

PÓS-COLHEITA DE BANANAS 'MAÇÃ'
SUBMETIDAS AO 1-MCP

ANA CARLA MARQUES PINHEIRO

2007

ANA CARLA MARQUES PINHEIRO

PÓS-COLHEITA DE BANANAS ‘MAÇÃ’ SUBMETIDAS AO 1-MCP

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

Orientador

Prof. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Pinheiro, Ana Carla Marques.

Pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-MCP / Ana Carla Marques
Pinheiro. -- Lavras : UFLA, 2007.

140 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Bibliografia.

1. Amadurecimento. 2. Climatério. 3. Prolongamento da vida pós-colheita. 4.
Análise sensorial. 5. Refrigeração. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.804772

ANA CARLA MARQUES PINHEIRO

PÓS-COLHEITA DE BANANAS ‘MAÇÃ’ SUBMETIDAS AO 1-MCP

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

APROVADA em 27 de setembro de 2007

Prof. Adimilson Bosco Chitarra **UFLA**

Prof. Luiz Carlos de O. Lima **UFLA**

Prof. Mário César Guerreiro **UFLA**

Pesq. Neide Botrel Gonçalves **EMBRAPA**

Prof. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

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

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 e pela contribuição à minha formação acadêmica.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

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

Ao Departamento de Química, mais especificamente ao professor Mário César Guerreiro, pela co-orientação e grande ajuda nas análises cromatográficas.

À professora Helena Maria André Bolini, pela co-orientação e auxílio no desenvolvimento das análises sensoriais.

Aos alunos de iniciação científica, Lucas, Alessandra e Marcelo, pelo companheirismo e grande ajuda na montagem do projeto e execução das análises laboratoriais.

Às laboratoristas Sandra e Tina, pelos esclarecimentos e amizade.

Aos amigos e colegas de pós-graduação, Sueli, Heloisa, Brígida, Daniela, Luizinho, Nélio, Gilma, Giovana, pelo apoio e incentivo.

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 GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1: Pós-colheita de bananas ‘maçã’ submetidas ao 1-MCP.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
2.1 Aspectos gerais e comerciais da cultura da bananeira.....	5
2.1.1 Bananeira cv. Maçã.....	6
2.2 Qualidade de produtos vegetais e importância da avaliação sensorial dos alimentos.....	8
2.3 Amadurecimento.....	10
2.3.1 Principais transformações químicas e bioquímicas durante o amadurecimento de frutos.....	11
2.3.1.1 Respiração e etileno.....	12
2.3.1.2 Coloração.....	15
2.3.1.3 Sabor.....	16
2.3.1.3.1 Carboidratos.....	17
2.3.1.3.2 Sólidos solúveis.....	18
2.3.1.3.3 Ácidos orgânicos.....	18
2.3.1.3.4 Compostos voláteis.....	20
2.3.1.3.5 Firmeza e substâncias pécticas.....	20
2.3.1.3.6 Poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME).....	22
2.4 1-Metilciclopropano (1-MCP).....	23
2.4.1 Utilização do 1-MCP.....	24

2.4.2 Condições de uso do 1-MCP.....	24
2.4.3 Influência do 1-MCP no processo de amadurecimento de bananas.....	25
2.5 Refrigeração.....	28
3 Referências bibliográficas.....	31
CAPÍTULO 2: Amadurecimento de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-Metilciclopropeno (1-MCP)	37
1 Resumo.....	38
2 Abstract	40
3 Introdução.....	41
4 Material e métodos.....	43
5 Resultados e discussão.....	45
6 Conclusões	51
7 Agradecimentos.....	51
8 Referências bibliográficas.....	52
CAPÍTULO 3: Climatério de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-Metilciclopropeno	54
1 Resumo.....	55
2 Abstract.....	56
3 Introdução.....	57
4 Material e métodos.....	59
5 Resultados e discussão.....	62
6 Conclusões	72
7 Agradecimentos.....	72
8 Referências bibliográficas.....	73
CAPÍTULO 4: Prolongamento da vida pós-colheita de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-MCP- Qualidade sensorial e física.....	75
1 Resumo.....	76

2 Abstract	77
3 Introdução.....	78
4 Material e métodos.....	80
5 Resultados e discussão.....	82
6 Conclusões	91
7 Agradecimentos.....	91
8 Referências bibliográficas.....	92
CAPÍTULO 5: Armazenamento refrigerado de banana ‘Maçã’ submetida ao 1-MCP.....	94
1 Resumo.....	95
2 Abstract	97
3 Introdução.....	99
4 Material e métodos.....	101
4.1 Instalação do experimento	101
4.2 Análises	102
5 Resultados e discussão.....	104
6 Conclusões	114
7 Agradecimentos.....	114
8 Referências bibliográficas.....	115
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
ANEXOS.....	120

RESUMO GERAL

PINHEIRO, Ana Carla Marques. **Pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-MCP**. 2007. 140p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil*

A banana é um fruto climatérico que apresenta curto período de conservação após iniciados os processos relativos ao amadurecimento. Técnicas visando o prolongamento da fase pré-climatérica têm sido estudadas e aprimoradas com o objetivo de prolongar sua vida pós-colheita, resguardando-se a manutenção de seus atributos de qualidade. O 1-metilciclopropeno (1-MCP), inibidor da ação do etileno, é um novo produto que tem sido avaliado como uma técnica promissora no prolongamento da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de produtos vegetais. Objetivou-se avaliar a influência da aplicação de 50nL.L^{-1} de 1-MCP em diferentes tempos (0, 6, 9, 12 e 24 horas) no prolongamento da vida pós-colheita, comportamento respiratório e de produção de etileno e na qualidade física, química e sensorial de bananas 'Maçã' armazenadas a temperatura ambiente. Objetivou-se também avaliar o efeito do 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200 nL.L^{-1} , durante 9 horas) e armazenamento refrigerado (13°C) no retardo do amadurecimento e qualidade das bananas quando maduras. A aplicação de 50 nL.L^{-1} de 1-MCP durante 9 ou 12 horas é a mais indicada para o armazenamento de bananas 'Maçã' sob temperatura ambiente ($22\text{ a }25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR), pois promove efetivamente o prolongamento da fase pré-climatérica e conseqüentemente a vida pós-colheita dos frutos, sem alterar a aceitabilidade sensorial dos frutos, tanto no grau 4 de coloração da casca (frutos mais verdes que amarelos) quanto nos frutos no grau 7 (frutos completamente amarelos com pontuações marrons/aptos ao consumo). Segundo os resultados obtidos para o armazenamento refrigerado (13°C) de bananas 'Maçã', a aplicação de 100 ou 150 nL.L^{-1} de 1-MCP (durante 9 horas) atua eficientemente no prolongamento da vida pós-colheita e na manutenção da qualidade dos frutos, quando maduros.

*Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – DCA/UFLA (Orientador), Prof. Dr. Mário César Guerreiro – DQI/UFLA (Co-orientador) e Profa. Dra. Helena Maria André Bolini DEPAN/FEA/UNICAMP (Co-orientadora).

GENERAL ABSTRACT

PINHEIRO, Ana Carla Marques. **Postharvest life of 'Apple' bananas submitted to 1-MCP**. 2007. 140p. Thesis (Doctor in Food Sciences) – Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brasil*

The banana is a climateric fruit which presents a short conservation period after the beginning of the processes relative to ripening. Techniques aiming the extension of the pre-climateric phase have been studied and improved with the goal of extending its postharvest life, keeping the quality attributes. 1-methylcyclopropene (1-MCP), inhibitor of ethylene, is a new product which has been evaluated as a promising technique in the extension of postharvest life and maintenance of quality of plant products. It was intended to evaluate the influence of the application of 50nL.L^{-1} of 1-MCP at different times (0, 6, 9, 12 and 24 hours) on the extension of postharvest life, respiratory behavior and of ethylene production and on the physical, chemical and sensorial quality of 'Apple' bananas stored at room temperature. It was also aimed to evaluate the effect of the 1-MCP at different concentrations (0, 50, 100, 150, 200 nL.L^{-1} , for 9 hours) and refrigerated storage (13°C) on the delay of ripening and quality of bananas when ripe. The application of 50 nL.L^{-1} of 1-MCP for 9 or 12 hours is the most indicated to the storage of 'Apple' bananas under room temperature ($22\text{ to }25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $80 \pm 5\% \text{ RH}$), since it promotes effectively the extension of the pre-climateric phase and consequently post-harvest life of fruit, without altering the sensorial acceptability of fruit, both in color degree of the skin 4 (fruits greener than yellow) and 7 (whole yellow fruits with brown spots/proper for consumption). According to the results obtained for the refrigerated storage (13°C) of 'Apple' bananas, the application of 100 or 150 nL.L^{-1} of 1-MCP (for 9 hours) acts effectively on the extension of postharvest life and on the maintenance of the quality of fruits when ripe.

*Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – DCA/UFLA (Adviser), Prof. Dr. Mário César Guerreiro – DQI/UFLA (Co-adviser) e Profa. Dra. Helena Maria André Bolini DEPAN/FEA/UNICAMP (Co-adviser).

CAPÍTULO 1

PÓS-COLHEITA DE BANANAS 'MAÇÃ' SUBMETIDAS AO 1- MCP

1 INTRODUÇÃO GERAL

A banana é uma fruta de grande importância social e econômica, pois, além de ser considerada fonte de energia, minerais e vitaminas, de baixo custo, sendo consumido por populações de alta e baixa renda, o cultivo da bananeira gera empregos e renda para a população de várias regiões do Brasil. A banana, muito apreciada no Brasil e no mundo, é a quarta cultura agrícola mais importante do planeta, atrás apenas do arroz, do trigo e do milho (Empresa de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA 2006). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de banana, responsável por cerca de 9,5% da produção (EMBRAPA, 2006). De acordo com Brasil (2007), o país produziu 6.997.000 toneladas de banana em 2005, exportando 212.923 toneladas, ou seja, 3,03% de toda a produção. O mercado brasileiro de banana é possivelmente o maior do mundo. As estimativas mais conservadoras indicam um consumo anual da ordem 6,6 milhões de toneladas no Brasil, sendo o consumo *per capita* anual elevado (Agrianual, 2007), em torno de 30 kg.

Embora pouco explorada devido à alta suscetibilidade à doença fúngica conhecida como mal-do-panamá, 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 e de São Paulo, além de alta rentabilidade econômica.

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

A banana apresenta curto período de conservação, após iniciados os processos relativos ao amadurecimento. Técnicas que visam o prolongamento da fase pré-climatérica têm sido estudadas e aprimoradas com o objetivo de prolongar sua vida pós-colheita, resguardando-se a manutenção de seus atributos de qualidade.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP), inibidor da ação do etileno, é um produto que tem sido avaliado como uma técnica promissora no prolongamento da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de produtos vegetais. De acordo com a portaria nº 354 de 11 de agosto de 2006 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA (2006), o 1-MCP foi liberado para utilização no Brasil em diferentes plantas ornamentais e frutos, dentre os quais inclui-se a banana.

Face ao grande potencial de utilização do 1-MCP e da carência de estudos no que se refere à banana ‘Maçã’, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do 1-MCP sobre o prolongamento da vida pós-colheita e qualidade de bananas ‘Maçã’.

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Avaliar o efeito do uso de 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150 e 200 nL.L⁻¹) associado ao armazenamento refrigerado (13°C durante 28 dias), com posterior armazenamento a temperatura ambiente, sobre o prolongamento da vida pós-colheita e qualidade física, química e bioquímica de bananas ‘Maçã’, quando maduras (aptas ao consumo).
- Avaliar a influência da aplicação de 50 nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos (0, 6, 9, 12 e 24 horas) no prolongamento da vida pós-colheita, no metabolismo

respiratório e modificações físicas e químicas durante o amadurecimento de bananas Maçã, armazenadas a temperatura ambiente.

- Monitorar a taxa respiratória e de produção de etileno além de mudanças na coloração da casca ao longo do armazenamento de bananas 'Maçã' tratadas com 50 nL.L^{-1} de 1-MCP em diferentes tempos (0, 6, 9, 12 e 24 horas) e armazenadas a temperatura ambiente, bem como a qualidade física e química dos frutos quando maduros (aptos ao consumo).

- Avaliar a influência da aplicação de 50 nL.L^{-1} de 1-MCP, em diferentes tempos (0, 6, 9, 12 e 24 horas) sobre a qualidade sensorial: aparência, descasque, aroma, sabor, firmeza e intenção de compra de bananas 'Maçã', armazenadas a temperatura ambiente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais e comerciais da cultura da bananeira

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 & 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. 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 (EMBRAPA, 2006) por possuir excelentes

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

De acordo com Brasil (2007), o país produziu 6.997.000 toneladas de banana em 2005, exportando 212.923 toneladas, ou seja, 3,03% de toda a produção. Apesar de destacar-se como um dos maiores produtores mundiais de banana, a quantidade exportada é ainda muito baixa, devido ao alto consumo interno da fruta e aos altos índices de perdas (EMBRAPA, 2006), da ordem de 40-60% (Almeida et al., 2001). As estimativas mais conservadoras indicam um consumo anual da ordem da ordem de 6,6 milhões de toneladas no Brasil, sendo o consumo per capita anual elevado (Agrianual, 2007).

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 (Seymour et al., 1993).

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 com pedúnculos curtos, 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 suscetível à doença Mal-do-Panamá, o que a torna pouco explorada e, conseqüentemente, pouco comercializada.

A cultura da bananeira ‘Maçã’ teve um crescimento explosivo na região de Jales (SP) a partir da década de 90. Em 2001, o Escritório de Desenvolvimento Regional (EDR) da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral da Secretaria de Agricultura e Abastecimento registrou uma área total plantada de 4.742 hectares na região, que tornava a maior produtora de banana ‘Maçã’ do estado. A partir de 2001, porém, o plantio foi decrescendo. Em novembro de 2004 Jales possuía uma área plantada de 1.737 hectares. No último levantamento, em julho de 2006, a área total de banana ‘Maçã’ era de 1.571 hectares o que mostra a tendência de estabilização do plantio (Agrianual, 2007).

A estabilidade resultou da decisão dos produtores de buscar, a partir de 2004, novas mudas não-contaminadas com o Mal-do-Panamá, doença que afeta a longevidade da cultura. O Mal-do-Panamá é causado pelo fungo *Fusarium oxysporum* f. SP. cubense (E.F. Smith) Sn e Hansen que atinge o sistema vascular das plantas sadias comprometendo o bananal. Os sintomas são amarelecimento progressivo das folhas, que murcham, secam e se quebram. A bananeira cv. Maçã é altamente susceptível à doença que se dissemina facilmente pela água de irrigação, pelo homem, por animais e equipamentos contaminados (Agrianual, 2007).

Com a prática adotada, no período de um ano, a produtividade média da fruta pode chegar a 8 mil kg por hectare. E assim, os produtores podem explorar a boa rentabilidade da cultura, pois o produto tem preços favoráveis no mercado. Entre julho de 2005 e julho de 2006, o produtor recebeu em média R\$ 16,00 pela caixa, sendo o custo de produção de R\$12,00 por caixa, diferentemente das

demais cultivares que apresentaram preço de venda de R\$ 6,21 por caixa com um custo de R\$ 5,77. Assim, a cultura da bananeira 'Maçã' destaca-se das demais apresentando maior índice de lucratividade (Agriannual, 2007).

2.2 Qualidade de produtos vegetais e importância da avaliação sensorial dos alimentos

O principal objetivo durante a produção, manuseio e comercialização de frutas e hortaliças frescas é a satisfação do consumidor. Sabe-se que a satisfação do consumidor está intimamente relacionada com a qualidade do produto (Shewfelt, 1999). A qualidade de um alimento envolve os aspectos sensoriais, como aparência, aroma, sabor e textura, percebidos pelos sentidos humanos e/ou medidos instrumentalmente, e pelos aspectos nutricionais e de segurança.

Embora todos os aspectos sensoriais sejam relevantes do ponto de vista da qualidade, normalmente a aparência constitui-se no primeiro aspecto avaliado pelo consumidor no momento da aquisição de um alimento. Um produto reprovado pela avaliação visual do consumidor, geralmente não passa por qualquer outro tipo de avaliação sendo, de imediato, rejeitado. A aparência é um atributo sensorial que sensibiliza a visão do consumidor. O tamanho, a forma, a coloração, o brilho, a presença de defeitos, constituem as características básicas na avaliação da aparência de um alimento (Vilas Boas, 2002).

O sabor ou *flavor* é tido como a união das sensações de gosto (doce, ácido, salgado e amargo) com sensações olfatórias (aromas) além das sensações táteis percebidas na boca (quente, frio, adstringente, etc.). Nos vegetais, o gosto doce advém dos carboidratos (glicose, frutose, sacarose), o gosto ácido é devido aos ácidos orgânicos (ácido málico, cítrico, tartárico, et.), o salgado devido à presença dos sais minerais e amargo pela presença de alguns compostos como, por exemplo, o tanino que confere também a sensação de adstringência. O aroma

é ditado por milhares de compostos voláteis que conferem o aroma e sabor característico de cada vegetal.

A textura dos vegetais é determinada pelas organelas celulares e seus constituintes bioquímicos, teor de água ou turgor e composição da parede celular. Logo, qualquer fator que afete estas características pode modificar a textura, podendo levar a alteração na qualidade final do produto (Wills et al., 1999), sendo esta benéfica, no caso de mudanças associadas ao amadurecimento, tornando-o apto ao consumo ou detrimental, no caso de injúria física.

O sucesso do alimento no mercado, seja ele processado ou *in natura*, depende do seu desempenho junto ao consumidor. A determinação da aceitação e/ou preferência do produto se torna indispensável no processo de desenvolvimento de novos produtos, no melhoramento de processo, na substituição de ingredientes (Reis et al., 2006), bem como na utilização de técnicas objetivando o prolongamento da vida pós-colheita de vegetais.

A análise sensorial é uma disciplina científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações ocasionadas às características dos alimentos e outros materiais da forma com que são percebidos pelos sentidos da visão, olfato, gosto tato e audição (IFT, 1981).

Os métodos utilizados para avaliar a aceitabilidade/preferência dos alimentos, denominados métodos afetivos, englobam vários diferentes tipos de testes que são direcionados ao consumidor. Dentre estes, o teste utilizando-se escala hedônica é muito eficiente na obtenção de informações sobre a aceitabilidade de características específicas ou globais de um determinado produto. A escala hedônica é uma escala facilmente compreendida pelos consumidores, nela eles expressam sua aceitação pelo produto, seguindo uma escala previamente estabelecida, que varia gradativamente com base nos termos “gosta” e “desgosta” (Reis & Minim, 2006). Desta forma, os métodos afetivos

auxiliam muito na avaliação da viabilidade da aplicação de novas técnicas, seja na pós-colheita como também em vários setores.

Sabe-se que o 1-metilciclopropano é eficiente no retardo do processo de amadurecimento e senescência. Entretanto são poucos os estudos que avaliam o impacto da utilização deste produto na qualidade sensorial de vegetais comestíveis, devido principalmente ao recente registro do produto e liberação para uso comercial restrita a poucas frutas e hortaliças (Watkins, 2006).

2.3 Amadurecimento

O amadurecimento é um evento interessante no ciclo vital dos frutos, por transformá-los em produtos atrativos e aptos ao consumo humano. É definido como a fase final da maturação, sendo, porém, excluída do desenvolvimento, uma vez que nessa etapa há predominância de processos degradativos. É um processo normal e irreversível que, uma vez iniciado, conduz os frutos a senescência (envelhecimento e morte dos tecidos). Porém, pode ser retardado com uso de meios adequados (Chitarra & Chitarra, 2005).

O amadurecimento é considerado como o aprimoramento do conjunto de processos que ocorrem desde os últimos estádios de desenvolvimento até as etapas iniciais da senescência, resultando em características de estética e de qualidade para o fruto. Nessa fase há um aprimoramento das características sensoriais, ou seja, sabores e aromas específicos desenvolvem-se em conjunto com o aumento da doçura, com a redução da acidez e da adstringência, na maioria dos frutos. O fruto torna-se mais macio, principalmente pela degradação de compostos da parede celular e amido, e mais colorido em decorrência da degradação da clorofila e desmascaramento e/ou desenvolvimento acentuado de pigmentos carotenóides e/ou antocianinas. Portanto, o amadurecimento corresponde basicamente às mudanças nos fatores sensoriais: aparência, mais especificamente na cor, sabor, aroma e textura, que tornam o fruto aceitável para

o consumo. Algumas dessas mudanças podem ser detectadas por análise ou observação visual das transformações físicas, ou pela análise das transformações endógenas, como mudanças nos teores de pigmentos, ácidos, taninos, carboidratos, pectinas, etc. Essas transformações parecem estar sincronizadas e encontram-se, provavelmente, sob controle genético. Essa afirmativa tem suporte no fato de que o intervalo entre a antese e o amadurecimento, em condições climáticas similares, é relativamente constante para um determinado fruto (Chitarra & Chitarra, 2005).

Entretanto, o amadurecimento 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 (Chitarra & Chitarra, 2005).

2.3.1 Principais transformações bioquímicas e químicas durante o amadurecimento de frutos

Durante o amadurecimento ocorrem vários processos bioquímicos de síntese e degradação que resultam em modificações sensíveis nas características químicas e físicas, notadamente na cor, aroma, sabor e textura dos frutos.

