e 200  $\eta\text{L.L}^{-1}$ ), por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura =  $20^{\circ}\text{C} \pm 1$  e UR =  $80\% \pm 5$ ).



**FIGURA 2** Mudanças na coloração de casca referentes a valores de b durante o amadurecimento de bananas ‘Maçã’ submetidas a tratamentos com 1-metilciclopropeno (1-MCP) em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup>) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

Observando-se pontualmente os valores de a e b nos graus 3, 5 e 7 de coloração da casca, nenhuma diferença foi notada entre os frutos controle e submetidos ao 1-MCP, sugerindo-se que, a avaliação visual dos frutos, com base na coloração da casca (graus 3, 5 e 7) foi bem sucedida. Entretanto, em média, os frutos controle apresentaram menores valores de a e maiores valores de b, em comparação aos frutos tratados com 1-MCP, com exceção da média do valor b dos frutos sob 50 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP que foi semelhante à dos frutos controle (Tabelas 4).

**TABELA 4** Valores médios de a e b de bananas ‘Maçã’, submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

1-MCP ( $\eta$ L.L <sup>-1</sup> )	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA			Médias
	G3	G5	G7	
	Valores de a			
<b>0 (controle)</b>	-13,41ns	-5,45ns	-1,20ns	<b>-6,69a</b>
<b>50</b>	-8,85ns	-3,56ns	-0,21ns	<b>-4,21b</b>
<b>100</b>	-8,23ns	-1,32ns	+1,32ns	<b>-2,74b</b>
<b>150</b>	-7,73ns	-4,23ns	+0,44ns	<b>-3,84b</b>
<b>200</b>	-9,33ns	-2,51ns	+1,62ns	<b>-3,41b</b>
<b>Médias</b>	<b>-9,51a</b>	<b>-3,42b</b>	<b>-0,39c</b>	
	Valores de b			Médias
<b>0 (controle)</b>	50,18ns	54,15ns	55,5ns	<b>53,28b</b>
<b>50</b>	47,24ns	51,58ns	52,92ns	<b>50,58ab</b>
<b>100</b>	47,55ns	51,19ns	45,58ns	<b>48,11a</b>
<b>150</b>	45,67ns	46,82ns	49,00ns	<b>47,16a</b>
<b>200</b>	45,58ns	48,86ns	49,4ns	<b>47,95a</b>
<b>Médias</b>	<b>47,24a</b>	<b>50,48b</b>	<b>50,52b</b>	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna ou linha, são iguais entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.

Pinheiro et al. (2003), em estudo com bananas cv. Maçã, armazenadas sob temperatura ambiente, apresentaram valores a para os frutos controle no grau 3 de coloração da casca de  $-15,05 \pm 5,05$ , no grau 5 de  $-5,13 \pm 1,27$  e no grau 7 de  $-1,81 \pm 1,47$ . Comparando os resultados do presente trabalho com os citados acima, pode-se observar que os valores encontrados para os tratamentos 0 e 50 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> estão próximos aos encontrados por estes autores (Tabela 4).



Ainda com relação à mudança de cor durante o amadurecimento dos frutos, no decorrer deste experimento observou-se que aqueles submetidos a 100, 150 e 200  $\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP apresentaram desverdecimento desuniforme e coloração da casca um pouco avermelhada. Isto talvez justifique as diferenças nas médias gerais de a e b (maiores valores de a e menores de b), em comparação com o controle (Tabela 4). Sugere-se que esta coloração avermelhada tenha sido ocasionada pela antracnose (doença fúngica na pós-colheita de bananas) no início do seu desenvolvimento. Harris et al. (2000) também observaram amadurecimento desigual em frutos da cv. Williams, submetidos a 500  $\eta\text{L L}^{-1}$ , armazenadas a 20°C. Jiang et al. (1999) sugeriram que o desverdecimento desuniforme em bananas Cavendish, submetidas ao 1-MCP, seja devido a diferentes taxas de síntese de novos sítios receptores do etileno, em diferentes regiões dos frutos.

#### **4.4 Amido, açúcares solúveis totais (AST) e sólidos solúveis totais (SST)**

As mudanças nos teores de amido, AST e SST na polpa da banana, decorrentes da sua maturação, são apresentados na Tabela 5. Observou-se efeito significativo dos fatores 1-MCP e graus de coloração da casca, bem como da interação entre os dois fatores, para as três variáveis ( $p < 0,05$ ).

**TABELA 5** Valores de amido (%), açúcares solúveis totais (%) e sólidos solúveis totais (°B) de bananas ‘Maçã’, submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

1-MCP ( $\eta$ L.L <sup>-1</sup> )	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA		
	G3	G5	G7
	Amido (%)		
0 (controle)	18,36c	9,94c	3,24a
50	16,00b	7,27b	3,43a
100	17,37c	5,39a	3,20a
150	14,99b	6,25ab	4,52b
200	13,84a	5,82a	3,32a
	Açúcares Solúveis Totais (%)		
0 (controle)	7,82a	11,20a	19,22b
50	9,53ab	13,36ab	18,62ab
100	11,22b	14,44bc	17,22ab
150	11,15b	15,86c	16,79a
200	9,99ab	14,45bc	16,57a
	Sólidos Solúveis Totais (°B)		
0 (controle)	14,67a	18,80a	26,00a
50	16,00ab	21,07ab	24,8a
100	16,67abc	21,60bc	24,13a
150	18,13bc	23,73c	24,27a
200	18,67c	23,40bc	24,80a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna são iguais entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.

