



**APLICAÇÃO DE 1-METILCICLOPROPENO
EM BANANA 'PRATA-ANÃ' ARMAZENADA
SOB BAIXA TEMPERATURA SEGUIDA DE
CLIMATIZAÇÃO**

ALENIR NAVES DE SALES

2002

ALENIR NAVES DE SALES

**APLICAÇÃO DE 1-METILCICLOPROPENO EM BANANA 'PRATA-
ANÃ' ARMAZENADA SOB BAIXA TEMPERATURA SEGUIDA DE
CLIMATIZAÇÃO**

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

Orientadora:

Dra. Neide Botrel Gonçalves

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2002**

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

Sales, Alenir Naves de

Aplicação de 1-metilciclopropeno em banana 'Prata-Anã' armazenada
sob baixa temperatura seguida de climatização / Alenir Naves de Sales. --
Lavras : UFLA, 2002.

69 p. : il.

Orientador: Neide Botrel Gonçalves.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Banana. 2. Armazenamento. 3. 1-MCP. 4. Pós-colheita. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.77268

ALENIR NAVES DE SALES

**APLICAÇÃO DE 1-METILCICLOPROPENO EM BANANA 'PRATA-
ANÃ' ARMAZENADA SOB BAIXA TEMPERATURA SEGUIDA DE
CLIMATIZAÇÃO**

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

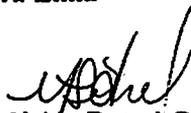
APROVADA em 31 de maio de 2002

Profa. Ana Helena Romaniello Coelho

UFLA

Prof. Luiz Carlos de Oliveira Lima

UFLA



**Dra. Neide Botrel Gonçalves
Embrapa Agroindústria de Alimentos
(Orientadora)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

DEDICO

A Deus, e a
Mateus e Livia, com amor
Inexprimível

Aos meus pais, Ascendino e
Lázara, e aos meus irmãos.
Ao meu marido Gilmar.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pelas maravilhas de Sua Criação, palidamente elucidadas pela Ciência.

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

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Dra. Neide Botrel Gonçalves, pela orientação, pela compreensão diante dos obstáculos do percurso e pelas lições de Ciência e de Vida.

À Profa. Dra. Vânia Déa de Carvalho, que indicou o caminho e incentivou a caminhada.

Ao Professor Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima, pelo apoio imprescindível e porque, a despeito de suas muitas atribuições, sempre nos atendeu prontamente.

À Profa. Dra. Ana Helena Romaniello Coelho, pelas sugestões, apoio e amizade estabelecida.

Ao Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes, pela orientação nas análises estatísticas.

À Empresa ROHM & HAAS, pelo fornecimento do 1-MCP para o desenvolvimento deste trabalho.

À colega Heloísa Helena de Siqueira, pelo auxílio na execução das análises laboratoriais.

Ao Dr. Rogério Amaro Gonçalves, pelo auxílio em estatística, pela agradável convivência e demais contribuições.

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

A todos aqueles que colaboraram, o meu sincero agradecimento.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	I
ABSTRACT	II
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A origem da bananeira.....	3
2.2 Características da planta e do fruto.....	4
2.3 Valor nutricional.....	5
2.4 Maturação: aspectos físicos, químicos e bioquímicos.....	7
2.4.1. Relação polpa/casca e umidade.....	8
2.4.2 Firmeza.....	9
2.4.3 Acidez total titulável e pH.....	9
2.4.4 Sólidos solúveis totais (SST) e SST/ATT.....	10
2.4.5 Carboidratos (Amido e açúcares).....	10
2.4.6 Vitamina C total.....	12
2.4.7 Compostos fenólicos.....	14
2.4.8 Pectina solúvel e total.....	14
2.4.9 Pectinametilsterase e Poligalacturonase.....	16
2.5 Os efeitos do etileno e os benefícios do 1-MCP.....	17
2.6 Amadurecimento natural e climatização.....	20
2.7 Fatores que influenciam no processo de climatização.....	22
2.7.1 Temperatura.....	22
2.7.2 Umidade relativa do ar.....	23
2.7.3 Gás ativador do amadurecimento.....	23
2.7.4 Ar atmosférico.....	24
2.7.5 Circulação do ar e exaustão.....	25
2.8 Fases da climatização.....	26
2.8.1 Primeira fase do amadurecimento.....	26
2.8.2 Segunda fase do amadurecimento.....	26
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Amostra.....	29
3.2 Tratamento.....	30
3.3 Avaliações físicas, químicas e físico-químicas.....	30
3.3.1 Relação polpa/casca.....	30
3.3.2 Firmeza.....	31
3.3.3 pH.....	31
3.3.4 Umidade.....	31
3.3.5 Sólidos solúveis totais.....	31
3.3.6 Acidez total titulável.....	31
3.3.7 Relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável.....	31
3.3.8 Amido.....	31
3.3.9 Açúcares solúveis totais.....	32
3.3.10 Pectina solúvel e total.....	32