As reações químicas e bioquímicas responsáveis por essas transformações são as mais diversas possíveis, havendo variação entre espécies, cultivares e entre frutos de uma mesma cultivar, dependendo das condições de produção ou de armazenamento (Chitarra & Chitarra, 2005).

Serão abordadas algumas transformações físicas, químicas e bioquímicas que ocorrem durante o amadurecimento de frutos, com maior ênfase para o amadurecimento de bananas.

2.3.1.1 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 & Chitarra, 2005).

De acordo com o padrão respiratório e de produção de etileno durante o amadurecimento 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 este comportamento.

Os frutos, após a colheita, continuam a respirar, liberando dióxido de carbono (CO_2), etileno (C_2H_4) e pequenas quantidades de ésteres voláteis (Von Loesecke, 1950). A banana exibe um padrão climatérico de respiração que se caracteriza, inicialmente, por uma baixa taxa de produção de CO_2 , ou absorção de 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 (Vilas Boas et al., 2001). Vilas Boas et al. (1996). Trabalhando com bananas cv. Pratas também verificaram um aumento na taxa de produção de etileno a qual antecedeu a ascensão respiratória

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, sabor, aroma e textura. 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 (Watkins, 2002).

O aumento na produção de etileno está associado não só com o desenvolvimento das características de qualidade de frutos climatéricos, mas também com a diminuição do seu potencial de armazenamento (Watkins, 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 (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, durante o amadurecimento dos frutos.

O etileno, no tecido vegetal, liga-se a uma proteína receptora específica localizada no sistema de endomembranas (endoplasmática, reticular e de Golgi) e promove a síntese de enzimas específicas nas células. A seqüência de eventos assemelha-se a dos hormônios esteróides nos mamíferos, os quais entram na célula, ligam-se a um receptor protéico específico no citosol e, na forma ligada, passam ao núcleo, onde ativam genes específicos, que são transcritos em mRNA

e traduzidos em proteínas (enzimas). A diferença fundamental entre o hormônio esteróide e o etileno é que o receptor protéico do esteróide localiza-se no citosol, podendo mover-se livremente para o núcleo e ativar os genes, ao passo que a proteína receptora de etileno ligada à membrana não é livre. As pesquisas direcionam-se, na atualidade, para o esclarecimento da forma como o sinal resultante da ligação do etileno ao receptor protéico resulta na síntese de enzimas específicas (Chitarra & Chitarra, 2005).

O etileno controla o amadurecimento, coordenando a ativação de vários genes responsáveis pelas transformações nos tecidos. Os baixos níveis produzidos na fase pré-climatérica têm importante papel no amadurecimento, porque regulam as etapas subseqüentes do processo. No entanto, ele não regula todas as vias do amadurecimento. Existem vias dependentes e independentes, conforme comprovado em estudos com frutos mutantes transgênicos, com supressão do etileno (Chitarra & Chitarra, 2005).

Existem vários compostos que podem atuar como inibidores da ação ou antagonistas, ligando-se aos sítios receptores do etileno, bloqueando sua ação; e inibidores que afetam, impedindo ou bloqueando a atividade de enzimas responsáveis da síntese de etileno (ACC sintase e ACCoxidase), diminuindo a sua produção.

O uso de inibidores da ação é mais eficiente que o de inibidores da síntese, pois protegem os tecidos contra o etileno endógeno e exógeno, apresentando melhor resultado.

Uma nova classe de compostos - os ciclopropenos, vem sendo pesquisada nos últimos anos na busca de substâncias menos tóxicas e mais eficientes como antagonistas do etileno (Chitarra & Chitarra, 2005). O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um químico pertencente a esta nova classe que atua efetivamente no bloqueio da ação do etileno sobre os tecidos vegetais, retardando o amadurecimento e senescência.

Vários trabalhos tem sido realizados na busca de condições adequadas de aplicação desta técnica na pós-colheita de banana, dentre eles aqueles realizados por Golding et al. (1998); Jiang et al. (1999); Harris et al. (2000); Botrel et al. (2002); Pelayo et al. (2003), Lohani et al. (2004); Almeida et al. (2006) e Pinheiro et al. (2005, 2006, 2007).

2.3.1.2 Coloração

Os principais pigmentos presentes em frutos e hortaliças pertencem a diferentes tipos de substâncias químicas, sendo agrupados em três classes distintas: clorofila, carotenóides, antocianinas e têm importante papel na aceitação do produto pelo consumidor (Chitarra & Chitarra, 2005). A mudança na coloração da casca de muitos vegetais pode ser em muitos casos, como na banana, indicativo do grau de maturação.

O primeiro sinal visível do amadurecimento na banana é a mudança na coloração de verde para amarelo, causada por uma redução no teor de clorofila na casca do fruto. A quantidade de clorofila cai de 50 a 100 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de peso fresco, em frutos verdes, para aproximadamente 0 $\mu\text{g.g}^{-1}$ 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). Nessa fase os frutos caracterizam-se por acentuadas mudanças sensoriais e plenitude em termos de consumo (Chitarra & Chitarra, 2005). Durante o amadurecimento de bananas, a clorofila da casca é degradada, revelando os carotenóides (9-14 mg.g peso fresco⁻¹). Geralmente, admite-se que a concentração de carotenóides altere pouco durante o amadurecimento, embora nem todos os dados confirmem esta versão (Seymour et al., 1993).

Existem três principais métodos para se analisar a coloração da casca de frutos: visual, químico e instrumental (Knee, 1980; Wainwright & 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 teor 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 & Hughes, 1989; Chen & 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 & Harold, 1987). Entretanto, todos os métodos instrumentais são relativamente caros e não são projetados para a utilização comercial.

2.3.1.3 Sabor

O sabor é uma característica complexa de frutos e hortaliças, influenciada pela genética, ambiente, pela maturidade do produto durante a colheita e manuseio na pós-colheita (Vilas Boas, 1999). É determinado pelos quatro gostos básicos: doce, ácido, salgado e amargo, pelo aroma e pelas sensações bucais (adstringência, quente, frio, etc.). A doçura está diretamente relacionada com os açúcares e com a relação açúcares/ácido (Vilas Boas, 1999). O gosto ácido é determinado pela presença de ácidos orgânicos, o gosto amargo

é determinado pela presença, por exemplo, de taninos, que conferem também a sensação de adstringência. O aroma, percebido pelo olfato, é advindo de diferentes compostos voláteis que são emanados pelos frutos.

2.3.1.3.1 Carboidratos

Um importante atributo associado à qualidade dos frutos é o sabor. O teor 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 (Seymour et al., 1993).

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 & Cox, 2002).

Estudo realizado com banana 'Maçã', por Pinheiro et al. (2005), mostrou valores médios de 18,36% e 3,24% de amido e de 7,82% e 19,22% de açúcares totais em frutos no início do amadurecimento e maduros, respectivamente. Almeida et al. (2006) observaram valores médios de 21,4% de açúcares totais em bananas 'Maçã' maduras.

2.3.1.3.2 Sólidos solúveis (SS)

Os sólidos solúveis 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 SS 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 SS em bananas é da ordem de 0,92% no fruto verde para 22,3% no fruto maduro (Sgarbieri & Figueiredo, 1971). Pinheiro et al. (2006) observaram valores de 14,67% e 26% de sólidos solúveis em bananas 'Maçã' no início do amadurecimento e maduras, respectivamente.

2.3.1.3.3 Ácidos orgânicos

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 são encontrados em concentrações relativamente elevadas em alguns tecidos (Goodwin & Mercer, 1982).

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 por meio da 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, succínico, 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 et al. (1996) & Carvalho (1984), que encontraram, para banana 'Prata' verde e madura, pH de 5,15 e 4,50, respectivamente. Pinheiro et al. (2006) observaram este mesmo comportamento no amadurecimento de bananas 'Maçã' e valores de 0,53% de ácido málico e 4,55 de pH em frutas maduras. Almeida et al. (2006) observaram 4,75 de pH em bananas maduras desta mesma cultivar, valor semelhante ao encontrado por Pinheiro et al. (2006).

2.3.1.3.4 Compostos voláteis

O aroma, importante aspecto associados ao sabor, e conseqüentemente à qualidade sensorial dos alimentos, é determinado pela presença de diferentes compostos voláteis. Embora presentes em concentrações muito baixas, os compostos orgânicos voláteis formados durante as transformações bioquímicas da maturação e amadurecimento são responsáveis pelo aroma típico e têm grande importância na aceitação dos produtos hortícolas, notadamente das frutas. Os compostos voláteis incluem substâncias químicas diversas, tais como ésteres, lactonas, alcoóis, ácidos, aldeídos, cetonas, acetais, hidrocarbonos e alguns fenóis, éteres e compostos oxigenados heterocíclicos (Chitarra & Chitarra, 2005).

O aroma característico das espécies ou mesmo de cultivares é decorrente de um pequeno número desses compostos designados como “voláteis de impacto”. Os compostos voláteis de impacto da banana são: ésteres amil e acetato isoamil (Chitarra & Chitarra, 2005).

Pelayo et al. (2003) observaram aumento no teor de ésteres amil e acetato de isoamil no amadurecimento de bananas.

2.3.1.3.5 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 teor 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 (Goodwin & Mercer, 1982).

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

As substâncias pécnicas atuam como matérias cimentantes localizadas na lamela média. Derivam dos ácidos poligalacturônicos e ocorrem nas formas de protopectina, ácido pectínico e ácido pectico (Salunkhe et al., 1991). Os compostos pécnicos mais abundantes são os ácidos poligalacturônicos, formados principalmente por cadeias não ramificadas de resíduos de ácido com ligação α -1,4-D-galacturônico, metil esterificados.

De acordo com Cheftel & 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 pectico designa os ácidos poligalacturônicos isentos de metoxila (-OCH₃) no carbono 6. 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 pécnicos 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 pécnicas 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 são observados durante o amadurecimento, paralelamente ao aumento das pectinas solúveis na polpa de banana (Vilas Boas, 1996). Pinheiro et al. (2005) observaram redução da firmeza acompanhada do aumento na solubilização de substâncias pécnicas no amadurecimento de bananas cv. Maçã.

2.3.1.3.6 Poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME)

Grandes mudanças na estrutura pécnica 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 α -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 pectina solúvel e amaciamento que acompanham o amadurecimento (Brady, 1976; Vilas Boas, 1996). 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 pécnicos 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 amaciamento 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 pécnicas, preferivelmente desesterificadas (Fry, 1986).

Vilas Boas et al. (1996) notou 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.

Pinheiro et al. (2005) observaram aumento na atividade tanto da PG quanto da PME durante o amadurecimento de bananas 'Maçã' paralelo ao aumento no teor de pectina solúvel e diminuição da firmeza dos frutos.

2.4 1-Metilciclopropeno (1-MCP)

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) tem sido avaliado como uma alternativa viável no prolongamento da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de produtos vegetais (Blankenship & 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 surgem as respostas que desencadeiam processos associados ao amadurecimento de frutos climatéricos. 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 (Watkins, 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 (Blankenship & 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 ao etileno, o 1-MCP é ativo em baixíssimas concentrações (Blankenship & Dole, 2003).

2.4.1 Utilização do 1-MCP

O 1-MCP foi aprovado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency, EPA 2002), em 1999 para uso em ornamentais e foi comercializado com o nome de EthylBloc® pela Floralife, Inc (Walterboro, SC). A AgroFresh, Inc., uma subsidiária da Rohm and Haas (Springhouse, PA), subseqüentemente desenvolveu o 1-MCP para comercialização com nome de SmartFresh™ para uso específico em produtos vegetais comestíveis. O 1-MCP apresenta um modo de ação não tóxico, não residual e é ativo em baixas concentrações (EPA 2002), e a partir de 2005 o registro para utilização em frutas e hortaliças deste químico tem sido obtido em vários países.

De acordo com a portaria nº 354 de 11 de agosto de 2006 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA (2006), o 1-MCP foi liberado para utilização no Brasil em diferentes plantas ornamentais e frutos, dentre os quais se inclui a banana.

2.4.2 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 (Watkins, 2002).

Concentrações ativas de 1-MCP variam amplamente com o produto; similarmente elas variam com o tempo, temperatura e método de aplicação. Em muitos estudos, o 1-MCP tem sido aplicado à temperatura na faixa de 20-25°C e com tempo de aplicação variando de 6-24 horas.

2.4.3 Influência do 1-MCP no processo de amadurecimento de bananas

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

Bananas quando tratadas com 1-MCP apresentam aumento no período de estágio verde, sendo este aumento dependente do tempo x concentração de aplicação do produto (Jiang et al., 1999; Harris et al., 2000; Pinheiro et al., 2005, 2006 e 2007).

Harris et al. (2000), trabalhando com bananas ‘Williams’ no estágio verde de maturação (173 e 156 dias após a emergência da inflorescência), observaram que os frutos tratados com 500 η L.L⁻¹ de 1-MCP durante 24 horas tiveram a vida pós-colheita estendida quatro vezes mais que os frutos não tratados.

Pinheiro et al. (2007), relataram que a aplicação de 50nL.L-1 de 1-MCP durante 6, 9 12 e 24 horas em bananas ‘Maçã’ verde maduras ditou vida útil de aproximadamente 2,5 vezes maior, que a dos frutos não tratados, armazenados a 25°C \pm 1 e 90 \pm 5%UR, resultados estes referentes ao capítulo 3 desta tese, os quais já foram publicados.

Botrel et al. (2002) e Pelayo et al. (2003) observaram retardo no amarelecimento e na perda da firmeza de bananas tratadas com 1-MCP no estágio verde maturo.

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°C ou 20°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.

Golding et al. (1998); Harris et al. (2000) e Pinheiro et al. (2005, 2006 e 2007) relataram a ocorrência de amarelecimento desuniforme da casca de bananas, submetidas ao 1-MCP, durante o amadurecimento. Pinheiro et al. (2007) relata ainda que com o avanço no amadurecimento, esse amarelecimento desuniforme na casca desaparece.

A taxa respiratória de bananas tratadas com 1-MCP foi menor do que nos frutos não tratados (Golding et al., 1998; Pelayo et al., 2003 e Pinheiro et al., 2007). O tratamento com 1-MCP, em bananas 'Willians' verdes-maturas atrasa e reduz significativamente a respiração (Golding et al., 1999). A ascensão respiratória foi atrasada em bananas 'Maçã' tratadas com 100, 150 e 200nL.L-1 de 1-MCP armazenadas sob refrigeração (Pinheiro et al., 2007).

A produção de etileno nos frutos é, normalmente, inibida pelo tratamento com 1-MCP, mas a persistência dessa inibição é variável de acordo com a concentração x tempo da aplicação (Watkins 2006).

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.

Golding et al. (1998) observaram menor produção de etileno em bananas tratadas, no estágio verde maturo, com 1-MCP do que nos frutos não tratados.

Entretanto, Pelayo et al. (2003) trabalhando com aplicação de 1-MCP em bananas no início do amadurecimento observaram comportamento inverso.

Em bananas, a inibição da produção de etileno foi acompanhada pela diminuição na expressão gênica das duas enzimas chave da síntese do etileno, ácido 1-aminociclopropano carboxílico oxidase (ACC oxidase) e ácido 1-aminociclopropano carboxílico sintase (Pathak et al., 2003 citado por Watkins, 2006).

No amadurecimento de bananas, os ésteres tornam-se uma fração importante do seu perfil aromático e os mesmos compostos responsáveis pelo aroma estavam presentes tanto nos frutos tratados quanto nos não tratados com 1-MCP. Além disso, o teor de ésteres amil, responsáveis pelo aroma característico da banana foram detectados tanto nos frutos tratados quanto não tratados. A quantidade de compostos voláteis total, de ésteres amil e do volátil de impacto, isoamylacetato (éster amil), foram iguais nos frutos tratados e não tratados ao final do armazenamento (8 dias de armazenamento). No terceiro dia de armazenamento a quantidade de ésteres amil foi menor nos frutos tratados com 1-MCP, indicando o ligeiro retardo na produção de voláteis nas bananas tratadas com 1-MCP (Pelayo et al., 2003). A produção total de voláteis foi menor nos frutos tratados com 1-MCP e quantitativamente, a concentração de ésteres foi menor e de alcoóis maior nesses frutos (Golding et al., 1998).

Bagnato et al. (2003) notaram que a aplicação de 300nL.L⁻¹ de 1-MCP em bananas do grupo Cavendish (armazenadas a 20°C) retardou o amadurecimento mas que a firmeza, cor da casca, teor de sólidos solúveis e perfil volátil foram semelhantes nos frutos tratados e não tratados com o produto, os quais foram avaliados no mesmo grau de amadurecimento.

Pinheiro et al. (2005) observaram, durante o amadurecimento de bananas 'Maçã' a 20 ± 1°C 80 ± 5% UR, a despeito da aplicação de 1-MCP, o amaciamento da polpa dos frutos, associado à conversão de amido em açúcares e

ao aumento da solubilização de substâncias pécticas e na atividade das enzimas pécticas, pectinametilsterase (PME) e poligalacturonase (PG).

Pinheiro et al. (2007), trabalhando com armazenamento a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ $80 \pm 5\%$ de bananas submetidas a 50nL.L^{-1} de 1-MCP durante 0, 6, 9, 12 e 24 horas, não observaram diferença no teor de ácido málico, açúcares solúveis totais (AST), cor da casca, pH, sólidos solúveis entre frutos tratados e não tratados com 1-MCP, avaliados quando maduros (aptos ao consumo). Entretanto os frutos tratados apresentaram maior firmeza da polpa bem como menor teor de pectina solúvel e atividade da (PME). Almeida et al. (2006) ao trabalharem com armazenamento refrigerado de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-MCP em diferentes concentrações, também não detectaram diferença no teor de AST e pH de bananas ‘Maçã’, no mesmo grau de amadurecimento, e ainda maior firmeza da polpa nos frutos tratados.

Lohani et al. (2004) observaram maior firmeza da polpa de bananas tratadas com 1-MCP e armazenadas a 22°C , coincidentemente com a menor atividade da PME, PG, celulase e pectato liase, durante o amadurecimento.

2.5 Refrigeração

A refrigeração é o método mais econômico para o armazenamento prolongado de frutas e hortaliças. Os demais métodos de controle do amadurecimento são utilizados como complemento do abaixamento da temperatura. Métodos tais como controle ou modificação da atmosfera de armazenamento, uso de ceras na superfície dos produtos, entre outros não produzem bons resultados, se não forem associados ao uso de baixa temperatura (Chitarra & Chitarra, 2005), com exceção do uso do 1-MCP, que tem proporcionado resultados efetivos no prolongamento da vida pós-colheita de vegetais, sem a utilização da refrigeração.

A temperatura de armazenamento é o fator ambiental mais importante, não só do ponto de vista comercial, como também para controlar a senescência, uma vez que regula as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos associados (Chitarra & Chitarra, 2005).

De acordo com a lei de Vant'Hoff (Q_{10}), para cada aumento de 10°C na temperatura, existe um aumento de 2 a 3 vezes na velocidade das reações metabólicas do produto vegetal, incluído a respiração (Wills et al., 1999). Dentro da variação fisiológica de cada espécie, a taxa respiratória, normalmente, aumenta com a elevação da temperatura, principalmente na faixa de 5 a 20°C (Wills et al., 1999). Acima de 30°C a taxa respiratória começa a diminuir, ocorrendo a morte do produto por altas temperaturas, pois afeta diretamente os processos vitais como respiração, produção de etileno e perda de massa (Chitarra & Chitarra, 2005).

Após a colheita, os vegetais (estruturas vivas), continuam seu metabolismo respiratório, consumindo, entretanto, suas próprias reservas, levando a sua deterioração.

A temperatura é um dos fatores de maior influência na respiração, havendo um valor ideal para a manutenção de cada tipo de produto vegetal, para que esse alcance uma maior vida útil com o máximo de qualidade comestível. Temperaturas inferiores ou superiores não são satisfatórias, podendo acarretar desordens fisiológicas. Se o objetivo é manter a qualidade com aumento da vida útil, torna-se indispensável a manutenção do produto sob baixa temperatura, obedecendo, contudo, o limite mínimo suportável por ele, ou seja, a temperatura mínima de segurança. Por exemplo, banana, abóbora, pepino e tomate sofrem desordem pelo frio sob temperaturas inferiores a aproximadamente 11°C , ao passo que certas cultivares de pêra e maçã podem suportar longos períodos de armazenamento a 0°C (Chitarra & Chitarra, 2005).

O abaixamento da temperatura diminui o ritmo de deterioração tanto nos frutos climatéricos quanto nos não-climatéricos. No caso dos frutos climatéricos o abaixamento da temperatura de armazenamento retarda o início do amadurecimento e conseqüentemente a senescência. Com o abaixamento da temperatura ocorre redução na taxa respiratória, produção de etileno bem como a respostas dos tecidos a este gás (Wills et al., 1999).

Bananas cv. Maçã, armazenadas a $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ e $80 \pm 5\% \text{UR}$ apresentaram vida útil, ou seja, atingiram o grau 7 de maturação, com base no grau de coloração da casca (casca amarela com manchas marrons) após aproximadamente 7 dias de armazenamento (Pinheiro et al., 2007). Enquanto Almeida et al. (2006) trabalhando com armazenamento de bananas da mesma cultivar, sob baixa temperatura (13°C), relataram que os frutos permaneceram verdes durante os 30 dias de armazenamento refrigerado. Após a retirada dos frutos do armazenamento a 13°C , estes alcançaram o pleno amadurecimento com 6 dias sob temperatura $20^{\circ}\text{C} \pm 1$.