Observou-se conversão de amido em açúcares com concomitante acúmulo de SST ao longo do amadurecimento da banana ‘Maçã’, a despeito da aplicação de 1-MCP. Vilas Boas et al. (2003), trabalhando com bananas ‘Maçã’,

observaram este mesmo comportamento durante o processo de maturação dos frutos. Prabha e Bhagyalakshmi (1998) notaram um aumento na concentração de açúcares solúveis durante o amadurecimento de bananas. Estes autores confirmaram ainda a conversão do amido em açúcares solúveis utilizando-se o marcador molecular  $^{14}\text{C}$ . Uma das mais flagrantes modificações durante o amadurecimento de bananas é a hidrólise do amido que culmina com o acúmulo de açúcares e adoçamento da polpa (Vilas Boas et al., 2001).

Observou-se diferença significativa entre os tratamentos com 1-MCP nos diferentes graus da casca avaliados, tendo os frutos controle apresentado maiores teores de amido nos graus 3 e 5. Sugere-se que esta diferença seja ocasionada pela maior vida de prateleira dos frutos submetidos a aplicação do 1-MCP (28 dias). Devido a este fato, as enzimas responsáveis pela hidrólise do amido tiveram mais tempo de atuação, fazendo com que os teores de amido, nestes frutos, fossem menores nos graus 3 e 5 de coloração da casca.

Verificou-se uma variação nos teores médios de amido de 16,11 no estágio 3 de coloração da casca para 3,54 no estágio 7. Lizada et al. (1990) observaram teores de amido entre 15% e 25% na polpa de cultivares de mesa imaturas. Segundo pesquisas de Carvalho (1984), o teor de amido da polpa de bananas 'Prata' varia de 18,2% a 23,9% para 0,63% a 3,46% nos frutos verdes e maduros. Tais dados são compatíveis aos encontrados neste trabalho.

Pode-se visualizar, na tabela interativa referente aos AST e SST (Tabela 5), uma pequena variação entre os tratamentos utilizados. No grau 3 de coloração observam-se menores teores de AST para os tratamentos 0, 50 e  $200\eta\text{L.L}^{-1}$  b de 1-MCP, correlacionando com menores valores de SST para os tratamentos controle e  $50\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP. Verificaram-se também menores teores de AST e SST, no grau 5 de coloração da casca para os tratamentos controle e  $50\eta\text{L.L}^{-1}$ , concordando com os maiores valores de amido encontrados neste mesmo grau de coloração da casca (Tabela 5). Não houve diferença

significativa entre os teores de SST no grau 7 de coloração da casca, porém, observou-se diferença significativa entre o controle e os tratamentos 150 e 200 $\mu$ L.L<sup>-1</sup> (valores inferiores) para a variável AST.

Em média, observaram-se valores médios para o teor de AST na ordem de 9,94%, 13,86% e 17,68% para os graus 3, 5 e 7 de coloração da casca respectivamente. Tais resultados são pertinentes aos encontrados por Vilas Boas (1995), que verificou teores de açúcares solúveis totais de 8,10% no grau 3; 14,90% no grau 5 e 20,14% no grau 7 de coloração da casca de frutos da cv. Prata e ao encontrado por Prabha e Bhagyalakshmi (1998), de 18% de AST em frutos maduros. Golding et al. (1998), trabalhando com bananas cv. Willians, também encontraram concentrações similares de AST, no grau 7 de coloração da casca, entre os frutos tratados com 45  $\mu$ L L<sup>-1</sup> de 1-MCP e os frutos controle.

Com relação aos SST, verificou-se uma média de 24,2% de SST nos frutos maduros (grau 7 de coloração da casca) semelhantes aos teores obtidos por Pinheiro et al. (2003), trabalhando com bananas 'Maçã', que observaram teor de 27,3%  $\pm$ 0,016.

#### **4.5 Acidez total titulável (ATT) e pH**

Observou-se uma interação significativa entre a aplicação de 1-MCP e graus de coloração da casca, bem como um efeito significativo destes fatores isoladamente, tanto para a variável acidez total titulável (ATT) quanto para o pH ( $p < 0,05$ ). A Tabela 6, referente à ATT, representa a interação entre os tratamentos e graus de coloração da casca. Observou-se um aumento da acidez do grau 3 para o 5 de coloração da casca e um posterior declínio deste para o grau 7.

**TABELA 6** Valores de acidez total titulável (% ácido málico) e pH de bananas ‘Maçã, submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

1-MCP ( $\eta$ L.L <sup>-1</sup> )	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA		
	G3	G5	G7
	Acidez Total Tituável (%)		
0 (controle)	0,46a	0,55a	0,53b
50	0,50ab	0,56a	0,51b
100	0,50ab	0,55a	0,43a
150	0,52b	0,54a	0,40a
200	0,54b	0,55a	0,44a
	pH		
0 (controle)	4,76c	4,54a	4,55a
50	4,75bc	4,56a	4,61a
100	4,75bc	4,61a	4,77b
150	4,61ab	4,53a	4,69ab
200	4,54a	4,51a	4,65ab

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.

Segundo Bleinroth (1995), a banana no estágio verde caracteriza-se por apresentar uma baixa acidez que aumenta com o decorrer do amadurecimento, até atingir um máximo, quando a casca está totalmente amarela, para posteriormente decrescer. Este comportamento da acidez foi observado neste trabalho.