3.3.11 Determinação de compostos fenólicos	32
3.3.12 Determinação de vitamina C total	32
3.3.13 Pectinametilesterase (PME) – nmol g ⁻¹ . min ⁻¹	33
3.3.14 Poligalacturonase (PG) – nmol g ⁻¹ min ⁻¹	33
3.4 Delineamento experimental	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Relação polpa/casca	34
4.2 Firmeza	35
4.3 Umidade	36
4.4 pH	37
4.5 Acidez total titulável	38
4.6 Sólidos solúveis totais	40
4.7 Relação SST/ATT	41
4.8 Amido e Açúcares	43
4.9 Vitamina C total	46
4.10 Compostos fenólicos	47
4.11 Pectinas	49
4.12 Pectinametilesterase (PME) e Poligalacturonase (PG)	52
5 CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXO	66

RESUMO

SALES, Alenir Naves de. **Aplicação de 1-metilciclopropeno em banana 'Prata-Anã' armazenada sob baixa temperatura seguida de climatização** Lavras: UFLA, 2002. 69p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos)¹.

A banana é a fruta de maior produção e comercialização mundial, sendo o Brasil o segundo maior produtor. Porém, a sua precária estrutura comercial é um dos principais fatores que fazem com que a participação do Brasil nas exportações seja insignificante. No presente estudo, visou-se verificar o efeito do 1-metilciclopropeno (1-MCP), um produto bloqueador do etileno, sobre a qualidade da banana 'Prata-Anã'. Os frutos foram provenientes de Janaúba, Norte de Minas Gerais, Brasil. Os frutos foram colhidos no estágio de maturação 1, que corresponde ao estágio verde, e separados em grupos de acordo com os dois diferentes calibres; cada parcela foi composta por um buquê de seis dedos com quatro repetições para cada tratamento. Foram utilizados 4 níveis de 1-MCP: 0, 30, 60 e 90 ng/g. O 1-MCP foi utilizado na formulação pó, na concentração de 0,14% de ingrediente ativo. Os frutos foram armazenados por um período de 20 dias, à temperatura de 12°C. Após esta etapa, realizou-se a climatização dos frutos, com exceção do grupo controle, com 1,5% da mistura etil 5 e temperatura de 17°C, durante 24 horas. Os frutos foram colocados em temperatura ambiente (23°C) e, após 93 horas, avaliados em seus aspectos físico-químicos. O 1-MCP foi eficiente em retardar o amadurecimento dos frutos em todos os níveis utilizados, sobressaindo-se 60 e 90 ng/g e os frutos com calibre maior. Portanto, aplicações de 1-MCP podem estender a vida pós-colheita de banana 'Prata-Anã' sem alterar a qualidade final do produto.

¹ Comitê orientador: Neide Botrel Gonçalves (Embrapa Agroindústria de Alimentos - orientadora); Luiz Carlos de Oliveira Lima - UFLA.

ABSTRACT

SALES, Alenir Naves de. Application of 1-methylcyclopropene on bananas Prata-Anã stored at low temperature followed by climatization (Dissertation – Master in Food Science)

The banana is the most widely grown and marketed fruit in the world, Brazil being the second greatest producer. But its precarious commercial structure is one of the main factors causing Brazil's participation in exports to be insignificant. In the present study, the effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP), an ethylene synthesis-blocking product, on the quality of the banana Prata anã was aimed to verify. The fruits came from Janaúba, Northern Minas Gerais, Brazil. The fruits were harvested in maturation stage 1, corresponding to the green stage and separated into groups according to the two different calibers and each plot was made up of a bouquet of six fingers with four replicates per each treatment. Four levels of 1-MCP: 0, 30, 60 and 90ng/g 1-MCP were utilized in the powder-formulation at the concentration of 0,14% of active ingredient. The fruits were stored for a period of 20 days at the temperature of 12°C. After this step, climatization of the fruits, with the exception of the control group, was carried out with 1.5% of the mixture ethyl and temperature of 17°C for 24 hours. The fruits were placed at room temperature (23°C) for 93 hours and evaluated in their physical-chemical features. 1-MCP was enough to delay fruits' ripening at all the levels utilized, outstanding 60 and 90 ng/g and fruits with a larger caliber. Therefore, applications of 1-MCP may extend post-harvest life of banana 'Prata Anã' without altering the final quality of the product.