3 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.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria nº 354** de 11 de agosto de 2006. Disponível em:
<<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B17161-1-0%5D.PDF>>.
Acesso em: 10 mar. 2007.

AGRIANUAL. **Mercado e perspectiva:** banana. Disponível em:<www.ifnp.org.br>. Acesso em: 10 mar. 2007.

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

ALMEIDA, G. C.; VILAS BOAS, E. V. de B.; RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. Atraso do amadurecimento de banana 'Maçã' pelo 1-MCP, aplicado previamente a refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 319-321, 2006.

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

BAGNATO, N.; BARRET, R.; SEDGLEY, M.; KLIEBER, A. The effects on the quality of Cavendish bananas, which have been treated with ethylene, of exposure to 1-methylcyclopropene. **International Journal of Food Science Technology**, v. 38, p. 745-750, 2003.

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

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**, v. 24, n. 1, p. 53-56, 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>>. Acesso em: 10 set. 2007.

CHEFTEL, J.; CHEFTEL, H. **Introducion a la bioquimica y tecnologia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992, v. 1, 220 p.

CHEN, S.; CHIU, Y. Ripening evaluation of banana by optical reflectance. **Journal Chinese Agricultural Engineering**, v. 36, n. 1, p. 41-51, 2002.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed.rev. ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Recursos Genéticos. Disponível em www.cenargen.embrapa.br/cenargen/pdf/genobanana.pdf Acesso em: 19 out. 2006.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Federal Register Environmental Documents**, v. 67, n. 48, p. 796–800 2002.

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**, Great Britain, v. 25, 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.; 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**, v. 14, n. 1, p. 87-98, 1998.

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

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, 2000.

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

HUNTER, R. S.; HAROLD, R. W. **The measurement of appearance**. 2.ed. New York: J. Wiley,

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Sensory evaluation division. Guidelines for the preparation and review of papers reporting sensory evaluation date. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 4, p. 16-17, 1981.

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

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

KOJIMA, K.; SAKURAI, N.; KURAIISHI, 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.

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.

LOHANI, S.; TRIVEDI, P. K.; NATH, P. Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and AIA. **Postharvest Biology and Technology**, v. 34, p. 119-126, 2004.

- 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.
- 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. 1-1, 31.
- 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.
- PALMER, J. K. The banana. In: HULME, A. C. **Biochemistry of fruits and their products.** New York: Academic, 1971. v.11, p.65-61, 05.
- PATHAK, N.; ASIF, M. H.; DHAWAN, P.; SRIVASTAYA, M. K.; NATH, P. Expression and activities of ethylene biosynthesis enzymes during ripening of banana fruits and effect os 1-MCP treatment. **Plant Growth Regulation**, v. 40, n. 1 p. 11-19, 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.
- REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Teste de aceitação. In: MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores.** Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 67-83.
- REIS, R. C.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P. R. Mapa de preferência. In: MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores.** Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 111-126.

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

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

SGARBIERI, V. C.; HEC, M.; LEONARD, S. J. Estudo bioquímico de algumas variedades de bananas no Brasil. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Coletânea do ITAL.** Campinas, 1965/66. v. 1, p. 529-558.

SHEWFELT, R. L. What is quality? **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 197-200, 1999.

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.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C.T. Ação do 1-Metilciclopropeno(1-MCP) na vida de prateleira da banana 'Maçã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 1, p.25-28, abr. 2005.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS E. V. de B.; ALVES, A. de P.; LA SELVA, M. Amadurecimento de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-Metilciclopropeno (1-MCP), **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 1-4, 2007.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; MESQUITA, C. T.; DOLL, E. T. Pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-metilciclopropeno e armazenadas a temperatura ambiente. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 30, n. 2, p. 323-320, 2006.

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

VILAS BOAS, E. V. de B. **Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos.** Lavras: UFLA/FAEPE/DCA, 1999. 71 p. (Especialização à distância. Pós-colheita de frutos e hortaliças: manutenção e qualidade).

VILAS BOAS, E. V. de B. **Qualidade de alimentos vegetais.** Lavras: UFLA, 2002. 68 p.

VILAS BOAS, E. V. de B.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MENEZES, J.B. Características da fruta. **Banana pós-colheita**. Brasília: Embrapa, 2001. p. 15-1 9. (Série Frutas do Brasil, 16).

VILAS BOAS, E. V. de B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de banana 'Prata' γ -irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 599-607, 1996.

VON LOESECKE, H. W. Chemical changes during ripening. In: VON LOESECKE, H. W. **Bananas chemistry, physiology, technology**. New York: Interscience, 1950. p. 67-1 18.

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, 2002. 279 p.

WATKINS, C. B. The use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, v. 24, p. 389-409, 2006.

WILLS, R.; McGLASSON, B.;; GRAHAM, D.; JOYCE, D. Introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. 4.ed. Zaragoza, Espanha, 1999. 240p.

CAPÍTULO 2

AMADURECIMENTO DE BANANAS 'MAÇÃ' SUBMETIDAS AO 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP)

Artigo publicado na Revista Brasileira de Fruticultura (ISSN 0100-2945)

v. 29, n.1, p. 1-4. Abr 2007

AMADURECIMENTO DE BANANAS ‘MAÇÃ’ SUBMETIDAS AO 1-METILCICLOPROPENO (1-MCP).¹

ANA CARLA M. PINHEIRO²; EDUARDO VALÉRIO DE B. VILAS BOAS³;
ALESSANDRA DE PAIVA ALVES⁴; MARCELO LA SELVA⁴

1 RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito do 1-MCP, em diferentes tempos de aplicação, sobre amadurecimento e atributos de qualidade da banana ‘Maçã’. Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3x5, ou seja, avaliou-se as bananas em três diferentes graus de coloração da casca (grau 2: 100% verdes; grau 4: mais amarelas que verdes; grau 7: completamente amarelas, com pontuações marrons) e cinco tempos de aplicação de 50nL.L⁻¹ de 1-MCP (0-controle, 6, 9, 12 e 24 horas). O experimento foi conduzido com três repetições constituídas por três buquês com quatro frutos cada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey e regressão polinomial, quando convenientes. O 1-MCP foi aplicado nos frutos no grau 2 de coloração da casca, na concentração de 50nL.L⁻¹, a 25±1°C. Os frutos, após aplicação, foram armazenados a 25±1°C e 80±5% UR e avaliados, quanto ao teor de sólidos solúveis (SS) e açúcares solúveis totais (AST), pH e cor da casca, nos graus 2, 4 e 7 de coloração e também a taxa respiratória, que foi acompanhada diariamente. A aplicação de 50nL.L⁻¹ de 1-MCP atrasou o início do amadurecimento de bananas ‘Maçã’, conforme as primeiras mudanças visíveis na coloração da casca de verde para amarelo, em aproximadamente 9 dias. Observou-se também retardo na ascensão e diminuição da taxa respiratória, de aproximadamente 50%, no ponto máximo do climatério, nos frutos submetidos ao 1-MCP, durante o amadurecimento. O 1-MCP a 50nL.L⁻¹ em qualquer tempo de aplicação retardou o amadurecimento de

¹ (Trabalho 136-05). Recebido em 05-09-2005. Aceito para publicação em 16-01-2007

² Doutoranda em Ciência dos Alimentos/Universidade Federal de Lavras-MG

anacarlamp@yahoo.com.br

³ Professor Adjunto do Departamento de Ciência dos Alimentos/ Universidade Federal de Lavras-MG

⁴ Graduandos em Engenharia de Alimentos/ Universidade Federal de Lavras-MG

bananas 'Maçã' sem afetar os atributos de qualidade valor b^* (cor da casca), os teores de sólidos solúveis, açúcares solúveis totais e pH.

Termos para indexação: pós-colheita, taxa respiratória, coloração, qualidade, *Musa* sp.

2 ABSTRACT

RIPENING OF 'APPLE' BANANA SUBMITTED TO 1-METHYLCYCLOPROPENE (1-MCP)

This work aimed to evaluate the effect of 1-MCP, at different of application time, on the ripening and quality attributes of 'Apple' banana. The experiment was carried out in a completely randomly design in factorial 3x5, corresponding to three degree of peel color (degree 2: completely green; degree 4: more yellow than green; degree 7: completely yellow with brown spots) and five applications times of 1-MCP (0, 6, 9, 12 and 24 hours), with three replicates consisting of 3 clusters with 4 fingers. The 1-MCP was applicated on degree 2 of peel color fruits, at 50nL.L^{-1} , at $25\pm 1^\circ\text{C}$. After application, fruits were stored at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ and $80 \pm 5\%$ RH and evaluated in degrees 2, 4 and 7 of peel color, but the respiration rate, that was evaluated daily. The 1-MCP at 50nL.L^{-1} delayed the start of the ripening of 'Apple' bananas in approximately 9 days, based in the first visible changes in the peel color of green to yellow. It was also observed retard in ascension and decrease in the respiration rate of 50 % approximately, in the maximal point climacteric, in fruits submitted at 1-MCP, during the ripening. The 1-MCP at 50nL.L^{-1} , despite of times of application, delayed the ripening and promoted no effect on the variables value b^* (peel color), soluble solids, totals soluble sugars and pH.

Index Terms: post harvest, respiratory rate, color, quality.

3 INTRODUÇÃO

Muito apreciada no Brasil e no mundo, a banana é a quarta cultura agrícola mais importante do planeta atrás apenas do arroz, do trigo e do milho. Além disso, tem ainda uma enorme importância social, pois é uma fonte barata de energia, minerais e vitaminas. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de banana, responsável por cerca de 9,5% da produção mundial (EMBRAPA, 2005). De acordo com Brasil (2006), o país produziu 6.607.000 toneladas de banana em 2004, exportando 188.087 toneladas, ou seja, 2,84% de toda a produção. Esta pequena participação no mercado externo é devida principalmente aos altos índices de perdas e alto consumo interno da fruta (EMBRAPA, 2005). Dentre as cultivares exploradas, a banana ‘Maçã’ caracteriza-se por apresentar características sensoriais agradáveis, sendo, talvez, a mais saborosa de todas as variedades para consumo ao natural. A banana é um fruto climatérico altamente perecível, pois apresenta uma elevação na taxa respiratória e produção de etileno que desencadeia o amadurecimento, dificultando a comercialização do produto em locais mais distantes. O etileno é um composto orgânico volátil que difundiu-se dentro e fora das células, estimulando as modificações relativas ao amadurecimento como coloração, textura e sabor. Em condições normais o etileno liga-se a moléculas receptoras, provavelmente proteínas de membrana, de onde surgem respostas associadas ao amadurecimento (Golding et al., 1998). O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um produto que atua inibindo temporariamente esta ação do etileno, e o amadurecimento dos frutos. Este produto tem sido avaliado no prolongamento da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de diversos produtos vegetais (Pinheiro et al., 2005, Blankeship & Dole, 2003; Botrel et al., 2002; Harris et al., 2000; Golding et al., 1998). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do 1-

MCP, em diferentes tempos de aplicação, no prolongamento da vida pós-colheita e qualidade de bananas 'Maçã'.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Bananas da cv. Maçã, no estágio 2 de coloração da casca (frutos maduros, completamente verdes), colhidas no município de Lavras/MG, foram transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras um dia após a colheita. Utilizou-se uma única concentração de 1-metilciclopropeno (1-MCP) que foi de 50nL.L^{-1} , na formulação pó, com 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 0, 6, 9, 12 e 24 horas. Após a exposição, foram removidos das caixas e armazenados sob condição ambiente: $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR. Foram então avaliados nos graus 2, 4 e 7 de coloração da casca, sendo o grau 2 definido como frutos com coloração da casca 100% verde; grau 4, frutos com casca mais verde que amarela e grau 7, frutos completamente amarelos e com manchas marrons. A exceção da taxa respiratório que foi avaliada diariamente. O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com fatorial 3 x 5, ou seja, três graus de coloração da casca e cinco tempos de exposição ao 1-MCP, com 3 repetições. Os ensaios foram constituídas de 3 buquês com 4 frutos. Após a obtenção dos dados, realizou-se análise de variância (ANOVA) e posteriormente teste de médias e regressão polinomial, quando convenientes. Foram realizadas as seguintes análises:

Prolongamento da vida pós-colheita: observando-se o número de dias decorridos para ocorrência das primeiras mudanças visíveis de coloração da casca de verde para amarelo e desenvolvimento dos respectivos graus de coloração da casca dos frutos (grau 4, frutos com coloração mais amarela que verde e grau 7, frutos completamente amarelos com manchas marrons).

Realizada por uma equipe de cinco pessoas, familiarizadas com o mecanismo de mudanças de coloração da casca durante o amadurecimento de bananas.

Taxa respiratória: medindo-se a quantidade de CO₂ produzido por buquês com quatro frutos, acondicionados durante 1 hora em vidros herméticos. Utilizou-se um analisador de gases, Check Point O₂ e CO₂, PBI Dansensor. Os resultados foram expressos em mL.kg⁻¹.h⁻¹.

Coloração: foi determinada sobre a casca na região equatorial do fruto utilizando-se um Colorímetro marca Minolta, modelo CR 300, com a determinação das coordenadas a* e b*. A coordenada a* está relacionada com a intensidade de verde/amarelo e a coordenada b* com a intensidade de azul/amarelo.

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

Sólidos Solúveis (SS): Foram determinados por refratometria, em refratômetro digital ATAGO PR-1 00 com compensação de temperatura automática a 25°C, e expressos em %, segundo a AOAC (1992).

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

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

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de 50nL.L^{-1} de 1-MCP, independentemente do tempo de aplicação, atrasou o início do amadurecimento dos frutos, baseando-se nas primeiras mudanças visíveis da coloração da casca de verde para amarelo. Nota-se que a aplicação de 50nL.L^{-1} de 1-MCP, durante 6 h retardou o início do amadurecimento em 7,5 dias, enquanto a aplicação de 1-MCP durante 9, 12 e 24 horas retardou este início em 10,9 dias (valor médio de retardo dos respectivos tempos de exposição) (Tabela 1).

TABELA 1 Média do número de dias decorridos para a ocorrência das primeiras mudanças de coloração da casca e desenvolvimento dos graus de coloração da casca em bananas 'Maçã', submetidas, em diferentes tempos de exposição, a 50nL.L^{-1} 1-MCP e armazenadas a $25\pm 1^\circ\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR.

Tempo de aplicação do 1-MCP (h)	Primeiras mudanças na coloração da casca (dias)	Graus de coloração da casca	
		G4	G7
Nº de dias			
0 (controle)	$3,89 \pm 1,57$	$5,16 \pm 2,15$	$7,30 \pm 1,60$
6	$11,43 \pm 2,31$	$13,08 \pm 3,82$	$18,39 \pm 5,15$
9	$14,15 \pm 2,99$	$15,79 \pm 3,37$	$17,54 \pm 4,38$
12	$14,79 \pm 2,73$	$15,90 \pm 3,24$	$17,63 \pm 2,59$
24	$15,48 \pm 2,27$	$17,25 \pm 3,06$	$19,22 \pm 2,39$

G4: frutos mais verdes que amarelos;

G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.

Pinheiro et al. (2005), estudando o efeito de diferentes concentrações de 1-MCP sobre a qualidade de bananas cv. Maçã, em condições ambientais semelhantes, observou que a aplicação de 50nL.L^{-1} , durante 12 horas, retardou o início do amadurecimento, baseando-se também nas primeiras mudanças na cor da casca, em aproximadamente 8 dias. Botrel et al. (2002) também observaram atraso no amadurecimento de bananas 'Prata-anã' submetidas ao 1-MCP. Observou-se uma nítida diferença de comportamento respiratório entre os frutos submetidos ao 1-MCP e os do controle. Os frutos do controle apresentaram aumento na taxa respiratória a partir do 5º dia de armazenamento, com pico respiratório no 9º dia, e posterior decréscimo até o final do armazenamento. Os frutos submetidos ao 1-MCP apresentaram comportamento semelhante entre si, diferindo do controle. Os frutos submetidos a 6 horas de aplicação de 1-MCP apresentaram ascensão respiratória no 10º dia de armazenamento e os demais tratamentos no 12º dia. Os frutos tratados com 1-MCP não apresentaram um pico climatérico nítido como os do controle. O 1-MCP retardou o início da ascensão respiratória e afetou também a magnitude deste processo diminuindo a taxa respiratória durante o processo de amadurecimento (Figura 1).



FIGURA 1 Taxa respiratória de bananas ‘Maçã’ submetidas, em diferentes tempos de exposição, a 50nL.L⁻¹ 1-metilciclopropeno e armazenadas a 25±1°C e 80±5% UR.

Provavelmente devido a inibição de algumas enzimas do metabolismo respiratório. Pelayo et al. (2003) também observou uma menor taxa respiratória em bananas ‘Grand Nain’ submetidas ao 1-MCP. Sugere-se que o atraso nas primeiras mudanças de coloração da casca e no amadurecimento dos frutos submetidos ao 1-MCP seja função do atraso e/ou diminuição da taxa respiratória.

Observou-se desverdecimento e concomitante aumento nos valores a* e b* ao longo do amadurecimento, indicando a ocorrência do amarelecimento dos frutos (Tabela 2 e Figura 2).

TABELA 2 Médias dos valores de b*, teores de sólidos solúveis (SS), açúcares solúveis totais (AST) e pH, nos diferentes graus de coloração da casca (G2, G4 e G7) de bananas ‘Maçã’, submetidas em diferentes tempos de exposição, a 50nL.L⁻¹ -metilciclopropeno e armazenadas a 25±1°C e 80±5% UR.

Variáveis Analisadas	Graus de Coloração da Casca		
	G2	G4	G7
Valor b* (cor da casca)	33,94a	47,50b	47,51b
SS (%)	3,35a	14,68b	26,3c
AST (%)	0,61a	7,78b	20,32c
pH	5,70c	4,48b	4,45a

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, são diferentes entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). G2: frutos 100% verdes; G4: frutos amarelos que verdes; G7: frutos completamente amarelos com manchas marrons.

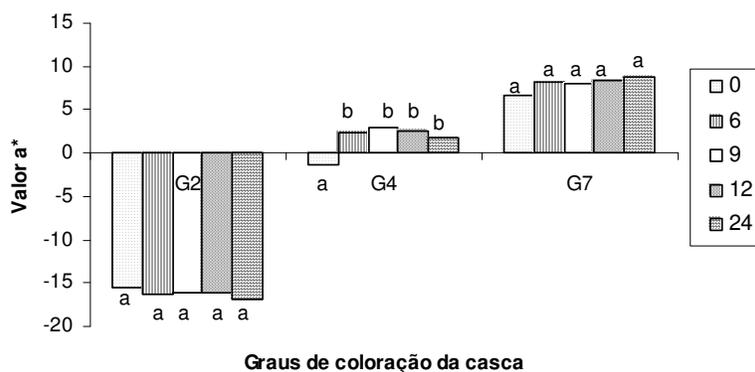
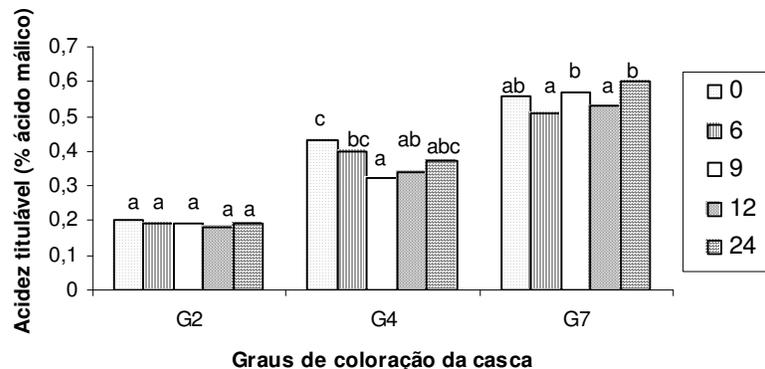


FIGURA 2 Coloração da casca (valor a*) em bananas ‘Maçã’, submetidas a diferentes tempos de exposição, a 50nL.L⁻¹ 1-MCP e armazenadas a 25±1°C e 80±5% UR. Obs.: Médias com letras em comum, em uma mesmo grau de coloração, são iguais entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Obs.: G 2: frutos 100%verde; G4: frutos mais amarelos que verdes; G7:frutos completamente amarelos com manchas marrons.

No decorrer do período de armazenamento notou-se, visualmente, que aqueles frutos submetidos ao 1-MCP, durante 9, 12 e 24 horas apresentaram desverdecimento desuniforme da casca, que com o avanço do amadurecimento, ou seja, quando atingiam coloração amarela com extremidades verdes, desaparecia. Jiang et al. (1999) e Pinheiro et al. (2006) também observaram amadurecimento desuniforme em bananas submetidas ao 1-MCP. Jiang et al. (1999) sugeriram que este fato se deve a diferentes taxas de sínteses de novos sítios receptores do etileno, em diferentes regiões dos frutos. Com relação ao valor b^* , não detectou-se diferença significativa entre os frutos submetidos ao 1-MCP e o controle, indicando que os frutos apresentaram mesma coloração durante o amadurecimento, sugerindo-se que, a avaliação subjetiva, com base nas mudanças visíveis na coloração da casca (graus 4 e 7) foi bem sucedida. Entretanto, analisando o valor a^* , observou-se no grau 4 de coloração da casca, maiores valores a^* nos frutos submetidos ao 1-MCP, indicando que estes frutos apresentaram-se com coloração menos verde que os do controle, isso pode ter ocorrido devido ao desverdecimento desuniforme da casca nestes frutos. No grau 7 observou-se diferença somente entre o controle e a aplicação de 1-MCP durante 24 horas (Figura 2).