Não foram observados efeitos da aplicação de 1-MCP, nas concentrações estudadas, sobre a acidez total titulável no grau 5 de coloração da casca. Entretanto, para os demais graus, o efeito foi visível. Verificou-se que os

tratamentos 0 e 50 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> apresentaram maiores valores desta variável no grau 7 de coloração da casca, enquanto no grau 3, os tratamentos 150 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> apresentaram maiores valores, diferindo somente do controle.

Os maiores valores da ATT dos frutos tratados com 1-MCP no grau 3 e menores no grau 7 se justificam pelo maior tempo gasto para atingir os respectivos graus de coloração da casca. Enquanto no grau 3 os frutos tratados com 1-MCP tiveram mais tempo para acumular ácidos orgânicos, no grau 7 o consumo foi mais marcante em função da maior vida-de-prateleira.

Reis (2002), trabalhando com banana 'Prata', no grau 5 de coloração da casca, observou 0,41% de acidez e Pinheiro et al. (2003) verificaram um teor de 0,47%  $\pm$  0,01 de ácido málico em bananas 'Maçã' no grau 7 de coloração da casca. Vilas Boas et al. (2001) apresentaram valores de ATT de 0,57%, 0,51% e 0,27% para bananas maduras das cultivares Prata, Nanica e Nanicão, respectivamente e Botrel et al. (2002), trabalhando com bananas 'Prata-Anã', observaram 0,58% de ácido málico em frutos no estágio ideal para consumo. Mesmo havendo diferenças significativas entre alguns tratamentos e o controle, os teores de ácidos apresentados neste trabalho estão dentro dos citados na literatura.

Observou-se uma correlação inversa entre pH e acidez total titulável ao longo do amadurecimento dos frutos em todos os tratamentos (Tabela 6). Como na ATT, não se observou diferença significativa entre os tratamentos, no grau 5 de coloração da casca para o pH. No grau 3, observaram menores valores de pH nos tratamentos 150 e 200  $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP, concordando com os maiores valores de ATT e, no grau 7, verificou-se maior valor de pH no tratamento 100 $\eta$ L.L<sup>-1</sup>, diferindo estatisticamente dos tratamentos 0 e 50 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP.

Pinheiro et al. (2003) apresentaram valores para o pH de 4,73  $\pm$  0,01 para frutos controle, ao final do armazenamento de banana 'Maçã'. Resultados semelhantes foram obtidos neste trabalho.

#### 4.6 Firmeza

A análise estatística realizada detectou efeito significativo de grau de coloração da casca e interação entre grau e concentrações de 1-MCP.

Observou-se um declínio nos valores de firmeza com o amadurecimento dos frutos. A interação foi visível apenas no grau 3 de coloração da casca, em que os tratamentos controle e 50 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP determinaram maiores valores, quando comparados aos demais tratamentos (Tabela 7).

TABELA 7 Valores de firmeza (N) de bananas 'Maçã, submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

1-MCP ( $\eta$ L.L <sup>-1</sup> )	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA		
	G3	G5	G7
	Firmeza (N)		
0 (controle)	17,3c	10,76a	5,92a
50	14,50bc	9,39a	6,58a
100	13,03ab	10,63a	6,85a
150	12,99ab	10,36a	8,05a
200	10,99a	10,01a	7,70a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.

Uma diminuição na firmeza observada durante a maturação da banana 'Maçã' é condizente com estudos de Pelayo et al. (2003), Chen e Ramaswamy (2002), Vilas Boas (1995) e Kojima et al. (1994), os quais trabalharam com

outras cultivares. É necessário enfatizar que, mesmo com a vida de prateleira estendida, os frutos sob efeito do 1-MCP apresentaram firmeza igual à do controle, o que sugere o benéfico efeito do inibidor da ação do etileno na prevenção do amaciamento da polpa da banana 'Maçã' durante seu armazenamento.

#### 4.7 Substâncias pécicas

A análise de variância para pectina solúvel (PS) detectou uma interação significativa entre os fatores graus de coloração da casca e 1-MCP, bem como destes fatores separadamente ( $p < 0,05$ ) (Tabela 8).

**TABELA 8** Valores de pectina solúvel (mg ácido galacturônico.100g<sup>-1</sup> polpa) de banana 'Maçã', submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200ηL.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C ± 1e UR= 80% ± 5).

1-MCP (ηL.L <sup>-1</sup> )	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA		
	G3	G5	G7
0 (controle)	161,46a	239,38a	326,53a
50	190,46ab	293,9b	315,22a
100	213,69bc	327,8b	330,25a
150	262,27cd	284,99ab	358,43ab
200	266,47d	323,96b	386,68b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.

Verificou-se uma ascensão nos níveis de PS com o avanço da maturação dos frutos (Tabela 8). O incremento no teor de PS observado durante o amadurecimento da banana 'Maçã' é condizente com estudos de Chitarra



(1979), Kojima et al. (1994) e Vilas Boas (1995), os quais trabalharam com outras cultivares.

Pode-se fazer um paralelo entre este incremento nos teores de PS e a perda de firmeza no processo de amadurecimento dos frutos. Kojima et al. (1994) apresentam como causa principal do processo de amaciamento da polpa de banana, a degradação coordenada de polissacarídeos pécticos, hemicelulósicos e de amido.