Guidance committee: Neide Botrel Gonçalves (Adviser - Embrapa Agroindústria de Alimentos); Luiz Carlos de Oliveira Lima - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Importante ramo da agricultura, a fruticultura é responsável pela produção de alimentos de alto valor nutritivo. Tendo em vista os aspectos econômicos e sociais, ocupa lugar de destaque no agronegócio, tornando-se preferência de um número cada vez maior de agricultores. Dentre as frutíferas cultivadas no Brasil, a banana ocupa o segundo lugar, após os citros e, no comércio mundial, apresenta o maior volume de vendas por ser consumida também nas regiões frias e temperadas, adquirindo, por isso, papel relevante nas exportações.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de banana, com 6,8 milhões de toneladas anuais (Agrianual, 2001), sendo que o estado de Minas Gerais tem uma participação significativa, com destaque para a cultivar 'Prata', tanto na produção quanto na comercialização. Todavia, a perecibilidade do fruto, aliada à sua elevada sensibilidade a choques físicos e à rapidez de maturação, conferem à fruta uma característica de comércio de vizinhança, apesar de existir uma crescente demanda de frutas tropicais em mercados internacionais mais distantes, como, por exemplo, os Estados Unidos, que importam 40% do volume comercializado no mundo. Portanto, é necessário desenvolver e/ou aperfeiçoar técnicas de cultivo, colheita e pós-colheita, garantindo, assim, um produto final de melhor qualidade, que satisfaça as exigências dos países importadores e coloque o Brasil em condições de competitividade com os grandes exportadores da fruta, como, por exemplo, o Equador, a Costa Rica, a Colômbia e as Filipinas.

Em se tratando de pós-colheita, um dos fatores que constituem entrave à exportação do produto diz respeito à produção de etileno endógeno, que acelera os processos normais de amadurecimento, diminuindo a vida pós-colheita. Vários estudos têm sido realizados no sentido de prolongar a vida pós-colheita do fruto, tais como o uso de refrigeração, associado à atmosfera controlada e/ou

modificada, entre outros. Porém, muitas vezes essas práticas não são suficientes para garantir uma maior vida útil da fruta quando esta é comercializada em mercados mais distantes, necessitando-se buscar outras alternativas complementares.

Estudos recentes têm demonstrado que um novo produto, o 1-metilciclopropeno (1-MCP), tem um efeito inibidor sobre a ação do etileno, retardando o amadurecimento e a senescência de frutos, tendo sido testado também em flores e hortaliças com resultados satisfatórios, havendo expectativas de o produto ser a próxima revolução na tecnologia pós-colheita. Em bananas, alguns poucos trabalhos têm mostrado eficiência na extensão da vida pós-colheita do fruto.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do 1-MCP sobre a composição química da banana 'Prata-Anã' armazenada, com posterior climatização. bem como verificar a melhor concentração do produto na inibição do amadurecimento do fruto e o calibre ideal para a aplicação do 1-MCP.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A origem da bananeira

Planta da espécie *Musa paradisiaca* L., da família das musáceas, a banana é originária da Índia, onde surgiu há milhares de anos. Nos primórdios, a banana possuía sementes, mas, com o passar do tempo, foram sendo selecionadas as cultivares sem sementes para o cultivo. Hoje, com exceção de raríssimas variedades silvestres e aquelas utilizadas em trabalhos de melhoramentos de plantas, não é mais possível encontrar bananas com sementes, e a sua propagação se faz exclusivamente por processo vegetativo. (Soto-Ballester, 1992).

Trazida para o Ocidente pelos comerciantes árabes, que a batizaram de "banan" (que quer dizer "dedo"), ela era usada como principal alimento durante as viagens marítimas desse povo. Das costas do Atlântico, das Ilhas Canárias e das matas da Índia e da Indochina, onde começou a ser cultivada, a banana chegou até o Brasil com os portugueses e espanhóis.

A palavra banana é de origem africana, e supõe-se que os navegantes portugueses, tratando de encontrar uma rota para a China, há mais de 500 anos, desembarcaram em Guiné, onde observaram que os nativos cultivavam bananas. Satisfeitos com seu excelente sabor, dedicaram-se a propagar a cultura em territórios sob seu domínio, mantendo o nome banana, "banano", ainda que se aceitem outros nomes, como "plátano", "guíneo", "bananare", etc. (Soto-Ballester, 1992).

Sendo a banana uma fruta adaptável a climas que vão do tropical úmido ao subtropical seco, não foi difícil a sua difusão na Ásia e nas Américas (FAO, 1986-1994).

2.2 Características da planta e do fruto

A bananeira pode ser caracterizada como uma monocotiledônea pertencente à ordem *Scitamineae*, família *Musaceae*, subfamília *Musoideae*, gênero *Musa*, abrangendo entre 24 e 30 espécies. A bananeira, por ser uma frutífera de clima tropical, apresenta um maior desenvolvimento em condições de temperatura média anual elevada (igual ou superior a 22°C), precipitações pluviométricas anuais acima de 1200 mm e bem distribuídas. Apresenta um ciclo mais curto durante o período quente e úmido e mais longo no período frio e seco. Sendo assim, os cachos desenvolvem-se mais rapidamente nos meses quentes (Manica, 1997, citado por Fagundes & Yamanishi, 2001).

Dentre todas as espécies, a mais importante é a *Musa acuminata Colla*, considerada o ponto de partida de todas as bananeiras de frutos comestíveis, isoladamente ou com participação de outra espécie, originando híbridos (Medina, 1993). A bananeira “Prata”, uma cultivar triploíde do grupo AAB, caracteriza-se pelo seu alto porte, entre 4 e 6 metros, e baixo peso dos cachos, que variam de 6 a 15 kg (Gomes, 1980).