Não houve efeito significativo da aplicação do 1-MCP sobre o teor de açúcares solúveis totais (AST) e sólidos solúveis (SS). Observou-se acúmulo de SS e AST ao longo do amadurecimento, fato que se explica pela conversão de amido em açúcares (Tabela 2). Vilas Boas et al. (2003), trabalhando com bananas 'Maçã', observaram este mesmo comportamento durante o processo de amadurecimento dos frutos. Observou-se também diminuição no pH (Tabela 2) e aumento na acidez (Figura 3) com o decorrer do amadurecimento dos frutos.



FIGRURA 3 Acidez titulável (% ácido málico) em bananas ‘Maçã’, submetidas a diferentes tempos de exposição a 50nL.L-1 1-MCP e armazenadas a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR. Obs.: Médias com letras em comum, em um mesmo grau de coloração, são iguais entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Obs.: G 2: frutos 100% verde; G4: frutos mais amarelos que 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, indicando início da senescência. A AT indica que no grau 4, os frutos expostos ao 1-MCP por 6 e 24 horas apresentam maior teor de acidez, sendo este igual ao controle. No grau 7, os frutos submetidos ao 1-MCP apresentaram acidez estatisticamente igual ao controle. Sugere-se que estas pequenas diferenças encontrada na acidez, principalmente no grau 4, seja devida ao desverdecimento desuniformidade dos frutos.

6 CONCLUSÕES

A aplicação de 50nL.L^{-1} de 1-metilciclopropeno (1-MCP) durante 6 horas atrasa o início do amadurecimento de bananas 'Maçã' armazenadas a 25°C e $80\pm 5\%$ UR, indicado pelas primeiras mudanças na cor da casca, de verde para amarelo, em aproximadamente 7,5 dias, enquanto a aplicação durante 9, 12 e 24 horas atrasa em aproximadamente 11 dias.

A aplicação de 50nL.L^{-1} de 1-MCP em diferentes tempos (6, 9, 12 e 24 horas) retardou o início da ascensão respiratória e diminuiu a taxa respiratória de bananas 'Maçã', ao longo do amadurecimento, armazenadas a 25°C e $80\pm 5\%$ UR.

A utilização de 50nL.L^{-1} de 1-MCP não afeta o pH, os teores sólidos solúveis e de açúcares solúveis totais e a cor da casca (valor b^*) de bananas 'Maçã' armazenadas a 25°C e $80\pm 5\%$ UR.

7 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à FAPEMIG.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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, 16).

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

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

BLEINROTH, E. W.; MORETTI, V. A.; BICUDO NETO, L. C. **Comercialização de frutos tropicais**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 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**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 53-56, 2002.

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>>. Acesso em: 10 out. 2006.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Recursos Genéticos. Disponível em: <www.cenargen.embrapa.br/cenargen/pdf/genobanana.pdf>. Acesso em: 19 out. 2006.

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

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, 1998.

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, 2000.

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, 1999.

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. M. P.; VILAS BOAS, E. V. de B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira da banana 'Maçã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, 2005.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; MESQUITA, C. T.; DOLL, E. T. Pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-metilciclopropeno e armazenadas a temperatura ambiente. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, n. 2, p. 323-320, 2006.

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.; 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, 5., 2003, Campinas. **Anais...** CD-ROM

CAPÍTULO 3

CLIMATÉRIO DE BANANAS ‘MAÇÃ’ SUBMETIDAS AO 1-METILCICLOPROPENO

1 RESUMO

PINHEIRO, Ana Carla Marques. **Climatério de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-metilciclopropeno.** In: _____. **Pós-colheita de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-MCP.** 2007. Cap. 3, p.54-74. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Bananas da cv. Maçã, no estágio 2 de coloração da casca (frutos maduros, completamente verdes), colhidas no município de Lavras/MG, foram transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras um dia após a colheita. Utilizou-se uma única concentração de 1-metilciclopropeno (1-MCP) que foi de 50nL.L⁻¹, na formulação pó, com 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 0, 6, 9, 12 e 24 horas. Após a exposição, foram removidos das caixas e armazenados sob condição ambiente: 25 ± 1°C e 80 ± 5% UR até o completo amadurecimento (grau 7 de coloração da casca). A aplicação de 50nL.L⁻¹ de 1-MCP durante 6, 9, 12 e 24 horas retardou o início do amadurecimento, em média, em 5,0 dias, baseado nas primeiras mudanças visíveis de coloração da casca, prolongou a fase pré-climatérica das bananas, além de promover um menor aumento na taxa respiratória e de produção de etileno das bananas. Embora esses eventos tenham sido retardados pelo uso de 1-MCP, ocorreu, ao longo do armazenamento dos frutos tratados com 1-MCP, conversão de amido em açúcares, perda de firmeza, como nos frutos não tratados. As bananas ‘Maçã’ tratadas com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP durante 6, 9 ou 12 horas apresentaram menor perda de massa que aquelas submetidas ao tratamento por um período de 24 horas e características químicas, teor de amido e açúcares solúveis totais, semelhantes aos frutos não tratados.

Palavras chave: etileno, respiração, *Musa* sp.

*Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – DCA/UFLA (Orientador), Prof. Dr. Mário César Guerreiro – DQI/UFLA (Co-orientador) e Profa. Dra. Helena Maria André Bolini DEPAN/FEA/UNICAMP (Co-orientadora).

2 ABSTRACT

PINHEIRO, Ana Carla Marques. **Climateric of ‘Apple’ bananas submitted to 1-methylcyclopropene.** In_____.**Postharvest life of ‘Apple’ bananas submitted to 1-MCP.** 2007. Cap. 3, p.54-74 Thesis (Doctor in Food Sciences) – Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brasil*

Bananas of the cv. Apple, at stage 2 of skin coloration (mature fruits, completely green), from Lavras, Minas Gerais, Brazil, were transported to the Postharvest Physiology of Fruit and Vegetable Laboratory of the Food Science Department of the Federal University of Lavras one day after harvest. A single concentration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) was used (50nL.L^{-1}), in the powder formulation, with 0.14% of active ingredient. The application was performed in 100 liters plastic foam box, tight-closed, in which the fruits remained for 0, 6, 9, 12 and 24 hours. After the exposition they were taken out of the boxes and stored under room condition: $25 \pm 1^\circ\text{C}$ and $80 \pm 5\%$ RH up to full ripening (color degree of skin 7). The application of 50nL.L^{-1} of 1-MCP for 6, 9, 12 and 24 hours delayed the onset of ripening, on the average, by 5.0 days, based on the first visible changes in skin coloration, extended the pre-climateric phase of the bananas, and promoted a lower increase in the respiration rate and of ethylene production of bananas. Although those events have been delayed by the use of 1-MCP, took place along the storage of the 1-MCP-treated fruits, conversion of starch into sugars, firmness loss, as in the non-treated fruits. The ‘Apple’ bananas treated with 50nL.L^{-1} of 1-MCP for 6, 9 or 12 hours presented lower mass loss than those submitted to the treatment for a period of 24 hours and chemical characteristic such as starch content and total soluble sugars, similar to the non-treated fruits.

Key words: ethylene, respiration, *Musa* sp.

*Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – DCA/UFLA (Adviser), Prof. Dr. Mário César Guerreiro – DQI/UFLA (Co-adviser) e Profa. Dra. Helena Maria André Bolini DEPAN/FEA/UNICAMP (Co-adviser).

3 INTRODUÇÃO

A banana é um fruto climatérico altamente perecível, que apresenta uma elevação na taxa respiratória e produção de etileno (C_2H_4) que desencadeia o amadurecimento, dificultando a comercialização do produto em locais mais distantes. A banana como um fruto climatérico apresenta dois sistemas operantes de produção de etileno. Durante a maturação existe uma taxa de produção basal desse composto, denominado sistema I, seguido posteriormente pelo sistema II, que é responsável pela produção autocatalítica de C_2H_4 , característica de frutos climatéricos (Golding et al., 1998). O C_2H_4 é um composto orgânico volátil que difunde-se dentro e fora das células, estimulando as modificações relativas ao amadurecimento como coloração, sabor, aroma e textura. Nos tecidos vegetais, o etileno 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. Em condições normais o etileno liga-se a moléculas receptoras, provavelmente proteínas de membrana, de onde surgem respostas associadas ao amadurecimento (Golding et al., 1998). O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um produto que atua inibindo temporariamente a ação do etileno e, conseqüentemente, o amadurecimento dos frutos, pois liga-se irreversivelmente aos sítios receptores de etileno presentes nas células. De acordo com a portaria nº 354 de 11 de agosto de 2006 da ANVISA (2006), o 1-MCP foi liberado para utilização no Brasil em diferentes plantas ornamentais e frutos, dentre os quais inclui-se a banana. Este produto tem sido avaliado no prolongamento da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de diversos produtos vegetais. (Pinheiro et al., 2005, 2006 e 2007; Almeida et al., 2006; Pelayo et al., 2003; Botrel et al., 2002; Harris et al., 2000; Golding et al., 1998). Pinheiro et al. (2007), Lohani et

al. (2004), Pelayo et al. (2003) e Golding et al. (1998), trabalhando com aplicação de 1-MCP em bananas, observaram menores taxas respiratórias nos frutos tratados. Golding et al. (1998) relataram também menor produção de etileno nos frutos submetidos ao 1-MCP. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de 50nL.L^{-1} de 1-MCP, em diferentes tempos (0, 6, 9, 12 e 24 horas) sobre o prolongamento da vida pós-colheita, taxas respiratórias e de produção de etileno de bananas 'Maçã', armazenadas sob $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR, bem como sobre algumas características físicas e químicas dos frutos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Bananas da cv. Maçã, no estágio 2 de coloração da casca (frutos maduros, completamente verdes), colhidas no município de Lavras/MG, foram transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras um dia após a colheita. Utilizou-se uma única concentração de 1-metilciclopropeno (1-MCP) que foi de 50nL.L^{-1} , na formulação pó, com 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 0, 6, 9, 12 e 24 horas. Após a exposição, foram removidos das caixas e armazenados sob condição ambiente: $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR. Avaliou-se o prolongamento da vida pós-colheita, baseando-se no número de dias decorridos para ocorrência das primeiras mudanças de coloração da casca e número de dias gastos para atingir grau 7 de coloração da casca (frutos completamente amarelos com manchas marrons/ aptos ao consumo). Os dados obtidos de 5 repetições compostas por um buquê com 3 a 4 frutos foram analisados por meio de análise de variância e teste de médias Tukey ($p < 0,05$). Analisou-se, diariamente, a taxa respiratória e de produção de etileno e coloração da casca. Os resultados, obtidos de 3 repetições, cada repetição composta por um buquê com 3 a 4 bananas, foram plotados graficamente, com os respectivos desvios padrão. Foram realizadas análises de amido, açúcares solúveis totais e firmeza nos frutos verdes (grau 2 de coloração da casca/ verde maduros) e quando completamente maduros (grau 7 de coloração da casca/ aptos ao consumo) e perda de massa nos frutos no início e final do amadurecimento. Os resultados foram também obtidos de 5 repetições compostas por um buquê com 3 a 4 frutos e foram analisados por

meio de análise de variância e teste de médias Tukey ($p < 0,05$). Utilizou-se o programa estatístico SISVAR versão 4.0 (Ferreira, 2000).

Prolongamento da vida pós-colheita: computando-se o número de dias decorridos para ocorrência das primeiras mudanças visíveis de coloração da casca de verde para amarelo e dias gastos para que os frutos atingissem grau 7 de coloração da casca (frutos completamente amarelos com manchas marrons/aptos ao consumo). Realizada visualmente por uma equipe de cinco pessoas, familiarizadas com o mecanismo de mudanças de coloração da casca durante o amadurecimento de bananas.

Taxa respiratória: pela medição da quantidade de CO_2 produzido por buquês com 3 a 4 frutos, de peso conhecido, acondicionados em vidros herméticos de volume conhecido. Utilizou-se um analisador de gases, Check Point O_2 e CO_2 , PBI Dansensor. Os resultados foram expressos em $\text{mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$.

Produção de etileno: pela medição da quantidade de etileno produzido por buquês com 3 a 4 bananas, de peso conhecido, acondicionados em vidros herméticos, de volume conhecido. Utilizou-se cromatógrafo VARIAN Chrompack CP-3800 equipado com detector de ionização de chamas e nas seguintes condições: coluna empacotada Porapak Q; temperatura do injetor de 250°C ; temperatura do detector de 280°C ; programação da coluna com temperatura inicial de 90°C , sendo a temperatura da coluna acrescida após 4,5 minutos a uma taxa de 100°C a cada minuto até atingir 220°C para limpeza da coluna; gás de arraste nitrogênio, com fluxo e pressão da coluna de 20 mL. min^{-1} e 0,1 psi, respectivamente. As amostras foram coletadas dos vidros utilizando-se tubos à vácuo de 10mL., durante um período de 10 min. Por meio de uma seringa retirou-se uma alíquota de 0,5mL de amostra dos tubos, para injeção no cromatógrafo. Os resultados foram expressos em $\mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ com base na área de um padrão de $90 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno.

Coloração: foi determinada sobre a casca na região equatorial, basal e superior dos frutos, utilizando-se um Colorímetro marca Minolta, modelo CR 300, com a determinação das coordenadas a^* e b^* . A coordenada a^* está relacionada com a intensidade de verde/amarelo e a coordenada b^* com a intensidade de azul/amarelo.

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.

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.

Firmeza: avaliada em rodela sem casca, retiradas da região equatorial, utilizando-se texturômetro modelo TA.TX2i equipado com sonda de aço inoxidável de 8mm de diâmetro (P/6N), que mediu a força de penetração nas rodela com velocidade de descida de 10mm/s e com distância máxima de introdução de 10mm.

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, início do amadurecimento e final do amadurecimento). Utilizou-se balança semi-analítica Mettler, modelo PC2000, para pesagem dos frutos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se a Tabela 1, nota-se que a aplicação de 50nL.L⁻¹ de 1-MCP, independentemente do tempo de aplicação, retardou significativamente ($p < 0,05$) o início do amadurecimento de bananas ‘Maçã’ armazenadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR, baseado nas primeiras mudanças de coloração da casca, não havendo diferença entre os tempos de aplicação. Conseqüentemente, ocorreu aumento no tempo gasto para que os frutos atingissem o grau 7 de coloração da casca (frutos com casca completamente amarela com manchas marrons). A aplicação de 1-MCP retardou, em média, 5 dias o início do amadurecimento. Os frutos tratados durante 6, 9 e 12 e 24 horas atingiram grau 7 de coloração da casca, em média, 6,2 dias após os frutos não tratados (Tabela 1). Entretanto, observou-se diferença significativa entre o tratamento durante 6 horas e 24 horas no prolongamento da vida pós-colheita dos frutos.

TABELA 1 – Prolongamento da vida pós-colheita de bananas cv. Maçã submetidas a 50nL.L⁻¹ de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR.

Tratamento com 50nL.L ⁻¹ em diferentes tempos de aplicação	Número de dias	
	Início amadurecimento (dias)	Grau 7 de coloração casca
0	4,60a	8,44a
6	8,26b	13,50b
9	9,15b	15,00bc
12	9,80b	14,33bc
24	10,45b	15,76c

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Estes resultados estão de acordo com os apresentados por Pinheiro et al. (2006 e 2007), Pelayo et al. (2003), Botrel et al. (2002), Golding, et al. (1998), que, ao trabalharem com aplicação de 1-MCP (diferentes concentrações e tempos de aplicação) em diferentes cultivares de bananas, também relataram atraso no amadurecimento desses frutos.

A aplicação de 1-MCP promoveu prolongamento da fase pré-climatérica das bananas e um menor aumento na taxa respiratória e de produção de etileno (Figura 1 e 2). Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram início no aumento da taxa respiratória e de produção de etileno no 9º dia de armazenamento, aproximadamente seis dias após a ocorrência desses eventos nos frutos não tratados. Entretanto, a magnitude desses processos, nos frutos tratados com 1-MCP foi diminuída além de não apresentarem pico climatérico nítido (Figura 1 e 2).

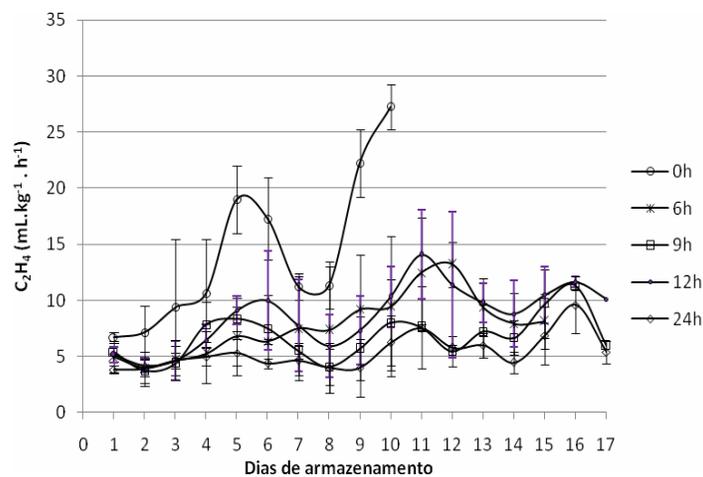


FIGURA 1 – Modificações na taxa de produção de etileno durante o armazenamento de bananas ‘Maçã’ submetidas a $50nL.L^{-1}$ de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a $25\pm 1^{\circ}C$ e $80\pm 5\%$ UR.

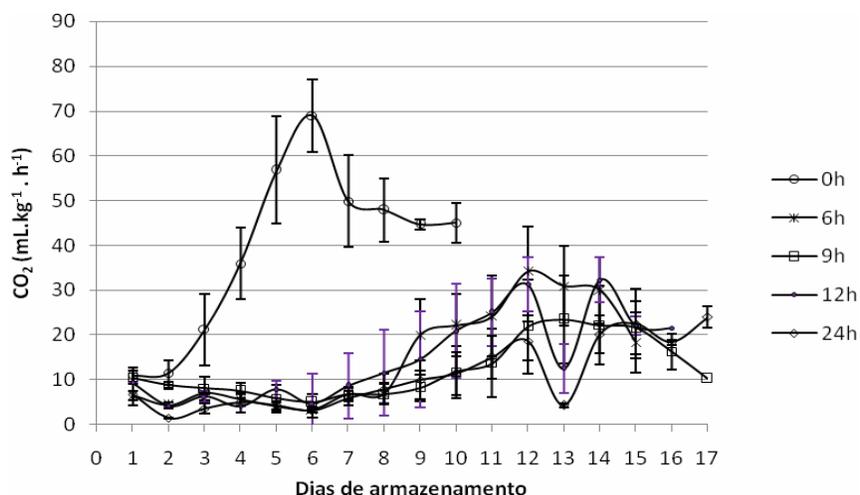


FIGURA 2 – Modificações na taxa respiratória (produção de CO₂) durante o armazenamento de bananas ‘Maçã’ submetidas a 50nL.L⁻¹ de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a 25±1°C e 80±5% UR.

O 1-MCP atua inibindo a ação do etileno, ligando-se irreversivelmente aos sítios receptores de etileno presentes nas células vegetais. Entretanto, esta inibição é temporária, pois, há um retorno a sensibilidade dos vegetais ao etileno, devido a síntese de novos sítios receptores nas células (Blankenship & Dole, 2003). Sugere-se que o atraso no início do climatério em bananas tratadas com 1-MCP (antagonista do etileno) seja devido à diminuição na disponibilidade de sítios receptores do etileno ocasionando, conseqüentemente, queda da sensibilidade desses frutos a esse composto, diminuindo a produção autocatalítica, característica de frutos climatéricos.

Sabe-se que a aplicação de etileno exógeno promove o aumento na taxa respiratória de frutos climatéricos, desta forma, o metabolismo respiratório pode

ser considerado uma via dependente do etileno nesses frutos. Assim a utilização do 1-MCP, um inibidor da ação do etileno, afeta não só a produção de etileno como também as taxas respiratórias.

Resultados apresentados no presente trabalho e também por Golding et al., 1998, trabalhando com aplicação de 1-MCP em bananas, confirmam que o 1-MCP promove um prolongamento da fase pré-climatérica das bananas bem como a diminuição da taxa de produção tanto do etileno quanto de CO₂.

Analisando-se a produção de etileno nos frutos não tratados, observou-se um aumento na produção de etileno que iniciou-se no 3º dia de armazenamento, atingindo o máximo (pico climatérico) aos 5,5 dias de armazenamento. A ascensão respiratória teve início também no 3º dia, entretanto, o pico de produção de CO₂ ocorreu no 6º dia de armazenamento, logo após o do etileno (Figura 1 e 2).

Observações similares ao trabalho em questão foram obtidas por Vilas Boas et al. (1996) que relataram a ocorrência do pico de produção de etileno antes do pico respiratório durante o amadurecimento de bananas 'Prata'. Golding et al. (1998) e Pelayo et al. (2003), trabalhando com aplicação de 1-MCP em bananas 'Grain Nain' e Willians, respectivamente, observaram esse mesmo comportamento nas bananas não tratadas com 1-MCP.