Analisando-se a tabela interativa relacionada à PS, nota-se uma pequena variação entre tratamentos com 1-MCP no teor de PS, nos frutos no grau 7 de coloração da casca, estágio ideal para o consumo da banana 'Maçã' em que não observou-se diferença significativa entre os tratamentos 0, 50, 100 e 150 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP, tendo, apenas o tratamento 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> diferido dos tratamentos 0, 50 e 100 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP. No grau 3 de coloração da casca, observaram-se valores superiores de pectina solúvel nos tratamentos 100, 150 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> e, no grau 5, maiores teores foram observados nos tratamentos 50, 100 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP.

Verificou-se, neste trabalho, uma variação no teor de PS, do grau 3 de coloração da casca para 7 de 161,46mg/100g (0,16%) a 386,68mg/100g (0,39%) resultados estes próximos aos obtidos por Vilas Boas (1995), o qual observou uma variação de 0,14% a 0,44% de PS em bananas 'Prata', do estágio 3 ao 7 de maturação.

Os frutos controle apresentaram menor solubilização de substâncias pécticas, quando comparados aos tratados com pelo menos uma dose de 1-MCP. O 1-MCP tem sido associado à prevenção do amaciamento de frutos (Vilas Boas e Kader, 2001) que normalmente está ligada à menor solubilização de substâncias pécticas (Vilas Boas et al., 2001). No entanto, a maior ou igual solubilização de substâncias pécticas observadas nos frutos sob ação de 1-MCP pode ser justificada pela sua maior vida de prateleira.

A variável pectina total (PT) foi afetada significativamente pela aplicação de 1-MCP, graus de coloração da casca e interação entre estes dois fatores ( $p < 0,05$ ) (Tabela 9).

**TABELA 9** Valores de pectina total (mg ácido. galacturônico.100g<sup>-1</sup>) de bananas 'Maçã,' submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

1-MCP ( $\eta$ L.L <sup>-1</sup> )	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA		
	G3	G5	G7
0 (controle)	490,54ab	464,46ab	424,74a
50	497,27ab	528,43b	426,21a
100	513,21b	385,58a	385,72a
150	500,66ab	406,64a	419,13a
200	409,53a	433,52ab	440,07a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons

O comportamento da PT foi variável durante o amadurecimento, em todas as concentrações de 1-MCP. No grau 3 e 5 de coloração da casca observou-se uma pequena variação desta variável. Detectou-se diferença significativa somente entre o tratamentos 100 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP, no grau 3 de coloração da casca e entre os tratamentos 50 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> e aqueles tratados com 100 e 150 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP, no grau 5. Ao final do armazenamento, todos os tratamentos possuíam o mesmo teor de pectina total.

#### 4.8 Pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG)

Analisando-se estatisticamente a variável PME, podemos observar efeito significativo de graus de coloração da casca, concentrações de 1-MCP e interação entre estes fatores ( $p < 0,05$ ).

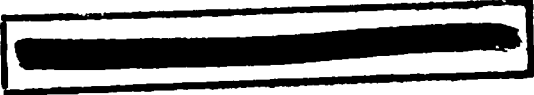
O comportamento da PME mostrou-se semelhante para todas as concentrações de 1-MCP no decorrer da maturação dos frutos (Tabela 10). Verificou-se um incremento da atividade do grau 3 de coloração da casca para o 5 e deste para o grau 7.

TABELA 10 Valores de atividade da pectinametilesterase - PME ( $\eta\text{mol NaOH} \cdot \text{g}^{-1}$  de polpa fresca  $\cdot \text{min}^{-1}$ ) de bananas 'Maçã', submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200  $\eta\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura =  $20^\circ\text{C} \pm 1$  e UR =  $80\% \pm 5$ ).

1-MCP ( $\eta\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ )	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA		
	G3	G5	G7
	PME ( $\eta\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )		
0 (controle)	0,00a	433,33a	1.366,67d
50	66,67a	483,33ab	966,67c
100	166,67a	650,00b	966,67c
150	66,67a	336,66a	533,33a
200	33,33a	350,00a	733,33b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons

Estes resultados divergem dos encontrados por Vilas Boas (1995) que, trabalhando com amadurecimento de bananas 'Prata' verificou uma queda na



atividade desta enzima do estágio 3 para o 5 de maturação com posterior ascensão até o grau 6 e um declínio final até o último grau de coloração da casca.

Prabha e Bhagyalakshmi (1998) observaram a presença de um pico de atividade da PME. Neste trabalho, não detectou-se o pico na atividade desta enzima, pois os frutos não foram analisados em todos os graus de coloração da casca.

Com relação ao efeito do 1-MCP, foram observados menores valores de PME nos frutos tratados com 1-MCP, no grau 7 de coloração da casca. Nenhuma diferença foi observada no grau 3 e, no grau 5, o tratamento  $100\eta\text{L.L}^{-1}$  apresentou maior atividade da PME.

A menor atividade da PME nos frutos tratados com 1-MCP no grau 7 pode ser justificada pela maior vida pós-colheita dos mesmos. Provavelmente, estes frutos atingiram um pico de atividade desta enzima e, como demoraram mais para atingir o grau 7 de coloração da casca, apresentaram maior declínio na atividade após o pico.

As médias da atividade da poligalacturonase apresentadas na Tabela 11 demonstram que não houve interação significativa entre os fatores em estudo. Todavia, tanto as concentrações de 1-MCP quanto os graus de coloração da casca determinaram diferenças quanto à variável analisada ( $p < 0,05$ ).