A bananeira, originária dos trópicos úmidos, contraria todas as regras de probabilidade: a fruta, principalmente a cv. Prata, adaptou-se muito bem ao clima de várias regiões brasileiras. Os frutos apresentam angulosidade definida, que reduz à medida que ocorre o enchimento do fruto. Entretanto, essa característica não desaparece por completo. O sabor ligeiramente ácido e a polpa de textura consistente conferem aos frutos dessa cultivar uma grande aceitação por parte dos consumidores, principalmente no mercado nacional (Rodrigues & Aboboreira, 1998 citado em Brazilian Fruit, 2000).

A banana Prata-Anã, cultivar do grupo AAB, é uma mutação natural originária de Santa Catarina, onde é conhecida como banana Enxerto; é ainda pouco conhecida e se encontra em ampla expansão, o que torna necessário a realização de estudos básicos como validação de algumas tecnologias

consagradas pela pesquisa para as cultivares do grupo AAA, subgrupo Cavendish (Rodrigues et al., 2001).

Considera-se que a banana está apta para a comercialização quando os frutos se encontram fisiologicamente desenvolvidos, ou seja, ao atingirem o estágio de desenvolvimento característico da cultivar. No entanto, esta não deve ser colhida madura, pois como fruta muito sensível ao transporte e por não se conservar por muito tempo, seu amadurecimento pós-colheita deve ser processado em câmaras de climatização, onde são submetidas à maturação sob controle de temperatura, umidade e ventilação, conseguindo-se um produto final de melhor qualidade e uniformemente amadurecido, de maior valor comercial. Para determinar o ponto de colheita, deve-se levar em consideração a distância e a que mercado se destina a fruta. De modo geral, o parâmetro adotado para determinar o ponto de colheita da banana é o grau fisiológico do fruto, que se baseia na sua aparência visual (magro; 3/4 magro; 3/4 normal; 3/4 gordo e gordo) ou no diâmetro da fruta, em que se mede o diâmetro do dedo central da segunda mão (magro = 30 mm; 3/4 magro = 32 mm; 3/4 normal = 34 mm, 3/4 gordo = 36 mm e gordo = 38 mm). De forma geral, os frutos devem ser colhidos ainda verdes, porém já desenvolvidos e as "quinhas" longitudinais pouco salientes (3/4 gordo). Para o mercado externo, prefere-se colher frutos um pouco mais magros que para o mercado interno (Moreira, 1987).

2.3 Valor nutricional

As bananas são principalmente uma fonte de carboidratos, mas existem outras características nutricionais importantes. Como o sódio encontra-se em quantidades muito baixas e a concentração de potássio é relativamente alta, as bananas podem ser de interesse em dietas baixas em sódio. Estes frutos poderiam ocupar um lugar na alimentação de pacientes obesos submetidos à dieta, para evitar alteração na tolerância à glicose. Normalmente, as bananas são

o único fruto permitido a pessoas que sofrem de úlceras pépticas. Também são recomendados para o tratamento de diarreia infantil, como fonte de carboidratos nas enfermidades do ílio e para aliviar colites. Tem sido sugerido que a ação terapêutica das bananas em condições tais como úlceras pépticas, enfermidades do ílio e constipação estão, de algum modo, relacionadas com seu conteúdo de aminas fisiologicamente ativas (catecolaminas), mas os ensaios clínicos não confirmam isto (Dee, 2001).

As bananas são uma fonte relativamente rica em ácido ascórbico e vitamina B₆ e já foi mencionado o possível papel das bananas na diminuição do nível de colesterol em seres humanos, devido ao seu conteúdo de beta-sitosterol. A composição nutricional da banana 'Prata-Anã' está registrada na Tabela 1.

TABELA 1 Composição nutricional da banana 'Prata-Anã' (Quantidade por 100 gramas)

Componentes básicos		Minerais:		Vitaminas	
Fibra alimentar	2,00 g	Potássio	379,00mg	Vitamina A	56,42 UI
Carboidratos	25,42 g	Cálcio	4,76 mg	Niacina B3	0,49 mg
Açúcar total	0,58 g	Ferro	0,36 mg	Vitamina B6	0,34 mg
Calorias	118,0	Fósforo	24,70 mg	Ácido fólico	0,04 mcg
Proteína	1,10 g	Sódio	0,20 mg		
Água	70,00 g				
Cinza	0,90 g				
Aminoácidos					
Alanina	0,05 g	Histidina	0,03 g	Prolina	0,04 g
Arginina	0,04 g	Isoleucina	0,04 g	Serina	0,04 g
Aspartato	0,10 g	Leucina	0,07 g	Treonina	0,04 g
Cistina	0,02 g	Lisina	0,05 g	Triptofano	0,02 g
Glutamato	0,09 g	Metionina	0,02 g	Tirosina	0,03 g
Glicina	0,05 g	Fenilalanina	0,04 g	Valina	0,05 g

Fonte: ABC Research - Toucan Trade Company - Setex/SEBRAE/MG - Plant Business 2000.