Observou-se também, nos frutos não tratados, um novo aumento na produção de etileno a partir do 8º dia de armazenamento, período este em que as bananas já se apresentavam com coloração amarela das cascas, mantendo-se a produção elevada até o final do armazenamento (pleno amadurecimento). Estes resultados estão de acordo com aqueles relatados por Hoffman & Yang (1980) que, monitorando o amadurecimento de bananas armazenadas a 20°C, observaram um pico climatérico de etileno após 2,5 dias de armazenamento, concomitantemente ao acúmulo de ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), com queda até o 5º dia, com novo aumento, tanto na taxa produção de

etileno como no acúmulo da ACC (mais acentuadamente), a partir do 6º dia, os quais mantiveram-se elevados até o final do armazenamento.

Nota-se nas Figuras 3 e 4, independentemente da aplicação de 1-MCP, aumento nos valores a^* e b^* ao longo do armazenamento, indicando a ocorrência de desverdecimento e concomitante amarelecimento da casca das bananas. Entretanto, a taxa de aumento nesses valores foi maior nos frutos não tratados com 1-MCP do que naqueles tratados. Nos frutos tratados com 50nL.L^{-1} de 1-MCP durante 6, 9 e 12 horas as modificações nos valores a^* e b^* iniciaram-se efetivamente no 9º e 11º dia e nos frutos tratados durante 24 horas, no 11º e 13º dia de armazenamento, respectivamente. Estes resultados concordam com aqueles de prolongamento na vida pós-colheita (Tabela1). Essas mudanças na coloração da casca dos frutos submetidos ao 1-MCP ocorreram após o início do aumento da produção de CO_2 e etileno.

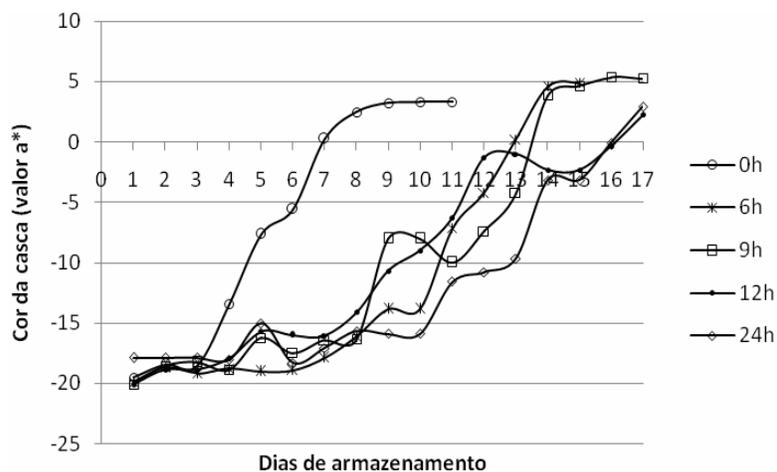


FIGURA 3 – Modificações nos valores a^* (coloração da casca) durante o armazenamento de bananas ‘Maçã’ submetidas a 50nL.L^{-1} de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a $25\pm 1^\circ\text{C}$ e $80\pm 5\%$ UR.

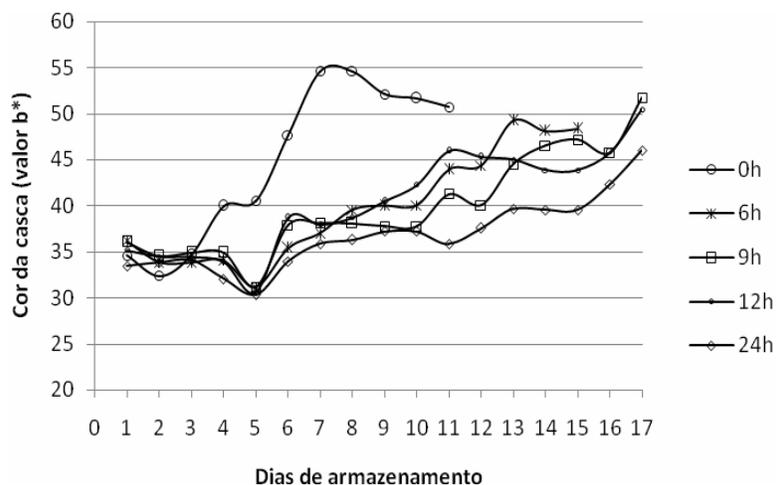


FIGURA 4 – Modificações nos valores b* (coloração da casca) durante o armazenamento de bananas ‘Maçã’ submetidas a 50nL.L⁻¹ de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a 25±1°C e 80±5% UR.

As mudanças na coloração da casca dos frutos não tratados iniciaram-se no 4º dia de armazenamento, período entre o início da ascensão respiratória e de produção de etileno e o pico climatérico de CO₂ (6 dias) e etileno (5,5 dias) (Figuras 3 e 4). Estes resultados também coincidem com os de prolongamento da vida pós-colheita apresentados na Tabela 1.

Embora tenha ocorrido atraso e menor taxa nas mudanças de coloração da casca das bananas tratadas com 1-MCP, esses frutos, ao final do armazenamento (pleno amadurecimento) apresentava-se com valores a* e b* semelhantes aos frutos não tratados. Indicando que houve formação de novos sítios ativos para o etileno, não comprometendo a aparência do fruto, que é o principal atributo avaliado pelo consumidor no momento da compra. Resultados similares foram apresentados por Pinheiro et al. (2006) quando avaliaram o

efeito de diferentes concentrações de 1-MCP (0, 50, 100, 150 e 200nL.L⁻¹) durante 12 horas sobre bananas cv. Maçã.

Durante o amadurecimento de bananas, uma das principais modificações é a degradação de amido em açúcares, como por exemplo, a glucose. O teor de amido e açúcares solúveis totais (AST) e firmeza das bananas ‘Maçã’ quando verdes (grau 2 de coloração da casca/ verde maduras) eram, em média, de 27,03%, 4,6% e 15,9 N, respectivamente. Avaliou-se também o teor de amido e açúcares e a firmeza das bananas quando maduras (grau 7 de coloração da casca/ frutos aptos ao consumo) (Tabela 2). Os frutos tratados com 50nL.L⁻¹ durante 6 e 12 horas apresentaram a mesma concentração de amido que os não tratados. Entretanto, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o teor de amido dos frutos submetidos ao 1-MCP durante 9 e 24 horas e os demais tratamentos (Tabela 2). Analisando-se os resultados de AST das bananas maduras, apenas os frutos tratados por um período de 6 horas apresentaram a mesma concentração que os não tratados, sendo os demais tratamentos (9, 12 e 24 horas) diferentes do 0 e 6 horas, quanto ao teor de açúcares. Pinheiro et al. (2005) trabalhando com aplicação de 1-MCP em diferentes concentrações sobre bananas cv. Maçã observaram teores de açúcares e amido similares e outros diferentes, entre os frutos tratados com 1-MCP e não tratados, quando maduros. Resultados esses concordantes com os do presente trabalho.

Não houve diferença significativa entre a firmeza dos frutos não tratados e tratados com 1-MCP (Tabela 3). Resultados estes concordantes aos apresentados Pinheiro et al. (2006) que também não notaram diferença entre a firmeza de bananas cv. Maçã tratadas e não tratadas com 1-MCP.

TABELA 2 – Valores médios de amido (%), açúcares solúveis totais (%) e firmeza (N) de bananas ‘Maçã’ maduras submetidas 50nL.L⁻¹ de 1-MCP, em diferentes tempos, armazenadas a 25 ± 1°C e 80 ± 5% UR.

Tratamento com 50nL.L ⁻¹ em diferentes tempos de aplicação	Variáveis		
	Amido (%)	Açúcares solúveis totais (%)	Firmeza (N)
0 h	3,16c	17,01a	2,95a
6 h	2,89c	17,84a	3,23a
9 h	2,28b	19,4b	3,09a
12 h	2,94c	20,11b	3,09a
24 h	1,73a	22,26c	3,04a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste Tukey (p≤0,05).

Comparando-se os resultados obtidos das bananas ainda verdes com os dos frutos maduros (Tabela 2) notou-se, a despeito da aplicação do 1-MCP, conversão de amido em açúcares e diminuição da firmeza ao longo do armazenamento dos frutos, modificações essas, características do amadurecimento de bananas.

Sugere-se que as diferenças encontradas nos teores de amido e açúcares entre frutos tratados e não tratados com 1-MCP seja devido a diferenças no estágio de maturação, antes que ao efeito direto do 1-MCP sobre as variáveis analisadas.

Observou-se, independentemente da aplicação do 1-MCP, aumento na perda de massa, em média, de 9, 17% para 14, 70%, ao longo do amadurecimento. Entretanto, os frutos tratados com 1-MCP apresentaram, em média, maior perda de massa que os não tratados, sendo mais acentuada nos frutos submetidos ao tratamento durante 24 horas (Figura 5 e Tabela 3).

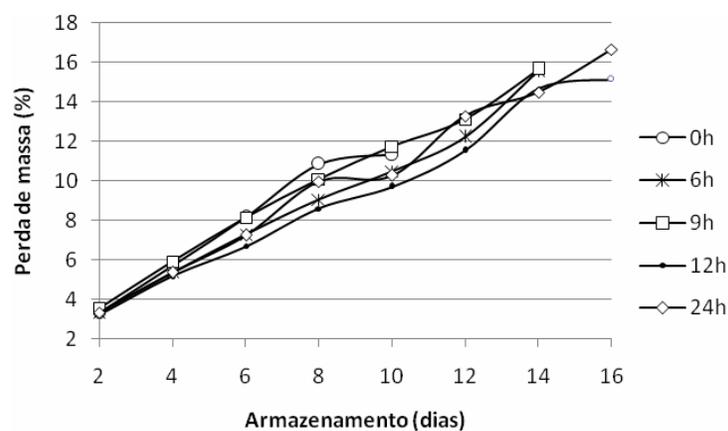


FIGURA 5 – Perda de massa durante o armazenamento de bananas ‘Maçã’ submetidas a 50 nL.L^{-1} de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR.

TABELA 3 – Valores médios de perda de massa ao longo do armazenamento de bananas ‘Maçã’ submetidas 50 nL.L^{-1} de 1-MCP, em diferentes tempos, armazenadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR.

Tratamento com 50 nL.L^{-1} em diferentes tempos de aplicação (h)	Variável
	Perda de massa (%)
0	8,69a
6	11,67b
9	12,60b
12	11,39b
24	15,31c

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Pinheiro et al. (2006) também trabalhando aplicação de 1-MCP em bananas 'Maçã' observaram aumento na perda de massa de bananas ao longo do amadurecimento, sendo esta maior nos frutos submetidos ao 1-MCP. Esses autores associaram a maior perda de massa em bananas 'Maçã' tratadas ao maior tempo de exposição desses frutos ao ambiente, ocasionado pelo prolongamento da vida pós-colheita dos mesmos. Essa justificativa pode também ser utilizada no presente trabalho.

6 CONCLUSÕES

A aplicação de 50nL.L⁻¹ de 1-MCP durante 6, 9, 12 e 24 horas retardou o início do amadurecimento, em média, em 5,0 dias, baseado nas primeiras mudanças visíveis de coloração da casca de bananas cv. 'Maçã', armazenadas a 25 ± 1°C e 80 ± 5% UR, confirmada pela avaliação dos valores a* e b*.

A aplicação de 50nL.L⁻¹ de 1-MCP prolonga a fase pré-climatérica das bananas 'Maçã' e dita menor aumento na taxa respiratória e de produção de etileno das bananas.

As bananas 'Maçã' tratadas com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP durante 6, 9 ou 12 horas apresentam menor perda de massa que aquelas submetidas ao tratamento por um período de 24 horas e qualidade química e física semelhante a dos frutos não tratados.

7 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, entidades governamentais promotoras do desenvolvimento científico e tecnológico.

8 REFERERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria nº 354 de 11 de agosto de 2006**. Disponível em:

<<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B17161-1-0%5D.PDF>>.

Acesso em: 10 mar. 2007.

ALMEIDA, G. C.; VILAS BOAS, E. V. de B.; RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. Atraso do amadurecimento de banana 'Maçã' pelo 1-MCP, aplicado previamente a refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 319-321, 2006.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review.

Postharvest Biology and technology, v. 28. p. 1-25, 2003.

BOTREL, N.; FREIRE, M. J.; VASCONCELOS, R. M.; BARBOSA, H. T. G.

Inibição do amadurecimento de banana 'Prata-Anã' com a aplicação do 1-Metilciclopropano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n.1, p. 53-56, 2002.

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>>. Acesso em: 10 set. 2007.

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

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Recursos Genéticos. Disponível em:

<www.cenargen.embrapa.br/cenargen/pdf/genobanana.pdf>. Acesso em: 19 out. 2006.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows, versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 235.

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**, v. 14, p. 87-98, 1998.

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, 2000.

HOFFMAN, N. E.; YANG, S. F. Changes of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in ripening fruits in relation to their ethylene production rates. **Journal American Horticulture Science**; v. 105, n. 4. p. 492-495, 1980.

LOHANI, S.; TRIVEDI, P. K.; NATH, P. Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and AIA. **Postharvest Biology and Technology**, v. 34, p. 119-126, 2004.

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.

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

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; ALVES, A. de P.; LA SELVA, M. Amadurecimentos de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-Metilciclopropeno (1-MCP), **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 1-4, 2007.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C.T. Ação do 1-Metilciclopropeno(1-MCP) na vida de prateleira da banana 'Maçã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, abr. 2005.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; MESQUITA, C. T.; DOLL, E. T. Pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-metilciclopropeno e armazenadas a temperatura ambiente. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 30, n. 2, p. 323-320, 2006.

CAPÍTULO 4

PROLONGAMENTO DA VIDA PÓS-COLHEITA DE BANANAS 'MAÇÃ' SUBMETIDAS AO 1-MCP - QUALIDADE SENSORIAL E FÍSICA

1 RESUMO

PINHEIRO, Ana Carla Marques. **Prolongamento da vida pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-MCP - qualidade sensorial e física.** In: _____. **Pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-MCP.** 2007. Cap. 4, p.75-93. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Objetivou-se avaliar o efeito do 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre a qualidade e extensão da vida pós-colheita de bananas 'Maçã'. Frutas, no grau 2 de coloração da casca, foram tratadas com 50nL.L-1 de 1-MCP durante 0 (controle), 6, 9, 12 e 24 horas. Posteriormente, foram armazenadas sob condição ambiente: $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $85 \pm 5\%$ UR. Avaliou-se as características sensoriais: aparência dos frutos no grau 4 (frutos mais verdes que amarelos) e grau 7 (frutos amarelos com pontuações marrons) de coloração da casca; descasque, aroma, sabor, firmeza da polpa e aspecto global nos frutos no grau 7, utilizando-se um teste de aceitabilidade através de escala hedônica de 9 pontos e ainda a intenção de compra dos frutos nos graus 4 e 7, por meio de escala de 5 pontos. Avaliou-se também, visualmente, a extensão da vida pós-colheita, e, instrumentalmente, a coloração da casca e firmeza da polpa. A aplicação de 50 nL.L-1 por um período de 12 horas é a mais adequada, pois promove prolongamento da vida pós-colheita de bananas 'Maçã', armazenadas a temperatura ambiente, de aproximadamente 11 dias, sem alterar a qualidade sensorial, a intenção de compra, coloração da casca e firmeza dos frutos quando maduros, comparados aos não submetidos ao 1-MCP, ainda apresentarem aceitabilidade, em relação à aparência, avaliada no grau 4 de coloração da casca, igual a dos frutos não tratados.

Palavras-chave: análise sensorial, *Musa* sp, coloração, firmeza, vida útil

*Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – DCA/UFLA (Orientador), Prof. Dr. Mário César Guerreiro – DQI/UFLA (Co-orientador) e Profa. Dra. Helena Maria André Bolini DEPAN/FEA/UNICAMP (Co-orientadora).

2 ABSTRACT

PINHEIRO, Ana Carla Marques. **Extension of postharvest life of ‘Apple’ bananas submitted to 1-methylcyclopropene - sensory and physical quality.** In: _____. **Postharvest life of ‘Apple’ bananas submitted to 1-MCP.** 2007. Cap. 4, p.75-93. Thesis (Doctor in Food Sciences) – Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brasil.*

The objective of this work was to evaluate the effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the quality and extension of postharvest life of ‘Apple’ banana. Fruits, at degree 2 of peel color were treated with 50 nL.L-1 of 1-MCP for 0 (control), 6, 9, 12 and 24 h. Further, the fruits were stored at $22 \pm 2^\circ\text{C}$ and $85 \pm 5\%$ RH. The following sensory characteristics were evaluated: appearance of the fruit at degree 4 (greener than yellow) and degree 7 (yellow with brown spots) of peel color; peeling, aroma, flavor, firmness of pulp and global aspect on the fruit at degree 7, using a test of acceptability through hedonic scale of 9 point and also the intention of purchasing of the fruit at degrees 4 and 7, through scale of 5 points. It was also evaluated, the extension of postharvest life and the peel color and pulp firmness. The application of 50 nL.L-1 for a period of 12 hours is the most proper, because promotes extension of postharvest life of ‘Apple’ banana, stored at room temperature of approximately 11 days, without changing the sensory quality, the intention of purchasing, peel color and firmness of fruit when ripe, in comparison to control.

Key words: sensory analyses, *Musa* sp, color, firmness, shelf life

*Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – DCA/UFLA (Adviser), Prof. Dr. Mário César Guerreiro – DQI/UFLA (Co-adviser) e Profa. Dra. Helena Maria André Bolini DEPAN/FEA/UNICAMP (Co-adviser).

3 INTRODUÇÃO

A banana, muito apreciada no Brasil e no mundo, é a quarta cultura agrícola mais importante do planeta, atrás apenas do arroz, do trigo e do milho (EMBRAPA, 2006). Além disso, tem ainda uma enorme importância social, pois é uma fonte de energia, minerais e vitaminas de baixo custo. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de banana, responsável por cerca de 9,5% da produção (EMBRAPA, 2006). De acordo com Brasil (2007), o país produziu 6.997.000 toneladas de banana em 2005, exportando 212.176 toneladas, ou seja, 3,03% de toda a produção. Esta pequena participação no mercado externo é devida, principalmente, aos altos índices de perdas e alto consumo interno da fruta (EMBRAPA, 2006). Dentre as cultivares exploradas, a banana ‘Maçã’ caracteriza-se por apresentar qualidades sensoriais agradáveis, sendo, talvez, a mais saborosa de todas as variedades para consumo *in natura*. Além disso, seu cultivo é de alta rentabilidade econômica (Agrianual, 2007). A banana é um fruto climatérico altamente perecível, apresentando uma elevação na taxa respiratória e produção de etileno que desencadeia o amadurecimento, dificultando a comercialização do produto em locais mais distantes e acarretando altos índices de perdas. O etileno é um composto orgânico volátil que difunde dentro e fora das células, estimulando as modificações relativas ao amadurecimento como coloração, aroma, sabor e textura da banana. Em condições normais, o etileno liga-se a moléculas receptoras, provavelmente proteínas de membrana, de onde surgem respostas associadas ao amadurecimento (Golding et al., 1998). O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um produto que atua inibindo temporariamente esta ação do etileno e, conseqüentemente, o amadurecimento dos frutos. De acordo com a portaria nº 354 de 11 de agosto de 2006 da ANVISA (2006), o 1-MCP foi liberado para