TABELA 11 Valores médios da atividade da poligalacturonase ( $\eta\text{mol}$  açúcar redutor  $\cdot \text{g}^{-1}$  de polpa fresca  $\cdot \text{min}^{-1}$ ) de bananas 'Maçã', submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura =  $20^{\circ}\text{C} \pm 1$  e UR=  $80\% \pm 5$ ).

1-MCP ( $\eta\text{L.L}^{-1}$ )	GRAUS DE COLORAÇÃO DA CASCA			Médias
	G3	G5	G7	
	PG ( $\eta\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )			
0 (controle)	11,54ns	16,66ns	73,29ns	33,83a
50	17,24ns	24,08ns	78,58ns	39,96b
100	25,46ns	27,61ns	86,97ns	46,68c
150	24,64ns	25,06ns	89,73ns	46,48c
200	19,96ns	22,98ns	84,22ns	42,39bc
<b>Médias</b>	<b>19,77a</b>	<b>23,28b</b>	<b>82,56c</b>	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna ou linha, são iguais entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). G3: frutos com coloração da casca 50% verde e 50% amarelo; G5: frutos que apresentam coloração amarela com extremidades ainda verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.

Verificou-se um aumento na atividade da PG com o amadurecimento dos frutos em todas as concentrações de 1-MCP, sugerindo-se um efeito coordenado entre ambas as enzimas, PG e PME. Pode-se associar o incremento da atividade enzimática à solubilização de substâncias pécnicas, no decorrer do amadurecimento de bananas 'Maçã'. Estes resultados são condizentes aos observados por Vilas Boas (1995), trabalhando com banana 'Prata'.

Prabha e Bhagyalakshmi (1998) observaram uma atividade quase constante da PG durante o amadurecimento de bananas, entretanto, Pathak e Sanwal (1998) e Payasi e Sanwal (2003) verificaram um incremento na atividade da PG durante a maturação com posterior declínio nos frutos totalmente maduros. Payasi e Sanwal (2003) e Vilas Boas (1995) notaram,

ainda, que o pico de atividade desta enzima ocorre após o climatério respiratório. Os resultados obtidos neste trabalho concordam com os citados acima, entretanto, como na atividade da PME, o pico de atividade desta enzima (PG) também não foi detectado, pois não foram avaliados todos os graus de coloração da casca.

Analisando-se efeito de 1-MCP, nota-se, em média, uma maior atividade da PG nos frutos tratados com o produto. A atividade da PG pode ser associada à solubilização de substâncias pécticas, visto que os menores teores médios de PS observados nos frutos controle (242,46 mg ácido galacturônico . 100g<sup>-1</sup> polpa) foram condizentes com a menor atividade média da enzima PG (33,83  $\eta$ mol açúcar redutor.g<sup>-1</sup> de polpa fresca.min<sup>-1</sup>) comparados aos frutos tratados com 1-MCP (média de PS para frutos tratados com 1-MCP = 296,18 mg ácido galacturônico . 100g<sup>-1</sup> polpa; atividade média da PG = 43,88  $\eta$ mol açúcar redutor . g<sup>-1</sup> de polpa fresca . min<sup>-1</sup>). A maior atividade da PG nos frutos sob 1-MCP pode ser justificada, mais uma vez, pela sua maior vida pós-colheita.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A banana é um fruto perecível, muito sensível à ação do etileno, um hormônio vegetal que dispara, irreversivelmente, o amadurecimento. O 1-MCP é um novo produto que tem sido utilizado na manutenção da qualidade e extensão da vida pós-colheita de produtos vegetais. Ele inibe a ação do etileno, bloqueando seus sítios receptores, presentes nas células vegetais.

Sabe-se que ainda há poucos estudos sobre a aplicação do 1-MCP em frutos, principalmente no Brasil e que não existem trabalhos disponíveis a respeito do metabolismo da banana 'Maçã'.

Analisando-se em conjunto os resultados obtidos neste trabalho, que estudou a influência do 1-MCP na vida pós-colheita de bananas 'Maçã', podemos observar vários aspectos importantes para a pós-colheita deste fruto.

O 1-MCP estendeu a vida pós-colheita de bananas cv. Maçã, armazenadas à temperatura ambiente (temperatura média  $20^{\circ}\text{C} \pm 1$  e umidade relativa  $80\% \pm 5$ ) sem, no entanto, alterar a evolução do processo de amadurecimento destes frutos. Observou-se, ao longo do período de armazenamento dos frutos, a despeito da aplicação de 1-MCP, amarelecimento da casca, perda de massa e aumento na relação polpa/casca, conversão do amido em açúcares com conseqüente acúmulo de sólidos solúveis totais, aumento nos teores da acidez com posterior declínio, juntamente com o amaciamento e solubilização de substâncias pécticas associados ao aumento na atividade da pectinametilesterase e poligalacturonase. As diferenças observadas entre os frutos controle e os tratados com 1-MCP estão relacionadas à maior vida pós-colheita ditada pelo 1-MCP, antes que ao efeito direto do 1-MCP sobre as variáveis analisadas.

É necessário ressaltar que a aplicação de 1-MCP nas doses 100, 150 e 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP promoveu desverdecimento desuniforme e tonalidade avermelhada na casca dos frutos, fatos indesejáveis. Já a dose 50 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> não afetou negativamente a coloração dos frutos, sendo considerada a indicada para a conservação, à temperatura ambiente (temperatura média 20°C  $\pm$  1 e umidade relativa 80%  $\pm$  5), de banana 'Maçã'

Dentro do contexto de agricultura familiar, muito difundida no Brasil atualmente, o trabalho utilizando 1-MCP em frutos armazenados a temperatura ambiente tem grande importância, pois é uma alternativa simples, que atua efetivamente na extensão da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de bananas cv. Maçã, sem a necessidade de utilização de tecnologias sofisticadas e de elevado custo, como, por exemplo, a refrigeração.