Além das propriedades citadas, as duas características que fazem da banana um fruto sensorialmente atrativo são a textura e o sabor. Como disse Forsyth (1980), “a suave textura da banana completamente madura, junto a seu sabor diferente, fazem uma combinação deliciosa”.

2.4 Maturação: aspectos físicos, químicos e bioquímicos

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

As bananas, após a colheita, continuam o seu processo metabólico normal, com liberação de CO₂, água e energia, juntamente com etileno e pequenas quantidades de ésteres voláteis (Loesecke, 1950; Handenburg, 1971). Os estudos sobre o início da maturação têm sido voltados para a investigação do papel do etileno no processo, já que este gás, além de iniciar o processo de maturação, é produzido de um modo natural em frutos (Palmer, 1971). No momento da colheita do fruto verde existe aproximadamente 0,2 µg/g de etileno. Antes de iniciar a maturação, a concentração de etileno aumenta abruptamente, chegando a valores de 0,5 µg/g (Burg & Burg, 1965).

A maturação da banana apresenta um tipo de respiração climatérica desde o momento da colheita, quando a taxa de respiração no fruto verde é de 20 mg CO₂/kg/hora; esta se eleva até 125 mg CO₂/kg/hora no pico climatérico, para logo descender para 100 mg CO₂/kg/hora à medida que a maturação prossegue (Haard, 1967; Palmer, 1971). A ação respiratória envolve a oxidação de carboidratos e, conseqüentemente, a liberação de calor, sendo que mudanças de cor na casca começam a ser visíveis quando a atividade respiratória atinge seu ápice. Aparentemente, o ciclo de Krebs está operando, já que durante o

climatério podem-se isolar mitocôndrias funcionais (Haard, 1967). A mudança na atividade respiratória indica uma alteração no metabolismo da via alternativa hexose monofosfato para a via glicolítica. A fosfofrutocinase, enzima chave na via glicolítica, é ativada com aumento da taxa respiratória, auxiliando o fruto a assimilar energia na forma de ATP, produzido a partir da degradação do amido e da oxidação das hexoses resultantes (Salunke et al., 1991).

2.4.1 Relação polpa/casca e umidade

Durante o amadurecimento da banana há uma variação no peso da polpa, que é devido a um aumento no seu teor de umidade, sendo que esta água é obtida a partir da casca e, provavelmente, também do engaço. Neste contexto, há uma perda de peso da casca, determinando, com o amadurecimento do fruto, um aumento na relação polpa/casca, relação esta denominada “coeficiente de amadurecimento”. O aumento nesta relação está relacionado com a concentração diferenciada de açúcares nos tecidos (Deullin & Monnet, 1956; Lizada et al., 1990; Vilas Boas, 1995).

Uma vez iniciada a maturação, a variação da taxa de transpiração em relação ao tempo é similar à curva climática da respiração. A água formada pelo metabolismo de carboidratos contribui para este aumento puro. Provavelmente mais significativa é a remoção de água da casca, pelo aumento da pressão osmótica. Este aumento está relacionado com o aumento na concentração de açúcar como consequência da hidrólise do amido. Esta transferência osmótica de umidade reflete na relação peso da polpa : peso de casca, que é de 1,2 a 1,6 em frutos verdes, subindo para 2,0 a 2,7 em frutos completamente maduros (Ryall & Lipton, 1972; Ryal & Pentzer, 1974).

A perda de umidade, fator de grande significado, ocorre através dos estômatos presentes na casca da banana. A transpiração é relativamente constante nos frutos verdes (fisiologicamente maduros). Em decorrência da

transpiração, o fruto perde massa durante o transporte e armazenamento, fator econômico muito importante quando os frutos são comercializados por peso (Ryall & Lipton, 1972; Ryal & Pentzer, 1974).

A determinação de umidade nos alimentos é de grande importância, pois a água exerce grande influência em várias características, tais como aparência, sabor, textura e susceptibilidade à deterioração dos alimentos. Além disso, ela solubiliza compostos importantes, como vitaminas, minerais, açúcares e ácidos, e permite o desenvolvimento de microrganismos que podem comprometer a segurança do alimento (Bobbio & Bobbio, 1995).

2.4.2 Firmeza

A textura torna-se macia com o decorrer do amadurecimento devido à ação de enzimas que atuam na hidrólise do amido, na transformação dos constituintes celulósicos, bem como na conversão da protopectina em pectina solúvel (Carvalho, 1984).

Choo & Choon (1972), citados por Hernandez (1985) encontraram uma alta correlação entre o conteúdo de sólidos solúveis em álcool e a textura de frutos de bananas. A maior parte destes sólidos é celulose, hemicelulose e pectinas, e a alta correlação indica que estes polímeros provavelmente contribuem significativamente para a textura do fruto. Segundo Barnell (1941), o conteúdo de hemicelulose é importante na textura da polpa. A alteração na textura durante a maturação é acompanhada de hidrólise dos ácidos poligalacturônicos, celulosos e hemiceluloses insolúveis das paredes celulares e da lamela média.