utilização no Brasil em diferentes plantas ornamentais e frutos, dentre os quais inclui-se a banana. Este produto tem sido avaliado na extensão da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de diversos produtos vegetais (Pinheiro et al., 2005, 2006; Blankenship & Dole, 2003; Botrel et al., 2002; Harris et al., 2000; Golding et al., 1998). Entretanto, são poucos os estudos que avaliam o impacto da utilização do 1-MCP na qualidade sensorial de vegetais comestíveis, devido principalmente ao recente registro do produto e liberação para uso comercial restrita a poucas frutas e hortaliças (Watkins, 2006). Pinheiro et al. (2006) relataram que a aplicação de 50, 100, 150 e 200 nL.L⁻¹ de 1-MCP, durante 12 horas, ocasionou amarelecimento desuniforme durante o amadurecimento de banana cv. Maçã e as três últimas doses, tonalidade avermelhada na casca, comprometendo a aparência do fruto. Golding et al. (1998), Jiang et al. (1999) e Harris et al. (2000) também relataram a ocorrência de amarelecimento desuniforme na casca de diferentes cultivares de bananas submetidas ao 1-MCP. A qualidade dos produtos alimentícios sejam eles de origem vegetal ou animal, processados ou *in natura*, está associada aos aspectos sensoriais, nutritivos e de segurança. O aspecto sensorial é avaliado através da aparência, aroma, sabor e textura, sendo a aparência o primeiro atributo a ser observado pelo consumidor no momento da compra e os demais avaliados em seqüência. Desta forma é extremamente importante preservar a qualidade sensorial dos produtos para a garantia do sucesso na comercialização. Em função da carência de estudos na avaliação sensorial de produtos vegetais submetidos ao tratamento com 1-MCP, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de 50nL.L⁻¹ deste produto, em diferentes tempos, na qualidade sensorial, sob o ponto de vista do consumidor, juntamente com análises físicas e prolongamento da vida pós-colheita de bananas cv. Maçã.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Bananas da cv. Maçã, adquiridas em uma propriedade rural próxima ao município de Lavras-MG, no estágio 2 de coloração da casca (frutos maduros, completamente verdes) e com aproximadamente 3 cm de diâmetro foram tratadas utilizando-se uma dosagem única de 50 nL.L⁻¹ 1-metilciclopropeno (1-MCP), na formulação pó, com 0,14% de ingrediente ativo, variando-se o tempo de aplicação. A aplicação foi realizada em caixas de isopor com volume de 100 litros, hermeticamente fechadas, nas quais os frutos permaneceram por 0, 6, 9, 12 e 24 horas em contato com o produto. Após a aplicação, foram removidos das caixas e armazenados sob condição ambiente: 22 ± 2°C e 80 ± 5% UR. A avaliação da aceitação da aparência dos frutos e intenção de compra foi realizada no grau 4 de coloração da casca (frutos mais verdes que amarelos) e posteriormente no grau 7 (frutos completamente amarelos com pontuações marrons/ aptos ao consumo) utilizando-se cabine comum aos provadores, iluminada com luz fluorescente branca. O descasque, aroma de banana, sabor de banana, firmeza da polpa e aspecto global, foram avaliados individualmente somente em frutos no grau 7, em cabines também iluminadas com lâmpadas fluorescentes brancas. O Teste de Aceitação com 40 consumidores de banana cv. Maçã, foi realizado utilizando-se escala hedônica estruturada mista de 9 pontos (9-gostei extremamente a 1-desgostei extremamente) (Meillgard et al., 1999) (Anexo B) para avaliar a aceitação em relação a aparência, descasque, aroma de banana, sabor de banana, firmeza da polpa e aspecto global. Foi utilizada escala de 5 pontos para avaliar a intenção de compra (5-certamente compraria a 1-certamente não compraria) (Anexo B). Cada uma das amostras, composta por uma banana madura (apta ao consumo), sem o pedúnculo, foi servida na forma monádica em bandejas brancas de isopor identificadas com números aleatórios

de três dígitos. Através de análise visual avaliou-se o prolongamento da vida pós-colheita, computando-se o número de dias decorridos para ocorrência das primeiras mudanças visíveis de coloração da casca de verde para amarelo e número de dias decorridos para que atingissem o grau 7 (frutos completamente amarelos com manchas marrons/aptos ao consumo). Foram avaliadas também, por meio de análise instrumental, coloração da casca, determinada na região equatorial do fruto utilizando-se Colorímetro marca Minolta, modelo CR 400 sistema CIE Lab, com a determinação das coordenadas a^* e b^* , sendo a coordenada a^* relacionada com a intensidade de verde/amarelo e a coordenada b^* com a intensidade de azul/amarelo e firmeza da polpa, expressa em Newtons (N), avaliada em rodela sem casca, retiradas da região equatorial, utilizando-se texturômetro modelo TA.TX2i equipado com sonda de aço inoxidável de 8mm de diâmetro (P/6N), que mediu a força de penetração nas rodela com velocidade de descida de 10mm/s e com distância máxima de introdução de 10mm. Todos os consumidores avaliaram a aceitação em relação a todas as amostras, em blocos completos balanceados, correspondentes aos 5 tempos de aplicação de 1-MCP (0, 6, 9, 12 e 24 h). Os dados foram analisados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) e teste de médias de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises instrumental e visual seguiram um delineamento inteiramente casualizado com 5 tempos de aplicação do produto e dois graus de coloração da casca (graus 4 e 7), com três repetições, sendo a parcela experimental composta por três buquês com 3 a 4 dedos. Os dados obtidos foram analisados através de ANOVA e teste de médias (Teste de Tukey) utilizando-se programa estatístico SISVAR versão 4.0 (Ferreira, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se a Tabela 1 e Figura 1, nota-se que a aplicação de 50nL.L⁻¹ de 1-MCP, independentemente do tempo, retardou de forma significativa o início do amadurecimento, baseando-se nas primeiras mudanças de coloração da casca, aumentando, conseqüentemente, a vida pós-colheita destes frutos. A aplicação de 1-MCP durante 6 e 9 horas retardou o início das primeiras mudanças de coloração da casca dos frutos em aproximadamente 4 e 8 dias respectivamente, enquanto a aplicação durante 12 e 24 horas retardou em aproximadamente 11 dias, quando comparados ao controle (0 horas).

TABELA 1 – Prolongamento da vida pós-colheita de bananas cv. Maçã submetidas a 50nL.L⁻¹ de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a 22 ± 2°C e 80 ± 5% UR.

Tempo de aplicação de 50nL.L ⁻¹ 1-MCP (h)	Nº DIAS	
	Primeiras mudanças de cor da casca (dias)	Grau 7 (dias)
0 (controle)	4,73a	10,90 c
6	8,88b	14,68 b
9	12,98c	18,30 b
12	15,25d	24,24 a
24	16,08d	25,36 a

Médias seguidas de letras em comum, na coluna, são iguais entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

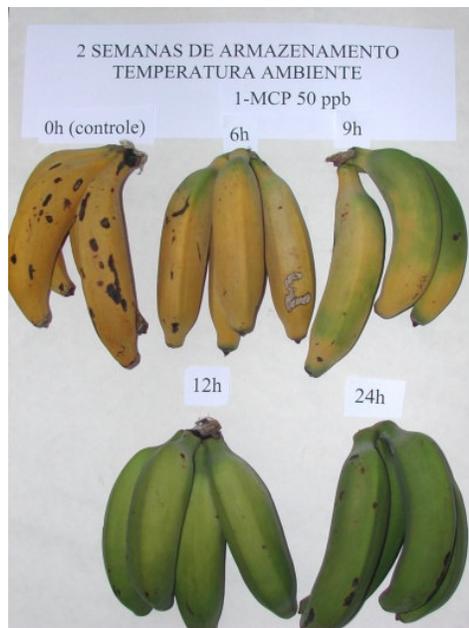


FIGURA 1 Ilustração do prolongamento da vida pós-colheita de bananas ‘Maçã’ submetidas a 50nL.L^{-1} de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\% \text{UR}$.

Trabalhando com bananas cv. Maçã submetidas a 50, 100, 150 e 200nL.L^{-1} de 1-MCP durante 12 horas e armazenadas a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\% \text{UR}$, Pinheiro et al. (2005) observaram atraso no início do amadurecimento de aproximadamente aos 10 dias para as concentrações de 100, 150 e 200nL.L^{-1} e 8 dias para a concentração de 50nL.L^{-1} de 1-MCP. Esta diferença de 3 dias a mais no prolongamento da vida útil entre a aplicação de 50nL.L^{-1} durante 12 horas neste trabalho e o citado por Pinheiro et al. (2005) pode ser devida a influência de fatores pré-colheita (condições climáticas, tratamentos culturais) e ponto de colheita dos frutos.

Avaliando-se a aparência dos frutos no grau 4 de coloração da casca, é possível observar diferença significativa entre os frutos tratados durante 24 horas e aqueles tratados durante 0 (controle) e 6 horas, sendo que os frutos sob os demais tratamentos, 9 e 12 horas, não diferiram dos frutos controle (Tabela 2). Houve diferença estatística ($p \leq 0,05$) também na intenção de compra (IC) dos frutos no grau 4, onde os frutos submetidos à aplicação de 1-MCP durante 6 horas apresentaram IC igual ao controle, entretanto, os demais tratamentos apresentaram IC menor que o controle e não apresentam diferença estatística ao tratamento de 6 horas (Tabela 2). Nota-se que a IC em todos os tratamentos, incluído o controle situou-se, segundo a escala utilizada, entre as categorias “indiferente” e “provavelmente compraria”.

TABELA 2 – Resultados de aparência e intenção de compra de banana Maçã no grau 4 de coloração da casca (frutos mais amarelos que verdes), submetidas a 50nL.L^{-1} de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR.

Tempo de aplicação de 50nL.L^{-1} 1-MCP (h)	CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	
	Aparência	Intenção compra
0 (controle)	6,58 a	3,750 a
6	6,65 a	3,600 ab
9	6,55 ab	3,450 b
12	6,38 ab	3,375 b
24	5,83 b	3,200 b

Médias seguidas de letras em comum, na coluna, são iguais entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os frutos submetidos ao 1-MCP apresentaram desverdecimento desuniforme da casca, menos intenso nos frutos sob aplicação durante 6 horas que, com o avanço do amadurecimento, atingiam coloração amarela com extremidades verdes finalizando o processo de desverdecimento desuniforme. Talvez este fato possa justificar a menor IC dos frutos tratados com 1-MCP durante 9, 12 e 24 horas, já que foram avaliados no grau 4 de coloração da casca (frutos com casca mais verde que amarela) onde o amarelecimento desuniforme era ainda visível.

Analisando-se as características sensoriais das bananas no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente amarelos com pontuações marrons/aptos ao consumo) (Tabela 3) não se observou diferença significativa na aparência (Figura 2), descasque e firmeza entre os frutos controle (0 horas) e os tratados com 1-MCP. Quanto à aceitação em relação ao aroma, sabor, aspecto global e IC notou-se diferença significativa somente entre os frutos controle e aqueles submetidos ao 1-MCP durante 24 horas, sendo os demais tratamentos (6, 9 e 12 horas) iguais ao controle, mostrando ser viável a aplicação de 50nL.L^{-1} de 1-MCP durante 6, 9 e 12 horas para promoção do prolongamento da vida pós-colheita, mantendo-se a qualidade sensorial dos frutos quando maduros ($p \leq 0,05$).

TABELA 3 – Médias de aceitação dos consumidores em relação à aparência, descasque, aroma de banana, sabor de banana, firmeza, aspecto global e intenção de compra de banana ‘Maçã’, no grau 7 de coloração da casca (completamente amarelas com pontuações marrons), submetidas a 50nL.L⁻¹ de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a 22 ± 2°C e 80 ± 5% UR.

Tempo de aplicação de 50nL.L ⁻¹ 1-MCP (h)	CARACTERÍSTICAS AVALIADAS						
	Aparência	Descasque	Aroma de banana	Sabor de banana	Firmeza	Aspecto Global	Intenção Compra
0 (controle)	6,95 ab	7,68 a	7,70 a	7,15 a	7,38 a	7,33 a	4,25 a
6	7,54 a	7,68 a	7,88 a	7,29 a	7,80 a	7,68 a	4,17 a
9	7,40 ab	7,50 a	7,65 ab	7,25 ab	7,80 a	7,53 a	4,08 ab
12	6,78 b	7,30 a	7,50 ab	7,25 ab	7,73 a	7,35 a	3,93 ab
24	6,64 b	7,13 a	7,10 b	6,59 b	7,36 a	6,95 b	3,64 b

Médias seguidas de letras em comum, na coluna, são iguais entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).



FIGURA 2 Ilustração da aparência de bananas ‘Maçã’ maduras, submetidas a 50nL.L^{-1} de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR.

A coloração da casca foi avaliada instrumentalmente nos graus 4 e 7 de coloração da casca onde mediu-se o valor b^* (azul a amarelo) e valor a^* (verde a vermelho) (Tabelas 4 e 5). Não houve diferença significativa no valor a^* entre os tratamentos nos diferentes graus de coloração da casca avaliados (Tabela 4). Nota-se, a despeito do tempo de aplicação, aumento no valor a^* e b^* indicando desverdecimento e concomitante amarelecimento da casca dos frutos (Tabelas 4 e 5). Os tratamentos 6, 9 e 12 horas apresentaram, em média, valor b^* igual ao controle (Tabela 5). Entretanto, houve diferença significativa no valor b^* entre

os frutos tratados com 1-MCP durante 24 horas e o controle, os quais apresentaram menor valor b* ou seja, menor intensidade de coloração amarela da casca, embora não tenham apresentado coloração mais verde que os frutos controle, pois apresentaram mesmo valor a*.

TABELA 4 – Cor da casca (Valor a*) de bananas cv. Maçã, submetidas a 50nL.L⁻¹ de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a 22 ± 2°C e 80 ± 5% UR.

Tempo de aplicação de 50nL.L ⁻¹ 1-MCP (h)	VALOR a*	
	Grau 4	Grau 7
0 (controle)	-0,69	5,53
6	-2,8	5,84
9	-2,67	6,04
12	-2,45	7,21
24	-1,15	7,29
Médias	-1,96a	6,38b

Médias seguidas de letras em comum, na linha, são iguais entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

TABELA 5 – Cor da casca (Valor b*) de bananas cv. Maçã, submetidas a 50nL.L⁻¹ de 1-MCP e armazenadas a 22 ± 2°C e 80 ± 5% UR.

Tempo de aplicação de 50nL.L ⁻¹ 1-MCP (h)	VALOR b*		
	Grau 4	Grau 7	Médias
0 (controle)	46,44	46,92	46,68b
6	44,43	45,91	44,75ab
9	44,43	47,35	45,89ab
12	41,0	46,66	43,83ab
24	43,10	43,22	43,16a
Médias	43,71a	46,01b	

Médias seguidas de letras em comum, na coluna ou linha, são iguais entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Estes resultados podem justificar a menor aceitabilidade na aparência, aspecto global e IC dos frutos tratados durante 24 horas. Provavelmente este tempo de exposição a 50nL.L^{-1} de 1-MCP causou alteração no metabolismo dos frutos, pois os mesmos submetidos a esse tratamento apresentaram, além de mudanças na coloração da casca, menor aceitabilidade em relação ao aroma e sabor, embora tenham apresentado mesma aceitabilidade com relação ao descasque e firmeza sensorial.

A avaliação instrumental da firmeza também foi realizada nos graus 4 e 7 de coloração da casca (Tabela 6). Observou-se, a despeito da aplicação de 1-MCP, queda nítida da firmeza com o amadurecimento dos frutos. Notou-se diferença significativa entre os tratamentos somente no grau 4 de coloração da casca, no qual os frutos tratados com 1-MCP apresentaram menor firmeza que o controle, à exceção do tratamento durante 24 horas, que foi estatisticamente igual ao controle. Este fato pode ser justificado também pela ocorrência do amarelecimento desuniforme da casca, o qual dificultou a determinação exata do grau 4. Os resultados de firmeza medidos instrumentalmente no grau 7 coincidem com a avaliação sensorial da firmeza na qual os provadores não detectaram diferença entre os tratamentos.

TABELA 6 – Firmeza (Newtons) de bananas cv. Maçã, no grau 7 de coloração da casca (completamente amarelas com pontuações marrons), submetidas a 50nL.L⁻¹ de 1-MCP, em diferentes tempos e armazenadas a 22 ± 2°C e 80 ± 5% UR.

Tempo de aplicação de 50nL.L ⁻¹ 1-MCP (h)	FIRMEZA (N)	
	Grau 4	Grau 7
0 (controle)	8,38bA	3,84aB
6	5,78aA	3,92aB
9	5,50aA	4,03aB
12	6,20aA	4,2aB
24	6,91abA	4,02aB

Médias seguidas de letras minúsculas em comum, na coluna, são iguais entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). Médias seguidas de letras maiúsculas em comum, na linha, são iguais entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

6 CONCLUSÕES

A aplicação de 50nL.L^{-1} de 1-metilciclopropeno (MCP) durante 12 horas é a mais adequada, pois promove prolongamento na vida pós-colheita, com base nas primeiras mudanças de coloração da casca de bananas cv. Maçã, armazenadas a $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 5\%$ UR, em aproximadamente 11 dias, mantendo, nos frutos maduros, a qualidade sensorial, intenção de compra, firmeza e coloração da casca sem diferença significativa ($p>0,05$) com a dos frutos que não foram tratados com o produto, além de promover aceitabilidade, em relação à aparência avaliada no grau 4 de coloração da casca igual a dos frutos não submetidos ao 1-MCP.

A aplicação durante 9 horas apresenta-se como segunda alternativa mais viável, prolongando a vida pós-colheita da banana 'Maçã' em 8 dias, sem afetar as variáveis citadas acima.

7 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, entidades governamentais promotoras do desenvolvimento científico e tecnológico.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria nº 354 de 11 de agosto de 2006**. Disponível em:

<<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B17161-1-0%5D.PDF>>.

Acesso em: 10 mar. 2007.

AGRIANUAL. **Mercado e perspectiva**: banana. Disponível

em:<www.ifnp.org.br>. Acesso em: 10 mar. 2007.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review.

Postharvest Biology and Technology, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 1-25, 2003.

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**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 53-56, 2002.

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>>. Acesso

em: 10 set. 2007.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Recursos Genéticos. Disponível em:

<www.cenargen.embrapa.br/cenargen/pdf/genobanana.pdf>. Acesso em: 19 out. 2006.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows,

versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL BRASILEIRA DA SOCIEDADE

INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 235.

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, 1998.

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, 2000.

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

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3.ed. London, CRC, 1999. 387 p.

PINHEIRO, A. M. P.; VILAS BOAS, E. V. de B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira da banana 'Maçã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, 2005.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; MESQUITA, C. T.; DOLL, E. T. Pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-metilciclopropeno e armazenadas a temperatura ambiente. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 323-320, 2006.

WATKINS, C. B. The use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, v. 24, p. 389-409, 2006.

CAPÍTULO 5

**ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE BANANA ‘MAÇÃ’
SUBMETIDA AO 1-MCP**

1 RESUMO

PINHEIRO, Ana Carla Marques. **Armazenamento refrigerado de banana 'maçã' submetida ao 1-MCP** In: _____. **Pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-MCP**. 2007. Cap. 5, p.94-117. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um produto que tem sido estudado como uma alternativa viável no prolongamento da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de produtos vegetais. Objetivou-se avaliar o efeito do 1-MCP sobre a vida pós-colheita e qualidade da banana 'Maçã' armazenada sob refrigeração. O 1-MCP foi aplicado nos frutos verde-maturos, nas concentrações de 0, 50, 100, 150, 200 nL.L⁻¹ (25°C), durante 9 horas. Após aplicação, os frutos foram armazenados a 13°C ±1 e 90±5%UR durante 28 dias, avaliando-se, diariamente, sua taxa respiratória. Posteriormente foram armazenados a 25 ± 1°C e 85 ± 5% UR e avaliados quanto à coloração da casca, ao teor de acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), açúcares solúveis totais (AST), pectinas total (PT) e solúvel (PS), atividade da pectinametilesterase (PME) e da poligalacturonase (PG) e firmeza, quando maduros. Avaliou-se também o número de dias gastos para o início do amadurecimento. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado com seis repetições, constituídas por três buquês com quatro frutos. A aplicação de 100, 150 e 200 nL.L⁻¹ de 1-MCP retardou o início do amadurecimento dos frutos. Os frutos controle e os submetidos a 50 nL.L⁻¹ de 1-MCP apresentaram comportamento respiratório semelhante, com início da ascensão respiratória já no 6º dia de armazenamento refrigerado, entretanto, frutos sob 50nL.L⁻¹ de 1-MCP não apresentaram um pico climatérico nítido como os frutos controle. Os frutos submetidos a 100, 150 e 200 nL.L⁻¹ apresentaram comportamento respiratório semelhante entre si, com início da ascensão respiratória somente no 25º dia de armazenamento refrigerado. O 1-MCP não afetou significativamente os teores de AT, AST, SS, PT e atividade da PG dos frutos maduros. Entretanto, observou-se menor solubilização de substâncias pécticas, menor atividade da PME proporcionalmente ao aumento da concentração de 1-MCP e maior manutenção da firmeza dos nestes frutos. Conclui-se que as concentrações de 1-MCP a 100, 150 e 200 nL.L⁻¹ são as mais efetivas no prolongamento da vida pós-colheita de

*Comitê Orientador: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – DCA/UFLA (Orientador), Prof. Dr. Mário César Guerreiro – DQI/UFLA (Co-orientador) e Profa. Dra. Helena Maria André Bolini DEPAN/FEA/UNICAMP (Co-orientadora).

bananas 'Maçã', proporcionando manutenção da firmeza dos frutos, sem afetar a coloração da casca e os atributos associados ao sabor do fruto maduro.