Sugerem-se novos estudos variando-se a associação do 1-MCP com a refrigeração, bem como a avaliação do efeito de outras concentrações e tempo de exposição ao 1-MCP.



## 6 CONCLUSÕES

Sob as condições experimentais em que realizaram-se os estudos, pôde-se concluir:

- o tratamento  $50\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-metilciclopropeno (1-MCP) atrasa o início do amadurecimento de bananas 'Maçã' armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura média  $20^{\circ}\text{C} \pm 1$  e umidade relativa  $80\% \pm 5$ ) em aproximadamente 8 dias, enquanto os tratamentos 100, 150 e  $200\eta\text{L.L}^{-1}$  atrasam em aproximadamente 10 dias;
- embora retardadas, as modificações relativas ao processo de amadurecimento da polpa não são afetadas pelo 1-MCP;
- o 1-MCP, nas doses 100, 150 e  $200\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP, promove desverdecimento desuniforme e tonalidade avermelhada na casca, comprometendo a aparência do fruto;
- a aplicação de 1-MCP em bananas 'Maçã', armazenadas a  $20^{\circ}\text{C} \pm 1$  e  $80\% \pm 5$  de UR, dita maiores valores de perda de massa e relação polpa/casca (nos graus 5 e 7 de coloração da casca), pois aumenta o tempo de exposição dos frutos ao ambiente;
- o tratamento  $50\eta\text{L.L}^{-1}$  de 1-MCP é o mais adequado, por promover a extensão da vida pós-colheita de bananas 'Maçã' armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura média  $20^{\circ}\text{C} \pm 1$  e umidade relativa  $80\% \pm 5$ ) sem afetar a coloração da casca dos frutos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, H.; LIZADA, M. C. C.; TAN, S. C.; PANTASTICO, E. B.; TONGDEE, S. C. Storage of banana. In: ASAN, A.; PANTASTICO, E. B. **Bananas fruit development postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN**. Boston, 1990. p. 45-64.

ALMEIDA, C. O.; SOUZA, J. S.; CORDEIRO, Z. J. M.; INÁCIO, E. S. B. Mercado Mundial. **Banana Pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 2001. p. 9-14. (EMBRAPA. Série Frutas do Brasil, v. 16)

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12. ed. Washington, 1992. 1015 p.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

BITTER, T. MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 4, n. 4, p. 330-334, 1962.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 1-25, Apr. 2003.

BLEINROTH, E. W. **Matéria-prima** In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Bananas: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1995. Série Frutas do Brasil.

BLEINROTH, E. W.; MORETTI, V. A.; BICUDO NETO, L. C. **Comercialização de frutos tropicais**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos/ITAL, 1984. 231 p.

BOTREL, N.; FREIRE, M. J.; VASCONCELOS, R. M.; BARBOSA, H. T. G. Inibição do amadurecimento de banana 'Prata-Anã' com a aplicação do 1-Metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 53-56, abr. 2002.

**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.

**BRASIL.** Ministério da Agricultura e do abastecimento. Secretaria de Produção e Comercialização. Departamento de Comercialização. **Balança Comercial do Agronegócio.** Brasília. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/spc/balanca/frutas\\_02.pdf](http://www.agricultura.gov.br/spc/balanca/frutas_02.pdf)>. Acesso em: fev. 2003.

**BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J.** Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb. 1978.

**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.

**CHARLES, R. J.; TUNG, M. A.** Physical, rheological and chemical properties of banana during ripening. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 38, n. 3, p. 456-459, May/June 1973.

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

**CHEN, C. R.; RAMASWAMY, H. S.** Color change kinetics in ripening bananas. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, London, v. 35, n. 5, p. 415-419, 2002.

**CHEN, S.; CHIU, Y.** Ripening evaluation of banana by optical reflectance. *Journal Chinese Agricultural Engineering*, v. 36, n. 1. p. 41-51. 1990.

**CHITARRA, A. B.;** Contribuição ao estudo da fisiologia e bioquímica pós-colheita da banana 'Marmelo'. 1979. 110 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

**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.;** CHITARRA, A. B. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos. In: CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-

**colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. p. 23-63.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. **Carbohydrate chemistry.** New York: Academic Press, 1962. p. 477-512.

DOLE FRESH FRUIT COMPANY. **Banana Ripening Guide.** 1998. Disponível em? <<http://www.ole.com>>. Acesso em:

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION-FAO. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 10 fev. 2004.

FERNANDES, M. A. F. **Influência da atmosfera modificada e armazenamento no escurecimento de pêssegos cv. Marli.** 2000. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FISCHER, M.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. Changes in the pectic substances of apples during development and postharvest ripening. Part 2: Analysis of the pectic fractions. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 25, n. 3, p. 167-75, 1994.

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.

GOLDING, J. B.; SHEARER, D.; MCGLASSON, W. B.; WYLLIE, S. G. Relationships between respiration, ethylene and aroma production in ripening banana. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 4, p. 1646-1651, Apr. 1999.

GOLDING, J. B.; SHEARER, D.; WYLLIE, S. G. , McGLASSON, W. B. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 87-98, Sept. 1998.