2.4.3 Acidez total titulável e pH

O teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminui com a maturação em decorrência do processo respiratório ou da conversão de açúcares, pois este período corresponde ao de maior atividade metabólica. Os ácidos

orgânicos constituem excelentes reservas energéticas do fruto, através de sua oxidação no ciclo de Krebs (Chitarra & Chitarra, 1990). Desta forma, a relação açúcares/ácidos aumenta durante a maturação na maioria dos frutos.

Segundo Lodh & Pantástico (1975) e Barnell (1941), a banana verde apresenta uma baixa acidez, a qual, embora aumente no início da maturação até um pico máximo, decresce levemente no fruto maduro, sendo que o pH da polpa possui o mesmo comportamento.

2.4.4 Sólidos solúveis totais (SST) e SST/ATT

Durante o amadurecimento do fruto de banana ocorre aumento no teor de SST devido à hidrólise do amido e da protopectina. Tais valores, segundo pesquisas de Pinto (1978) Carvalho (1984) e Chitarra & Chitarra (1984), variam de 0,92% a 22,36%.

Utilizando 1-MCP em banana 'Prata-Anã', Botrel et al (2002) observaram maior teor de sólidos solúveis totais no tratamento controle, demonstrando a eficiência do 1-MCP em retardar o amadurecimento dos frutos, sobretudo quando se utilizaram 90 ng/g do produto.

A relação SST/ATT também aumenta durante o amadurecimento dos frutos em decorrência do aumento no teor de SST e da variação na acidez (Pinto, 1978; Rossignoli, 1983; e Carvalho, 1984).

2.4.5 Carboidratos (amido e açúcares)

Os carboidratos desempenham papel importante como fontes de energia e unidades estruturais das células. Constituem a mais importante fonte energética devido ao seu alto consumo. A capacidade de se ligar à água e controlar a atividade de água dos alimentos é uma das mais importantes propriedades dos carboidratos (Fennema, 1993).

A degradação de amido é uma das características mais importantes

durante o processo de amadurecimento de frutos climatéricos (Konish et al., 1991). Na polpa da banana, a mudança mais marcante é a conversão de amido em açúcares (Forsyth, 1980). Segundo Loesecke (1950), o amido na polpa do fruto sofre uma rápida conversão no início do amadurecimento.

Sornsrivichai (1976), citado por Hernandez (1985), estudando algumas enzimas do metabolismo dos carboidratos, detectou, na polpa de bananas, sete enzimas que hidrolisam o amido: duas α -amilases, duas β -amilases e três fosforilases, dentre as quais houve um predomínio de atividade da β -amilase durante a fase inicial da maturação (Mao e Kinsella, 1981). As enzimas que participam da conversão sacarose-amido na polpa da banana foram estudadas por Shuckla et al (1973). Eles relataram a presença das seguintes enzimas: sacarose sintetase, sacarose-fosfato sintetase, invertases ácidas e neutras, ADPG-pirofosforilase, amido fosforilase, β -amilase, hexocinase, glicose-fosfato isomerase e fosfatases ácida e neutra. Singh & Sanwal (1975) encontraram três fosforilases na polpa de bananas maduras, mas somente duas na polpa do fruto verde.

Salminen & Young (1975) encontraram fosfofrutocinase, aldolase e glicose-6-fosfato desidrogenase na polpa de frutos durante a maturação. A concentração de frutose-1-6-difosfato aumentou 20 vezes no pico climatérico, enquanto os outros derivados fosfatos de açúcares só aumentaram 2,5 vezes. A atividade da fosfofrutocinase aumentou 2,5 vezes, enquanto a atividade das outras enzimas variou pouco. Tem-se reportado a presença de duas formas de fosfofrutocinase durante a maturação (Nair, 1981). Tem-se proposto que o aumento da respiração em 5 vezes durante o climatério se deve à ativação desta enzima.

Entre 20 e 25% da polpa do fruto verde fresco são amido. Em aproximadamente uma semana, período do processo de maturação, este amido é hidrolisado quase que completamente, de tal modo que a polpa da banana

madura passa a ter entre 1 e 2% de amido. Os açúcares, que constituem normalmente 1 a 2% da polpa das bananas verdes, aumentam para 15 a 20% na polpa madura. Os carboidratos totais diminuem entre 2 e 5% durante a maturação, supostamente por serem utilizados na respiração (Marriott, 1980; Marriott et al., 1981; Palmer, 1971).

A casca verde contém 3% de amido, que também se hidrolisa durante a maturação. Os principais açúcares na polpa da banana são sacarose, glicose e frutose. Também têm sido encontrados traços de maltose e β -frutossacarose (Forsyth, 1980). A sacarose constitui aproximadamente 70% dos açúcares totais e em torno de 50% em frutos supermaduros (Marriott et al., 1981; Ketiku, 1973).

O estudo realizado por Rossignoli (1983) mostrou valores médios de 22,84 e 2,38% de amido e de 2,82 e 15,89% de açúcares totais nos estádios verde e maduro, respectivamente.