Palavras-chave: *Musa sp.cv.* Maçã, pós-colheita, taxa respiratória, 1-metilciclopropeno

2 ABSTRACT

PINHEIRO, Ana Carla Marques. **Refrigerated storage of ‘apple’ banana submitted to 1-MCP.** In: _____. **Postharvest life of ‘Apple’ bananas submitted to 1-MCP.** 2007. Cap. 5, p.94-117. Thesis (Doctor in Food Sciences) – Federal University of Lavras, Lavras, MG, Brasil.*

1-methylcyclopropene (1-MCP) is a product which has been studied as a viable alternative in the extension of postharvest life and maintenance of the quality of plant products. It was intended to evaluate the effect of 1-MCP on the postharvest life and quality of the ‘Apple’ banana stored under refrigeration. 1-MCP was applied on the mature-green fruits at the concentrations of 0, 50, 100, 150, 200nL.L⁻¹ (25°C) for 9 hours. After application, the fruits were stored at 13°C ±1 and 90±5%RH for 28 days by evaluating, daily, their respiration rate. Afterwards, they were stored at 25 ± 1°C and 85 ± 5% RH and evaluated as to skin coloration, titratable acidity content (TA), soluble solids (SS), total sugars (AST), total (TP) and soluble (SP) pectin, activity of pectinmethylesterase (PME) and polygalacturonase (PG) and firmness when ripe. The number of days spent to the onset of ripening was also evaluated. The experiment followed a completely randomized design with six replicates consisting of three bouquets with four fruits. The application of 100, 150 and 200nL.L⁻¹ of 1-MCP delayed the onset of the ripening of the fruits. The control fruits and the ones submitted to 50nL.L⁻¹ of 1-MCP presented a similar respiratory behavior, with the start of the respiratory rise already on the 6th day of refrigerated storage, nevertheless, fruits under 50nL.L⁻¹ of 1-MCP presented no sharp climacteric peak as the control fruits did. The fruits submitted to 100, 150 and 200nL.L⁻¹ presented a respiratory behavior similar to one other, with the onset of the respiratory rise only on the 25th day of refrigerated storage. 1-MCP did not affect significantly the contents of TA, AST, SS, TP and PG activity of the ripe fruits. Nevertheless, lower solubilization of pectic substances, lower activity of PME proportionally to the increase of the concentration of 1-MCP at 100, 150 e 200nL.L⁻¹ and greater maintenance of firmness in these fruits were found. It follows that the concentrations of 1-MCP are the most effective in the extension of postharvest life of ‘Apple’ bananas, providing the maintenance of the firmness of the fruits,

*Guidance Committee: Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas – DCA/UFLA (Adviser), Prof. Dr. Mário César Guerreiro – DQI/UFLA (Co-adviser) e Profa. Dra. Helena Maria André Bolini DEPAN/FEA/UNICAMP (Co-adviser).

without affecting skin coloration and the attributes associated to the flavor of ripe fruits.

Key words: *Musa* sp.cv. Apple, postharvest, respiratory rate, 1-methylcyclopropene

3 INTRODUÇÃO

A banana é uma fruta de grande importância social e econômica, pois, além de ser considerada fonte de energia, minerais e vitaminas, de baixo custo, sendo consumido por populações de alta e baixa renda, o cultivo da bananeira gera empregos e renda para a população de várias regiões do Brasil.

Dentre as cultivares exploradas, a banana 'Maçã' caracteriza-se por apresentar qualidades sensoriais agradáveis, sendo, talvez, a mais saborosa de todas as variedades para consumo ao natural, muito apreciada pelos consumidores. A banana é um fruto climatérico altamente perecível, apresentando uma elevação na taxa respiratória e produção de etileno que desencadeia o amadurecimento, dificultando a comercialização do produto em locais mais distantes e acarretando altos índices de perdas. O etileno é um composto orgânico volátil que difunde dentro e fora das células, estimulando as modificações relativas ao amadurecimento como coloração, aroma, sabor e textura da banana. Em condições normais, o etileno liga-se a moléculas receptoras, provavelmente proteínas de membrana, de onde surgem respostas associadas ao amadurecimento (Golding et al., 1998).

Várias técnicas têm sido estudadas e utilizadas na pós-colheita com objetivo de retardar o processo de amadurecimento e conseqüentemente a senescência dos vegetais com manutenção da qualidade dos produtos vegetais, reduzindo as perdas.

O uso adequado da refrigeração no armazenamento dos produtos vegetais é um método eficiente no controle da senescência, uma vez que regula os processos fisiológicos e bioquímicos associados, prolongando a vida pós-colheita, com manutenção da qualidade. O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um produto que atua inibindo temporariamente a ação do etileno e,

conseqüentemente, o amadurecimento dos frutos. De acordo com a portaria nº 354 de 11 de agosto de 2006 da ANVISA (2006), o 1-MCP foi liberado para utilização no Brasil em diferentes plantas ornamentais e frutos, dentre os quais inclui-se a banana. Este produto tem sido avaliado no prolongamento da vida pós-colheita e manutenção da qualidade de diversos produtos vegetais (Pinheiro et al., 2005, 2006 e 2007, Almeida et al., 2006; Pelayo et al., 2003; Blankenship & Dole, 2003; Botrel et al., 2002; Harris et al., 2000; Golding et al., 1998).

A utilização do 1-MCP associada ao armazenamento refrigerado tem sido avaliada como uma combinação promissora para o prolongamento da vida útil dos vegetais (Almeida et al., 2006). Esses autores citados estudando o efeito do tempo de exposição (0, 3, 6, 9, 12 e 24 horas) de bananas 'Maçã' ao 1-MCP, concluíram que a exposição dos frutos a 50nL.L^{-1} de 1-MCP, por 9 horas, foi a mais adequada, pois retardou em 7 dias o amadurecimento, em comparação as bananas não tratados, após 30 dias de armazenamento refrigerado (13°C), sem prejuízos à aparência e composição química dos frutos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito conjunto da aplicação de 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200nL.L^{-1}) durante 9 horas sob armazenamento refrigerado no prolongamento da vida pós-colheita e qualidade física, química e bioquímica de bananas 'Maçã' quando maduras.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Instalação do experimento

Bananas da cultivar Maçã foram adquiridas em uma propriedade rural do município de Lavras-MG no estágio verde maturo (frutos completamente verdes, fisiologicamente desenvolvidos) com aproximadamente 2,8 cm de diâmetro. Padronizou-se a retirada da terceira e quarta penca do cacho. Posteriormente foram transportadas para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, onde foram submetidas à aplicação com 1-MCP.

A aplicação foi realizada em diferentes concentrações 0, 50, 100, 150 e 200 nL.L⁻¹ (25°C) em caixas de isopor com volume de 100 litros, hermeticamente fechadas, nas quais os frutos permaneceram 9 horas em contato com o produto. Foi utilizado 1-MCP na formulação pó, com 0,14% de ingrediente ativo. Após a aplicação, os frutos foram removidos das caixas e armazenados a 13°C ±1 e 90±5%UR durante 28 dias, avaliando-se, diariamente, sua taxa respiratória. Posteriormente foram armazenados a 25 ± 1°C 85 ± 5% UR até que atingissem o grau 7 de coloração da casca (frutos completamente amarelos com pontuações marrons/aptos ao consumo) e avaliados quanto à coloração da casca, o teor de acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), açúcares solúveis totais (AST), pectinas total (PT) e solúvel (PS), atividade da pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG) e firmeza. Computou-se também o número de dias gastos para o início do amadurecimento. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, constituídas por três buquês com quatro frutos. Os dados obtidos das análises de coloração da casca, AT, SS, AST, PT, PS, PME, PG e firmeza foram submetidos a uma Análise de

Variância, e, posteriormente, quando necessário, foi realizado teste de média Tukey ou regressão polinomial. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR versão 5.0 (Ferreira, 2000).

4.2 Análises

Prolongamento da vida pós-colheita: foi avaliada computando-se o número de dias decorridos para ocorrência das primeiras mudanças visíveis de coloração da casca de verde para amarelo.

Taxa respiratória: medindo-se a quantidade de CO₂ produzido por buquês com quatro frutos, acondicionados durante 1 hora em vidros herméticos. Utilizou-se um analisador de gases, Check Point O₂ e CO₂, PBI Dansensor. Os resultados foram expressos em mL.kg⁻¹.h⁻¹.

Coloração: foi determinada sobre a casca na região equatorial do fruto utilizando-se um Colorímetro marca Minolta, modelo CR 400, com a determinação das coordenadas a*, b*. A coordenada a* está relacionada à intensidade de verde/vermelho e a coordenada b* à intensidade de azul/amarelo.

Acidez Titulável (AT): foi realizada por titulação com solução de NaOH 0,1N e indicador fenolftaleína, metodologia validada pela AOAC (2002). Os resultados foram expressos em % de ácido málico.

Açúcares Solúveis Totais (AST): foram extraídos com álcool etílico e determinados pelo método de Antrona (Dische, 1962). Os resultados foram expressos em gramas de glicose por 100 g de polpa.

Sólidos Solúveis (SS): foram determinados por refratometria, em refratômetro digital ATAGO PR-1 00 com compensação de temperatura automática a 25°C, e expressos em °Brix, metodologia validada pela AOAC (2002).

Pectina Total e Solúvel (PT e PS): foram extraídas segundo a técnica descrita por McCready & McComb (1952) e determinadas colorimetricamente segundo

Bitter & Muir (1962), sendo os resultados expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa.

Atividade de Poligalacturonase (PG): a extração enzimática da poligalacturonase foi realizada segundo a técnica de Buescher & Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas et al. (1996). O doseamento foi realizado segundo Markovic et al. (1975), com modificações de Vilas Boas et al. (1996). A atividade enzimática foi expressa em nmol de açúcar redutor por grama polpa fresca. min⁻¹.

Atividade de Pectinametilesterase (PME): a extração enzimática foi realizada segundo a técnica de Buescher & Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas et al. (1996). O doseamento foi segundo Hultin et al. (1966) e Ratner et al. (1969), com modificações de Vilas Boas et al. (1996). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 nmol de NaOH por minuto, sob as condições de ensaio.

Firmeza: foi determinada com auxílio de um penetrômetro Mc-Cormick com ponta de diâmetro 8 mm; os resultados foram expressos em Newtons (N).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de 1-MCP nas concentrações de 100, 150 e 200nL.L⁻¹ atrasou o início do amadurecimento dos frutos, armazenados sob refrigeração, baseando-se nas primeiras mudanças de coloração da casca, em média 13,5 dias. Entretanto, a aplicação de 1-MCP na concentração de 5c não foi efetiva no retardo do início do amadurecimento (Tabela1). Provavelmente porque o período de ação do 1-MCP a esta concentração foi superado, ou pelo menos equivalente, ao da refrigeração.

TABELA 1 – Média do número de dias gastos para ocorrer as primeiras mudanças de coloração da casca de bananas ‘Maçã’, submetidas ao 1-MCP em diferentes concentrações por 9 horas e armazenadas sob refrigeração (13°C ±1 e 90% ±5 UR), por 28 dias.

Primeiras mudanças de coloração da	
Concentrações de 1-MCP(nL.L ⁻¹)	casca (dias)
0	9,72a
50	11,75a
100	21,75b
150	23,83b
200	23,95b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, são iguais entre si pelo teste Tukey (p≤0,05).

Estes resultados diferem dos resultados de Almeida et al. (2006), os quais mostraram efeito significativo do tratamento com 50nL.L^{-1} de 1-MCP durante 9 horas no prolongamento da vida pós-colheita de bananas ‘Maçã’ armazenadas a 13°C . Um dos fatores de influência na ação do 1-MCP é o grau de maturidade dos frutos no momento da aplicação do produto (Pelayo et al., 2003). Provavelmente, as bananas ‘Maçã’, verde maduras, utilizadas por Almeida et al. (2006) apresentavam-se com grau de maturidade inferior ao das bananas ‘Maçã’, verde maduras, trabalhadas no presente estudo, o que proporcionou no trabalho de Almeida et al. (2006) uma maior efetividade da ação de 50nL.L^{-1} de 1-MCP no prolongamento da vida pós-colheita dos frutos armazenados sob refrigeração.

A Figura 1 representa o comportamento respiratório dos frutos durante a maturação. Observar-se que houve um comportamento semelhante entre os frutos submetidos a 50nL.L^{-1} de 1-MCP e o controle, os quais apresentaram aumento na taxa respiratória a partir do 6º dia de armazenamento refrigerado, entretanto, frutos tratados com 50nL.L^{-1} de 1-MCP não apresentaram um pico climatérico nítido como os frutos controle, com menor produção de CO_2 nesta fase. Os frutos submetidos a 100, 150 e 200nL.L^{-1} apresentaram comportamento respiratório semelhante entre si, com início da ascensão respiratória somente no 25º dia de armazenamento, próximo ao final do armazenamento refrigerado.

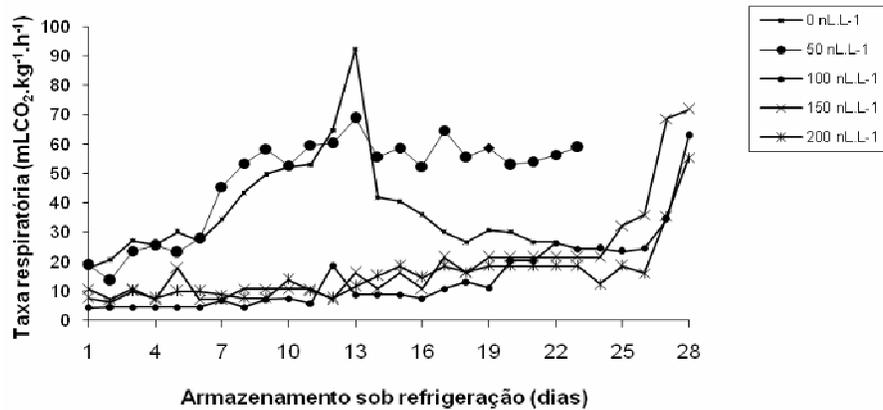


FIGURA 1 Taxa respiratória de bananas ‘Maçã’, submetidas a tratamentos com 1-metilciclopropeno (1-MCP) em diferentes concentrações (0,50,100,150 e 200nL.L⁻¹) no tempo de exposição de 9 horas, armazenadas sob refrigeração (temperatura = 13°C±1 e UR=80%±5) durante 28 dias.

Estes resultados coincidem com os de prolongamento na vida pós-colheita, pois os frutos controle e tratados com 50nL.L⁻¹ antecederam os demais na ascensão respiratória e no início do amadurecimento.

Trabalhos mostram (Golding et al., 1998, Lohani et al., 2004) que o metabolismo respiratório, em frutos climatéricos, é uma via dependente de etileno, desta forma, a aplicação de 1-MCP, um inibidor da ação do etileno, afeta não só a ação e produção deste composto como também as taxas respiratórias. O efeito do 1-MCP no atraso da ascensão respiratória e também na diminuição nas taxas de produção de CO₂ observadas no presente trabalho foi relatado em diversos trabalhos com uso de 1-MCP em bananas.

Pelayo et al. (2003), trabalhando com aplicação de 1000nL.L^{-1} por 24h em bananas 'Grand Nain' no grau 3-4 de coloração da casca (início do amadurecimento) com armazenamento a 20°C , observaram redução na taxa respiratória nestes frutos, entretanto, o pico climatérico foi nítido. Lohani et al. (2004) detectaram uma drástica redução na produção de CO_2 em bananas 'Robusta Harich-hal' tratadas no estádio verde maturo com 100nL.L^{-1} por 24 horas e armazenadas sob 22°C , durante o amadurecimento. Em trabalho com aplicação de 1-MCP em banana 'Maçã', Pinheiro et al. (2007) também detectaram redução na taxa respiratória em bananas 'Maçã' tratadas com 1-MCP e também não observaram pico climatérico nítido durante o amadurecimento. Estes resultados concordam com os apresentados no presente trabalho.

Em trabalho realizado por Pinheiro et al. (2007) onde os frutos foram submetidos a 50nL.L^{-1} de 1-MCP durante diferentes tempos (0-controle, 6, 9, 12 e 24h) e armazenados sob $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $80\%\pm 5$ UR, foram observados valores máximos de produção de CO_2 de $190\text{ mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ nos frutos controle e aproximadamente $90\text{ mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ nos frutos tratados com 1-MCP durante 9 horas. No presente trabalho, onde o armazenamento foi refrigerado, o máximo de produção de CO_2 nas bananas da cv. Maçã foi de $90\text{ mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ e $70\text{ mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ nos frutos controle e tratados durante 9 horas, respectivamente. Essa diferença na magnitude de produção de CO_2 se deve principalmente à diferença na temperatura de armazenamento.

Não foi verificado efeito significativo de diferentes concentrações de 1-MCP sobre a coloração da casca dos frutos maduros com base nos valores a^* e b^* ($p\leq 0,05$) (Tabela 2) o que sugere que as bananas apresentavam a mesma coloração ao final do amadurecimento.

TABELA 2 - Valor a*, valor b*, acidez titulável (AT - %), sólidos solúveis (SS - °Brix), açúcares solúveis totais (AST - %), pectina total (PT – mg ácido galacturônico.100g⁻¹), atividade da poligalacturonase (mol.açúcar redutor.g⁻¹ de polpa fresca.min⁻¹) de bananas ‘Maçã’ maduras, submetidas ao 1-MCP em diferentes concentrações por 9 horas e armazenadas sob refrigeração (13°C ±1 e 90% ±5 UR) durante 28 dias e posteriormente a 25 ± 1°C 85 ± 5% UR.

Concentrações de 1-MCP (nL.L ⁻¹)	Médias Das Variáveis						
	a*	b*	AT	SS	AST	PT	PG
0	4,10ns	52,94ns	0,34ns	18,7ns	15,33ns	691,22ns	875,50ns
50	3,66ns	51,97ns	0,32ns	20,0 ns	15,00ns	734,03ns	752,17ns
100	4,35ns	49,54ns	0,32ns	19,7ns	16,14ns	760,96ns	815,31ns
150	4,73ns	48,78ns	0,31ns	20,2ns	16,05ns	744,65ns	811,41ns
200	5,02ns	48,55ns	0,31ns	18,8ns	15,18ns	703,86ns	781,28ns

ns = não significativo pelo teste F (p≤0,05)

Observou-se valores médios de AST, SS e AT de 15,54% de glicose, 19°B e 0,32% ác. málico, respectivamente. Pinheiro et al. (2005 e 2006), encontraram valores médios de 17,8% de glicose, 24,8°B e 0,46% ác. málico em bananas ‘Maçã’ maduras, armazenadas sob condições ambientais de 25°C±1 e 80%±5 UR. Esta diferença entre os resultados pode ser explicada, provavelmente, pelas distintas épocas de cultivo da banana e/ou pelo efeito sinérgico do 1-MCP e refrigeração no controle de mudanças associadas ao amadurecimento, pois as concentrações de 1-MCP utilizadas nestes dois trabalhos foram as mesmas.

Não houve efeito significativo das diferentes concentrações de 1-MCP sobre as variáveis acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e açúcares

solúveis totais (AST) (Tabela 2), avaliadas nos frutos maduros, as quais estão associadas ao sabor dos frutos. Pinheiro et al. (2005 e 2006) ao trabalharem com aplicação destas mesmas concentrações de 1-MCP durante 12 h e armazenamento a $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ e $80\%\pm 5$ UR também não observaram diferença nos teores de SS entre os frutos tratados com 1-MCP e não tratados, e nos teores de AST entre os frutos tratados com 50 e 100nL.L^{-1} e o controle, em bananas ‘Maçã’ maduras. Almeida et al. (2006) também não observaram diferença no teor de AST entre os frutos tratados com 50nL.L^{-1} de 1-MCP durante 3, 6, 9, 12h e não tratados. Uma das mais flagrantes modificações durante o amadurecimento de bananas é a conversão de amido em açúcares com conseqüente aumento dos sólidos solúveis e adoçamento da polpa (Vilas Boas et al., 2001). O 1-MCP promoveu atraso no amadurecimento das bananas, entretanto as modificações, características do processo de amadurecimento, ocorreram normalmente nos frutos tratados, baseado nos teores de amido, AST, SS e AT.

Não se observou diferença significativa ($p<0,05$) no teor de pectina total (PT) e atividade da poligalacturonase entre bananas maduras tratadas e não tratadas com 1-MCP. Entretanto, verificou-se uma diminuição significativa ($p<0,05$) no teor de pectina solúvel (Figura 2) e atividade da PME (Figura 3) proporcional ao aumento da concentração de 1-MCP aplicada.

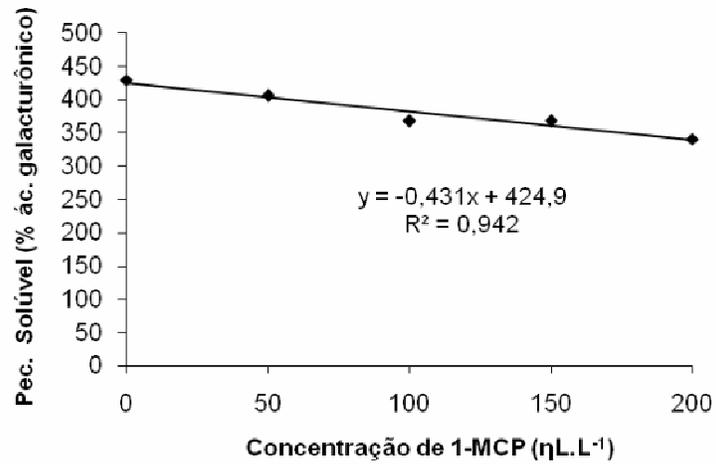


FIGURA 2 Valores de pectina solúvel de bananas ‘Maçã’ maduras, submetidas a tratamentos com 1-metilciclopropeno (1-MCP) em diferentes concentrações (0,50,100,150 e 200nL.L⁻¹) no tempo de exposição de 9 horas, armazenadas sob refrigeração (temperatura = 13°C±1 e UR=80%±5) durante 28 dias e posteriormente a 25°C e 80±5%UR, até atingirem grau 7 de coloração da casca (frutos completamente amarelos com manchas marrons).