GOODWIN, T. W.; MERCER, E. I. **Introduction to plant biochemistry.** Oxford: Pergamon Press, 1982. 667 p.

HAMRICK, D. Ethylbloc goes liquid. **Grower Talks.** v. 65, 105p. 2001.

HARRIS, D. R.; SEBERRY, J. A.; WILLS, L. J.; SPOHR, L. J. Effect of fruit maturity on efficiency of 1-methylcyclopropene to delay the ripening of

bananas. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 303-308, Nov. 2000.

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

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

HUNTER, R. S.; HAROLD, R. W. **The Measurement of appearance**. 2. ed. New York? Wiley, 1987.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1, 533 p.

JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; MACNISH, A. J.; Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 187-193, June 1999.

KAYS, S. Metabolic processes in harvest products. In: **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

KNEE, M. Methods of measuring green color and chlorophyll content of apple fruit. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 15, n. 5, p. 493-500, 1980.

KOJIMA, K.; SAKURAI, N.; KURAISHI, S. Fruit softening in banana: correlation among stress-relaxation parameters, cell wall components and starch during ripening. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 90, n. 4, p. 772-778, Apr. 1994.

KONNO, H.; YAMASAKI, Y.; KATOH, K. Exopolygalacturonase from suspension cultures of *Marchantia polymorpha*. **Plant Physiology**, Baltimore, v. 73, n. 2, p. 216-222, Oct. 1983.

KU, V. V. V.; WILLS, R. B. H. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 17, n. 2, p. 127-132, Oct. 1999.

LI, M.; SLAUGHTER, D. C.; THOMPSON, J. F. Optical chlorophyll sensing system for banana ripening. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 12, n. 3, p. 273-283, Dec. 1997.

LIZADA, M. C. C.; PANTASTICO, E. B.; SHUKOR, A. R.; SABARI, S. D. Ripening of banana, changes during ripening in banana. In: HASSAN, A.; PANTASTICO, E. B. *Banana fruit development, postharvest physiology, handling and marketing*, in ASEAN. Boston, 1990. p. 65-84.

LUSTRE A. O.; SORIANO, M. S.; MORGA, N. S.; BALAGER, A. H.; TUNAC, M. M. Physical-chemical changes in 'Saba' bananas during normal and acetylene induced ripening. *Food Chemistry*. Essex, v. 1, p. 125, 1976.

MALDONADO, J. F. M.; CRUZ E SILVA, J. A.; FERNANDES, S. G. A cultura da bananeira: perspectivas, tecnologias e viabilidade. Niterói: PESAGRO-RIO, 1998. 44 p.

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

MARKOVIC, O.; HEINRICHOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. *Collection Czechoslovak Chemistry Community*, London, v. 40, n. 3, p. 769-774, 1975.

McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruit. *Analytical Chemistry*, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

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

MEDLICOTT, A. P.; SEMPLE, A. K.; THOMPSON, A. J.; BLACKBOURN, H. R.; THOMPSON, A. K. Measurement of color changes in ripening bananas and mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v. 69, n. 2, p. 161-166, Apr. 1990

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger princípios da bioquímica*. 3 ed. São Paulo: SARVIER, 2002.



NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 135, p. 135-375, 1944.

PALL, R. E. Ethylene, storage and ripening temperatures affect Dwarf Brazilian banana finger drop. **Postharvest Biology and Technology**, v. 8, p. 65-74, 1996,

PALMER, J. K. The banana. In: HULME, A. C. **Biochemistry of fruits and their products**. New York: Academic Press, 1971. p. 65-105.

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

PAYASI, A.; SANWAL, G. G. Pectate lyase activity during ripening of banana fruit. **Phytochemistry**, Oxford, v. 63, n. 3, p. 243-248, June 2003

PELAYO, C.; VILAS BOAS, E. V. B. de; BENICHOU, M.; KADER, A. A. Variability in responses of partially ripe bananas to 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Oxford, v. 28, n. 1, p. 75-85, Apr. 2003.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; TEIXEIRA, C. M. Uso de biofilme na conservação pós-colheita de banana 'Maçã'. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 12., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. CD-ROM

PRABHA, T. N.; BHAGYALAKSHMI, N. Carbohydrate metabolism in ripening banana fruit. **Phytochemistry**, Oxford, v. 48, n. 6, p. 915-919, July 1998.

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S. P. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v. 44, n. 12, p. 1717-1723, Dec. 1969.

REIS, C. M. F. **Manutenção da qualidade de banana 'Prata' minimamente processada**. 2002. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RUPASINGHE, H. P. V.; MURR, D. P.; PALIYATH, G.; SKOG, L. Inibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'Mcintosh' and 'Delicious' apples. **Journal Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 75, n. 3, p. 271-276, May 2000.

SALUNKHE, 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, 323 p.

SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993.

SEYMOUR, G. B.; THOMPSON, A. K.; JOHN, P. Inhibition of degreening in the peel of bananas ripened at tropical temperatures. 1. Effect of high temperature on changes in the pulp and peel during ripening. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 110, n. 1, p. 145-151, Feb. 1987.

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.

SILVA, A. P. da; EVANGELISTA R. M.; VIEITES, R. L. Uso de películas de amido e saco de polietileno na conservação de bananas, armazenadas sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz da Almas, v. 18, n. 1, p. 31-42, 1996.

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

SIMMONDS, N. W. **Bananas**. Singapore, Print House, 1966.