Outro estudo, realizado por Carvalho (1984), demonstrou uma redução no teor de amido de 19,2 a 21,9% no fruto verde para 2,1 a 3,0 % na polpa madura. Houve um aumento de 0,95 a 1,30% dos açúcares totais na polpa dos frutos verdes para 18,23 a 19,03% nos maduros.

2.4.6 Vitamina C total

O ácido ascórbico, conhecido também como vitamina C e vitamina antiescorbútica, ocorre extensamente na natureza. Suas principais fontes são frutas e hortaliças (Hulme, 1970) O teor de vitamina C nos frutos varia de acordo com o peso do fruto, com o cultivar e o seu estágio de maturação, bem como com as condições de armazenamento pós-colheita e a sua duração (Roing et al., 1993; Gonçalves, 1998).

As variações no teor de ácido ascórbico não apresentam regularidade. O teor de ácido ascórbico de frutas e hortaliças geralmente decresce durante o armazenamento. Este decréscimo depende, em grande parte, da duração e da

temperatura de armazenamento (Cheftel & Cheftel, 1992).

A vitamina C pode ser facilmente oxidada, sendo a intensidade do processo dependente de fatores como luz, temperatura, presença de enzimas oxidantes ou catalisadores metálicos.

A oxidação do ácido ascórbico pode ser catalisada pela enzima ácido ascórbico oxidase, pertencente ao grupo das oxidases. O primeiro passo na oxidação desta vitamina em frutos envolve a formação de peróxido de hidrogênio. Mesmo em condições anaeróbicas e após a completa inativação da enzima (ácido ascórbico oxidase), a auto-oxidação do ácido ascórbico continua vagarosamente. Este fenômeno pode ser explicado considerando-se que os vegetais contêm substâncias flavonóides, que são oxidadas pelo peróxido de hidrogênio (na presença da peroxidase). Desta forma, a auto-oxidação do ácido ascórbico continua até que se esgote o suprimento de óxidos de flavona (Fonseca et al. 1974).

O ácido ascórbico também afeta a reação, podendo reduzir a forma quinônica da dopamina à forma dihidroxilada inicial, com a qual não ocorre escurecimento; ao esgotar-se o ácido ascórbico, a dopamina pode ser oxidada e o escurecimento continua. Outro fator que favorece as reações de escurecimento é o aumento do contato entre a PPO e a dopamina, como conseqüência do aumento da permeabilidade e da ruptura de algumas membranas durante a maturação. Este escurecimento é bastante evidente quando há dano causado pelo frio (Palmer, 1971).

A tendência de oxidação de polifenóis a quinonas é regulada pela presença de ácido ascórbico e outros antioxidantes, que impedem o acúmulo destas últimas, forçando o equilíbrio para o lado dos polifenóis. À medida que ocorre o amadurecimento, as reservas de ácido ascórbico vão diminuindo até que, no período da senescência, se esgotam, deslocando o equilíbrio para o lado das quinonas, que se polimerizam e escurecem (Fonseca et al, 1974).

2.4.7 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos se encontram em sua mais alta concentração na polpa do fruto jovem, diminuindo com a maturação. Em bananas são encontrados a dopamina (3,4-dihidroxifenil etilamina), a serotonina (5-hidroxitriptamina), a norepinefrina, o salsolinol e a delfinidina. Os fenóis estão nos vasos laticíferos da polpa e da casca e em pequenas células dispersas das regiões médias exteriores da casca, sendo sua concentração mais alta na casca do que na polpa (Palmer, 1971).

Riggin et al (1976) encontraram que o salsolinol (1-metil-6,7-dihidroxi-1,2,3,4-tetrahydroisoquinolina), um metabólico que se forma com a reação da dopamina com o acetaldeído, é produzido unicamente durante o período pós-climatérico. Em bananas, a fenilalanina não se converte em tirosina ou dopamina, mas origina outros compostos fenólicos, três dos quais identificados como ácidos ferúlico, p-cumárico e cafeico (Palmer, 1971).

Os compostos fenólicos se relacionam com três características das bananas: cor, adstringência e presença de aminas fisiologicamente ativas. Em relação à cor, a dopamina é oxidada para pigmentos de cor marrom; a reação é catalisada pela enzima polifenoloxidase (PPO), o pH ótimo é 7,0. A polpa do fruto verde é notavelmente adstringente, mas esta adstringência se reduz durante a maturação. Esta diminuição deve-se a uma diminuição dos compostos fenólicos, já que estes se polimerizam durante a maturação (Palmer, 1971). Além de causarem escurecimento e adstringência em bananas, alguns compostos fenólicos, tais como a serotonina, a dopamina e a norepinefrina são também aminas fisiologicamente ativas.