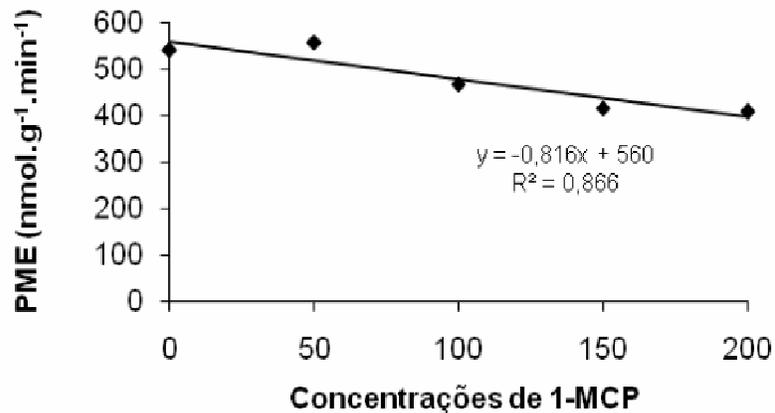


FIGURA 3 -Valores de atividade da pectinametilesterase-PME($\eta\text{mol NaOH.g}^{-1}$ de polpa fresca.min⁻¹) de bananas ‘Maçã’ maduras, submetidas a tratamento com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150 e 200nL.L⁻¹,) no tempo de exposição de 9 horas, armazenadas sob refrigeração(temperatura= $13^{\circ}\text{C}\pm 1$ e UR= $80\%\pm 5$) e posteriormente a 25°C e $80\pm 5\%$ UR, até atingirem grau 7 de coloração da casca (frutos completamente amarelos com manchas marrons).

Nota-se também, embora não proporcional ao aumento das concentrações utilizadas, uma tendência de menor redução na firmeza dos frutos tratados com 1-MCP (Figura 4).

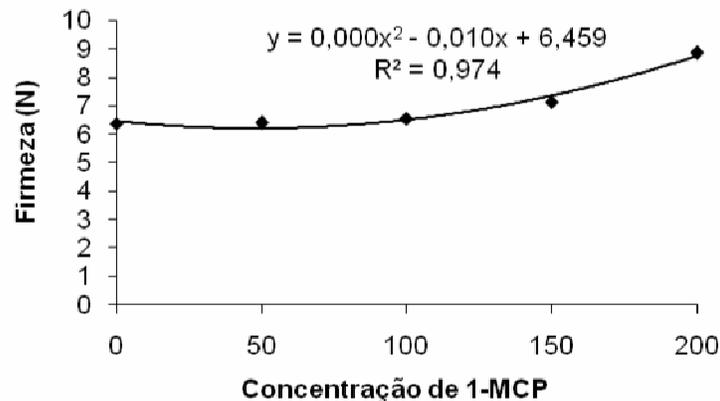


FIGURA 4 - Valores de firmeza (Newtons) de bananas ‘Maçã’ maduras, submetidas a tratamentos com 1-metilciclopropeno (1-MCP) em diferentes concentrações (0,50,100,150 e 200nL.L⁻¹) no tempo de exposição de 9 horas, armazenadas sob refrigeração (temperatura = 13°C±1 e UR=80%±5) durante 28 dias e posteriormente a 25°C e 80±5%UR, até atingirem grau 7 de coloração da casca (frutos completamente amarelos com manchas marrons).

A solubilização pécica, ocasionada pela ação de enzimas tais como a pectinametierase (PME) e poligalacturonase (PG), é uma das principais causas da perda de firmeza em tecidos vegetais. O 1-MCP tem sido associado à prevenção do amaciamento de frutos (Vilas Boas & Kader, 2001).

Estes resultados sugerem a efetividade do 1-MCP na prevenção do amaciamento. Almeida et al. (2006) e Pelayo et al. (2003) também observaram maiores valores de firmeza em frutos tratados com 1-MCP quando comparados aos não tratados.

Segundo Lohani et al. (2004), o menor amaciamento em bananas tratadas com 1-MCP está associado à menor atividade da PME, PG, endo- β -1,4-glucanase (EGase) e pectatoliase. Os resultados deste trabalho, relativos à atividade da PME, concordam com os apresentados por Lohani et al. (2004).

6 CONCLUSÕES

A aplicação de 100, 150 e 200nL.L⁻¹ de 1-MCP em bananas ‘Maçã’ (verde maduras), durante 9 horas, retarda o início do amadurecimento em aproximadamente 13,5 dias, quando armazenadas sob refrigeração (13°C±1), sem causar mudanças na cor da casca (valores a* e b*), acidez titulável, açúcares solúveis totais, sólidos solúveis, pectina total e atividade da poligalacturonase, nos frutos maduros, comparado aos frutos não tratados.

A aplicação de 100, 150 e 200nL.L⁻¹ de 1-MCP retarda a ascensão respiratória, além de promover menor atividade da pectinametilesterase e solubilização péctica com conseqüente manutenção da firmeza.

7 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, entidades governamentais promotoras do desenvolvimento científico e tecnológico.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. C.; VILAS BOAS, E. V. de B.; RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. Atraso do amadurecimento de banana 'Maçã' pelo 1-MCP, aplicado previamente a refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 319-321, 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria nº 354 de 11 de agosto de 2006**. Disponível em:
<<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B17161-1-0%5D.PDF>>.
Acesso em: 10 mar. 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12.ed. Washington, 2002. 11.115 p.

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

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

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

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.

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

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows, versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 235.

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**, v. 14, p. 87-98, 1998.

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, 2000.

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.

LOHANI, S.; TRIVEDI, P. K.; NATH, P. Changes in activities of cell wall hydrolases during ethylene-induced ripening in banana: effect of 1-MCP, ABA and AIA. **Postharvest Biology and Technology**, v. 34, p. 119-126, 2004.

MARKOVIC, O.; HEINRICOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, London, v. 40, 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. 1586-1 588, Dec. 1952.

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**, v. 28, p. 75-85, 2003.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS E. V. de B.; ALVES, A. de P; LA SELVA, M. Amadurecimentos de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-Metilciclopropeno (1-MCP), **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, São Paulo, v. 29, n. 1, p.1-4, 2007.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C.T. Ação do 1-Metilciclopropeno(1-MCP) na vida de prateleira da banana 'Maçã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 1, p. 25-28, abr. 2005.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; MESQUITA, C. T.; DOLL, E. T. Pós-colheita de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-metilciclopropeno e armazenadas a temperatura ambiente. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, -MG, v. 30, n. 2, p. 323-320, 2006.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS E. V. de B.; ALVES, A. de P; LA SELVA, M. Amadurecimentos de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-Metilciclopropeno (1-MCP), **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, São Paulo, v. 29, n. 1, p.1-4, 2007.

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.

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. de B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de banana 'Prata' γ -irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 599-607, 1996.

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

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 avaliado no prolongamento da vida pós-colheita e na manutenção da qualidade de produtos vegetais. Ele inibe a ação do etileno, bloqueando seus sítios receptores, presentes nas células vegetais.

Analisando-se, em conjunto, os resultados obtidos no presente trabalho, que estudou a influência do 1-MCP na vida pós-colheita de bananas 'Maçã', pode-se observar que o 1-MCP prolongou a vida pós-colheita dos frutos, sem, no entanto, alterar a evolução do processo de amadurecimento destes frutos. Observou-se que ao longo do período de armazenamento dos frutos, a despeito da aplicação de 1-MCP, amarelecimento da casca, perda de massa, conversão do amido em açúcares com conseqüente acúmulo de sólidos solúveis, aumento nos teores da acidez, juntamente com o amaciamento e solubilização de substâncias pécticas associados ao aumento na atividade da pectinametilesterase e poligalacturonase.

A utilização do 1-MCP nas doses 200nL.L^{-1} de 1-MCP (durante 9 horas) promoveu prolongamento na vida pós-colheita dos frutos, armazenados sob 13°C , igual aos tratamentos nas doses 100 e 150nL.L^{-1} . A aplicação de 50nL.L^{-1} durante 24 horas, embora tenha ditado maior vida pós-colheita nas bananas 'Maçã', igual nos frutos tratados durante 12 horas, ocasionou diminuição na aceitabilidade sensorial das bananas, tanto no grau 4 de coloração da casca (frutos mais verdes que amarelos) quanto no grau 7 (frutos completamente maduros com pontuações marrons/aptos ao consumo).

Assim, a aplicação de 50nL.L^{-1} de 1-MCP durante 9 ou 12 horas é a mais indicada para o armazenamento de bananas 'Maçã' sob temperatura

ambiente (22 a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR), pois promove efetivamente o prolongamento da fase pré-climatérica e, conseqüentemente, a vida pós-colheita dos frutos, sem alterar a aceitabilidade sensorial dos frutos, tanto no grau 4 de coloração da casca (frutos mais verdes que amarelos) quanto nos frutos no grau 7 (frutos completamente amarelos com pontuações marrons/aptos ao consumo). E, para o armazenamento refrigerado (13°C) de bananas ‘Maçã’, a aplicação de 100 ou 150nL.L^{-1} de 1-MCP (durante 9 horas) atua eficientemente no prolongamento da vida pós-colheita e na manutenção da qualidade dos frutos, quando maduros.

ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A	Análise de variância e respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis açúcares solúveis totais (AST), sólidos solúveis (SS) e pectina total de bananas ‘Maçã’, no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200nL.L ⁻¹ de 1-MCP) por 9 horas, armazenadas sob refrigeração (13°C) durante 28 dias e posteriormente a 25 ± 1°C 85 ± 5% UR..... 125
TABELA 2A	Análise de variância e respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis pectina solúvel (PS), atividade da pectinametilsterase (PME) e poligalacturonase (PG) de bananas ‘Maçã’, no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200nL.L ⁻¹ de 1-MCP) por 9 horas, armazenadas sob refrigeração (13°C) durante 28 dias e posteriormente a 25 ± 1°C 85 ± 5% UR..... 126
TABELA 3A	Análise de variância e respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis valor a*, valor b* e firmeza de bananas ‘Maçã’, no grau 7

de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200nL.L⁻¹ de 1-MCP) por 9 horas, armazenadas sob refrigeração (13°C) durante 28 dias e posteriormente a 25 ± 1°C 85 ± 5% UR..... 127

TABELA 4A Análise de variância e respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios da variável número de dias gastos para atingir grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo) de bananas ‘Maçã’ submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200nL.L⁻¹ de 1-MCP) por 9 horas, armazenadas sob refrigeração (13°C) durante 28 dias e posteriormente a 25 ± 1°C 85 ± 5% UR..... 128

TABELA 5A Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis açúcares solúveis totais (AST), acidez titulável (AT), pH e sólidos solúveis (SS), em diferentes graus de coloração da casca de bananas ‘Maçã’, submetidas ao tratamento com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5 UR..... 129

TABELA 6A Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis valor a* e b*, em diferentes graus de coloração da casca, de bananas ‘Maçã’, submetidas ao

	tratamento com 50nL.L ⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5 UR.....	130
TABELA 7A	Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis número de dias gastos para o início do amadurecimento e número de dias gastos para atingir grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo) de bananas ‘Maçã’, submetida ao tratamento com 50nL.L ⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5UR.....	131
TABELA 8A	Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis amido, açúcares solúveis totais (AST) e firmeza de bananas ‘Maçã’, no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetida ao tratamento com 50nL.L ⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5UR.....	132
TABELA 9A	Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios da variável perda de massa de bananas ‘Maçã’, no início e no final do amadurecimento (grau 7 de coloração da casca; frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetida ao tratamento com 50nL.L ⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de	

	aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5UR.....	133
TABELA 10A	Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis número de dias gastos para o início do amadurecimento e número de dias gastos para atingir grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo) de bananas ‘Maçã’, submetida ao tratamento com 50nL.L ⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5UR.....	134
TABELA 11A	A Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis aparência e intenção de compra de bananas ‘Maçã’, no grau 4 de coloração da casca (frutos mais verdes que maduros), submetidas ao tratamento com 50nL.L ⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5 UR.....	135
TABELA 12A	A Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis aparência, descasque, aroma e sabor de bananas ‘Maçã’, no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetidas ao tratamento com 50nL.L ⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5 UR.....	136

TABELA 13A	Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis firmeza, aspecto global e intenção de compra de bananas ‘Maçã’, no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetidas ao tratamento com 50nL.L ⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5 UR.....	137
------------	---	-----

ANEXOS A

TABELA 1A - Análise de variância e respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis açúcares solúveis totais (AST), sólidos solúveis (SS) e pectina total de bananas ‘Maçã’, no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200nL.L⁻¹ de 1-MCP) por 9 horas, armazenadas sob refrigeração (13°C) durante 28 dias e posteriormente a 25 ± 1°C 85 ± 5% UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância		
		Variáveis		
		AST	SS	PT
Tratamento (1-MCP)	4	0,6953ns	0,3573ns	0,2976ns
Erro	25			
Total corrigido	29			
CV (%)		11,57	8,41	8,53
Média Geral		5,174	1,950	726,95

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

TABELA 2A - Análise de variância e respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis pectina solúvel (PS), atividade da pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) de bananas 'Maçã', no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200nL.L⁻¹ de 1-MCP) por 9 horas, armazenadas sob refrigeração (13°C) durante 28 dias e posteriormente a 25 ± 1°C 85 ± 5% UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância		
		Variáveis		
		PS	PME	PG
Tratamento (1-MCP)	4	0,0205*	0,0005**	0,3556ns
Erro	25			
Total corrigido	29			
CV (%)		11,98	13,4	13,0
Média Geral		381,83	479,33	807,14

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

TABELA 3A - Análise de variância e respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis valor a*, valor b* e firmeza de bananas ‘Maçã’, no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200nL.L⁻¹ de 1-MCP) por 9 horas, armazenadas sob refrigeração (13°C) durante 28 dias e posteriormente a 25 ± 1°C 85 ± 5% UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância		
		Variáveis		
		Valor a*	Valor b*	Firmeza
Tratamento (1-MCP)	4	0,0748ns	0,516ns	0,0437
Erro	25			
Total corrigido	29			
CV (%)		19,13	5,65	23,37
Média Geral		4,37	50,36	1,57

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

TABELA 4A - Análise de variância e respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios da variável número de dias gastos para atingir grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo) de bananas 'Maçã' submetidas a tratamentos com 1-MCP em diferentes concentrações (0, 50, 100, 150, 200nL.L⁻¹ de 1-MCP) por 9 horas, armazenadas sob refrigeração (13°C) durante 28 dias e posteriormente a 25 ± 1°C 85 ± 5% UR.

Causas de variação	Níveis de significância	
	GL	Variável
		Dias para atingir grau 7
Tratamento (1-MCP)	4	0,0000**
Erro	25	
Total corrigido	29	
CV (%)		21,26
Média Geral		18,2

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

TABELA 5A - Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis açúcares solúveis totais (AST), acidez titulável (AT), pH e sólidos solúveis (SS), em diferentes graus de coloração da casca de bananas 'Maçã', submetidas ao tratamento com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5 UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância			
		Variáveis			
		AST	AT	pH	SS
Tratamento (1-MCP)	4	0,8581ns	0,0097**	0,2508ns	0,8767ns
Graus	2	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,0000**
Tratamento x graus	8	0,1466ns	0,0032**	0,1005ns	0,9996ns
Erro	30				
Total corrigido	44				
CV (%)		14,15	7,80	4,69	13,02
Média Geral		9,569	0,370	5,012	14,78

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

TABELA 6A - Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis valor a* e b*, em diferentes graus de coloração da casca, de bananas 'Maçã', submetidas ao tratamento com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5 UR.

Causas de variação	Níveis de significância		
	GL	Variáveis	
		Valor a	Valor b
Tratamento (1-MCP)	4	0,0000**	0,1529ns
Graus	2	0,0000**	0,0000**
Tratamento x graus	8	0,0000**	0,1329ns
Erro	30		
Total corrigido	44		
CV (%)		-32,88	3,59
Média Geral		-2,170	42,98

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

TABELA 7A - Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis número de dias gastos para o início do amadurecimento e número de dias gastos para atingir grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo) de bananas 'Maçã', submetida ao tratamento com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância	
		Variáveis	
		Dias para início do amadurecimento	Dias para atingir grau 7
Tratamento (1-MCP)	4	0,0000**	0,0000**
Erro	20		
Total corrigido	24		
CV (%)		14,4	6,87
Média Geral		8,85	13,41

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

TABELA 8A - Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis amido, açúcares solúveis totais (AST) e firmeza de bananas 'Maçã', no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetida ao tratamento com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância		
		Variáveis		
		Amido	AST	Firmeza
Tratamento (1-MCP)	4	0,0000**	0,0000**	0,0014**
Erro	20			
Total corrigido	24			
CV (%)		9,32	3,7	10,73
Média Geral		2,6	19,33	3,00

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

TABELA 9A - Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios da variável perda de massa de bananas ‘Maçã’, no início e no final do amadurecimento (grau 7 de coloração da casca; frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetida ao tratamento com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância
		Variáveis
		Perda de massa
Tratamento (1-MCP)	4	0,0000**
Tempo	1	0,0000**
Tratamento x tempo	20	0,091ns
Erro	20	
Total corrigido	29	
CV (%)		11,93
Média Geral		-2,170

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

TABELA 10A - Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis número de dias gastos para o início do amadurecimento e número de dias gastos para atingir grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo) de bananas 'Maçã', submetida ao tratamento com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância	
		Variáveis	
		Dias para início do amadurecimento	Dias para grau 7
Tratamento	4	0,000**	0,000**
Erro	195		
Total corrigido	199		
CV (%)		22,72	12,57
Média Geral		10,945	18,245

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

TABELA 11A - Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis aparência e intenção de compra de bananas ‘Maçã’, no grau 4 de coloração da casca (frutos mais verdes que maduros), submetidas ao tratamento com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5 UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância	
		Variáveis	
		Aparência	Intenção de compra
Tratamento	4	0,002**	0,0268*
Provador	73		
Erro	122		
Total corrigido	199		
CV (%)		15,59	22,72
Média Geral		6,395	3,475

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

TABELA 12A - Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis aparência, descasque, aroma e sabor de bananas ‘Maçã’, no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetidas ao tratamento com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5 UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância			
		Variáveis			
		Aparência	Descasque	Aroma de banana	Sabor de banana
Tratamento	4	0,0044**	0,1609ns	0,0506ns	0,2505ns
Provedor	39	0,5515ns	0,1804ns	0,3989ns	0,2328ns
Erro	156				
Total corrigido	199				
CV (%)		17,63	15,81	15,62	22,21
Média Geral		7,065	7,460	7,570	7,110

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

TABELA 13A - Análise de variância com respectivos níveis de significância, coeficiente de variação e valores médios das variáveis firmeza, aspecto global e intenção de compra de bananas 'Maçã', no grau 7 de coloração da casca (frutos completamente maduros com manchas marrons/aptos ao consumo), submetidas ao tratamento com 50nL.L⁻¹ de 1-MCP em diferentes tempos de aplicação (0, 6, 9, 12 e 24 horas) armazenadas 25°C ± 1e 80% ± 5 UR.

Causas de variação	GL	Níveis de significância		
		Variáveis		
		Firmeza	Aspecto global	Intenção de compra
Tratamento	4	0,2669ns	0,0703ns	0,0351*
Provador	39	0,5480ns	0,2674ns	0,5639ns
Erro	156			
Total corrigido	199			
CV (%)		16,39	15,80	23,09
Média Geral		7,615	7,370	4,015

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

ANEXO B	Página
FIGURA 1B Ficha de avaliação sensorial da aceitabilidade da aparência e intenção de compra de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-MCP.....	139
FIGURA 2B Ficha de avaliação sensorial da aceitabilidade em relação ao descasque, sabor, aroma, firmeza, aspecto global e intenção de compra de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-MCP.....	140

ANEXOS B

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL		
Nome:		
Data:		
Por favor, avalie utilizando a escala abaixo, a aparência externa da banana.		
9 – gostei extremamente	Amostra	Nota para aparência
8 – gostei muito		
7 – gostei moderadamente	_____	_____
6 – gostei ligeiramente		
5 – nem gostei/nem desgostei		
4 – desgostei ligeiramente		
3 – desgostei moderadamente		
2 – desgostei muito		
1 – desgostei extremamente		
Comentários: _____		
Agora, utilizando a escala abaixo, avalie sua intenção de compra com relação ao produto.		
5 – certamente compraria	Amostra	Intenção de compra
4 – provavelmente compraria		
3 – talvez comprasse/talvez não comprasse	_____	_____
2 – provavelmente não compraria		
1 – certamente não compraria		

FIGURA 1B Ficha de avaliação sensorial da aceitabilidade da aparência e intenção de compra de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-MCP.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Nome: _____ Data: _____

Por favor, avalie utilizando a escala abaixo, na seguinte ordem: o descasque, o aroma, o sabor, a firmeza da polpa e o aspecto global.

Amostra	Descasque	Sabor	Aroma	Firmeza	Aspecto global
_____	_____	_____	_____	_____	_____

9 – gostei extremamente
8 – gostei muito
7 – gostei moderadamente
6 – gostei ligeiramente
5 – nem gostei/nem desgostei
4 – desgostei ligeiramente
3 – desgostei moderadamente
2 – desgostei muito
1 – desgostei extremamente

Comentários: _____

Agora, utilizando a escala abaixo, avalie sua intenção de compra com relação ao produto.

	Amostra	Intenção de compra
5 – certamente compraria	_____	_____
4 – provavelmente compraria	_____	_____
3 – talvez comprasse/talvez não comprasse	_____	_____
2 – provavelmente não compraria	_____	_____
1 – certamente não compraria	_____	_____

FIGURA 2B Ficha de avaliação sensorial da aceitabilidade em relação ao descasque, sabor, aroma, firmeza, aspecto global e intenção de compra de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-MCP.