SIMMONDS, N. W.; SHEPHERD, K. The taxonomy and origin of the cultivated bananas. **Botany**, Washington, v. 55, p. 302-312, 1995.

SISLER, E. C.; BLANKENSHIP, S. M. **Methods of counteracting an ethylene response in plants**. U. S. Patent number 5,518,988. May 21, 1996.

UNITED FRUIT SALES CROP. **Banana ripening guide**. Boston, MA, 1964.

VILAS BOAS, E. V. B. 1-MCP: um inibidor da ação do etileno. In: **SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS: patologia pós-colheita de**



frutos e hortaliças, 2., 2002, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 182 p.

VILAS BOAS, E. V. B. **Aspectos Fisiológicos do Desenvolvimento de Frutos.** Lavras: UFLA/FAEPE/DCA, 1999. 71 p. (Curso de Especialização 'Lato sensu' Ensino à distância: Pós-colheita de frutos e hortaliças: manutenção e qualidade).

VILAS BOAS, E. V. B. **Maturação pós-colheita de híbridos de tomate heterozigotos no loco alcobaça.** 1998. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

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. (EMBRAPA. Série Frutas do Brasil, 16).

VILAS BOAS, E. V. B.; KADER, A. A. **Effect of 1-MCP on fresh-cut fruits.** In: *Perishables Handling Quarterly. Postharvest Biology and Technology.* Califórnia, n. 108, p. 25, Nov. 2001.

VILAS BOAS, E. V. B.; RODRIGUES, L. J.; DE PAULA, N. R. F. **Modificações físicas, físico-químicas e químicas da banana 'Maçã' durante o amadurecimento.** In: **SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS/DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO E A INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS, 5.,** 2003, Campinas. *Anais...* CD-ROM

VON LOESECKE, H. W. **Chemical changes during ripening.** In: VON LOESECKE, H. W. *Bananas chemistry, physiology, technology.* New York: Interscience, 1950. p. 67-118.

WAINWRIGHT, H.; HUGHES, P. A. **Objective Measurement of Banana Pulp Color.** *International Journal of Food and Technology,* Oxford, v. 24, n. 5, p. 553-558, Oct. 1989.

WATKINS, C. B. **Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control.** In: KNEE, M. *Fruit quality and its biological basis.* Columbus, Ohio: CRC Press, 2002. 279 p.

## ANEXOS

### ANEXO A

Página

TABELA 1A	Quadro da análise de variância e respectivos níveis de significância e coeficiente de variação das variáveis perda de massa (PM), relação polpa casca (P/C), valores a (a), valores (b) e amido de bananas 'Maçã', submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L <sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C $\pm$ 1e UR= 80% $\pm$ 5).....	58
TABELA 2A	Quadro da análise de variância e respectivos níveis de significância e coeficiente de variação das variáveis açúcares solúveis totais, (AST), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável, pH e firmeza de bananas 'Maçã', submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L <sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C $\pm$ 1e UR= 80% $\pm$ 5).....	58
TABELA 3A	Quadro da análise de variância e respectivos níveis de significância e coeficiente de variação das variáveis pectina solúvel (PS), pectina total (PT), pectinametilsterase (PME) e poligalacturonase (PG) de bananas 'Maçã', submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L <sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C $\pm$ 1e UR= 80% $\pm$ 5).....	59

**TABELA 1A** Quadro da análise de variância e respectivos níveis de significância e coeficiente de variação para as variáveis perda de massa (PM), relação polpa casca (P/C), valores a (a), valores (b) e amido de bananas 'Maçã', submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

Causas de variação	GL	Níveis de significância				
		PM	P/C	a	b	Amido
Graus de coloração (A)	2	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0031**	0,0000**
1-MCP (B)	4	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0003**	0,0000**
AxB	8	0,7018ns	0,0047**	0,1622ns	0,2399ns	0,0000**
CV (%)		9,86	7,87	-33,85	5,56	5,12

ns, \*, \*\* indicam valores do Teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

**TABELA 2A** Quadro da análise de variância e respectivos níveis de significância e coeficiente de variação para as variáveis açúcares solúveis totais, (AST), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável, pH e firmeza de bananas 'Maçã', submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

Causas de variação	GL	Níveis de significância				
		AST	SST	ATT	pH	Firmeza
Graus de coloração (A)	2	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0000**
1-MCP (B)	4	0,0027**	0,0002**	0,0794ns	0,0006**	0,1134ns**
AxB	8	0,0000**	0,0006**	0,0000**	0,0028**	0,0013**
CV (%)		6,74	5,20	5,15	1,34	13,02

ns, \*, \*\* indicam valores do Teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

**TABELA 1A** Quadro da análise de variância e respectivos níveis de significância e coeficiente de variação para as variáveis pectina solúvel (PS), pectina total (PT), pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) de bananas 'Maçã', submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 $\eta$ L.L<sup>-1</sup> de 1-MCP) por 12 horas, armazenadas sob temperatura ambiente (temperatura = 20°C  $\pm$  1e UR= 80%  $\pm$  5).

Causas de variação	GL	Níveis de significância			
		PS	PT	PME	PG
Graus de coloração (A)	2	0,0000**	0,0009**	0,0000**	0,0000**
1-MCP (B)	4	0,0000**	0,0322*	0,0000**	0,0000**
AxB	8	0,0036**	0,0103*	0,0000**	0,4025ns
CV (%)		7,30	9,15	14,77	8,13

ns, \*, \*\* indicam valores do Teste F não significativo e significativo ao valor nominal de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.