2.4.8 Pectina solúvel e total

As pectinas em frutos encontram-se sob diferentes formas, caracterizadas por diferentes solubilidades. A protopectina é a forma insolúvel

em água e que produz ácidos pectínicos por hidrólise parcial (esterificados com grupos metílicos) ou ácidos pécticos (sem esterificação), chamados de pectinas solúveis (Chitarra & Chitarra, 1990). No decorrer do amadurecimento, há transformação da protopectina em pectina e esta, por ação enzimática, sofre desmetilação e simplificação das cadeias, causando a solubilização até a degradação total, quando a fruta está muito madura. A protopectina predomina nas frutas verdes e, juntamente com o amido (em muitos casos), dá textura às frutas. Com a hidrólise de ambos, há o amolecimento (Fonseca et al, 1974).

As substâncias pécticas encontram-se, principalmente, depositadas na parede celular, atuando como material cimentante, sendo responsáveis pelas mudanças de textura dos frutos (Chitarra & Chitarra, 1990). São derivadas do ácido poligalacturônico e ocorrem na forma de protopectina, ácidos pectínicos, ácidos pécticos e pectinas.

De acordo com Cheftel & Cheftel (1992), o correto seria denominar-se pectina somente as cadeias poligalacturônicas 100% metiladas e denominarem-se ácidos pectínicos as cadeias poligalacturônicas com grau de metilação inferior a 100%. O termo ácido péctico designa os ácidos poligalacturônicos isentos de metoxila (-OCH₃). Na prática, emprega-se o termo pectina tanto para os ácidos pectínicos como para as pectinas propriamente ditas.

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

Na polpa de bananas, a protopectina insolúvel diminui de 0,5% a aproximadamente 0,3%, enquanto a pectina solúvel em água aumenta em uma quantidade equivalente (Markovic et al., 1975).

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

2.4.9 Pectinametilesterase e Poligalacturonase

Uma das enzimas pécticas envolvidas no amadurecimento da banana é a pectinametilesterase (PME), que além de ser amplamente distribuída, em raízes, caules, folhas e frutos da maioria das plantas superiores, catalisa a desmetilação dos ésteres metílicos dos ácidos poligalacturônicos (Hultin & Levine, 1965; Palmer, 1971). Em bananas, tem-se reportado a presença de pectinametilesterase (Hultin & Levine, 1965). As atividades destas enzimas permanecem constantes durante a maturação e podem ser detectadas pela utilização de eletroforese em gel de amido.

O amaciamento que pode ocorrer durante a solubilização da pectina que ocorre no amadurecimento do fruto normalmente é atribuído à hidrólise de ligações glicosídicas na pectina por poligalacturonase (PG) (Pressey & Avants, 1982; Huber, 1983). Segundo os mesmos autores, a ausência de PG no fruto imaturo, seu aparecimento próximo ao início da maturação e o incremento na sua atividade com liberação de pectina solúvel na maturação sugerem que ela esteja implicada na solubilização de pectina. Em virtude do aumento dos níveis de pectina solúvel durante o amadurecimento da banana, o envolvimento de PG, assim como de PME, nos processos degradativos da pectina pode ser sugerido (Lizada et al., 1990).

2.5 Os efeitos do etileno e os benefícios do 1-MCP

A banana, como fruto climatérico, é caracterizada por um aumento na produção de etileno no início da maturação (Marriot, 1980). Por este motivo, seu tempo de prateleira é reduzido pela evolução do etileno (Jiang et al., 1999). O etileno é conhecido como um hormônio vegetal que coloca em funcionamento o amadurecimento de frutos e geralmente promove a senescência da planta em tecidos vegetais. Apesar de o modo de ação não ser completamente entendido, existe um número de teorias que oferece possíveis explicações. Em geral, o gás é produzido no fruto quando a maturidade fisiológica é atingida, colocando em funcionamento mudanças químicas como ocorre no amadurecimento (Abeles et al., 1992; Kende, 1993; Yang & Hoffman, 1984; Fennema, 1993).

Em recentes anos, agentes efetivos para bloquear os receptores de etileno têm sido descobertos, prometendo, através do bloqueio na ação do etileno, um novo modo de controlar o amadurecimento, a senescência e outras respostas ao etileno. Recentemente, estudos têm demonstrado que um novo gás, o 1-metilciclopropeno (1-MCP), tem um efeito inibidor na ação do etileno (Serek et al., 1994, 1995; Sister et al., 1993).

O 1-MCP é um produto inovador, que bloqueia a ação do etileno em plantas e frutos armazenados. Age através de fixação preferencial ao receptor de etileno, bloqueando, deste modo, os efeitos do etileno procedente de fontes endógenas e exógenas, sendo eficaz mesmo em concentrações extremamente baixas. A maioria das respostas ao 1-MCP podem ser revertidas pelo etileno, após decorrer de um determinado período de tempo, pela geração de novos receptores de etileno (A Rohm & Haas, [2002?]).

Na prática, o etileno, unindo-se ao receptor, é como uma chave que se encaixa em uma fechadura, sendo o etileno a chave e o receptor, a fechadura. Quando o etileno se une ao receptor, a fechadura gira e a porta abre. Uma cascata de eventos então ocorre, tais como o amaciamento da fruta, a mudança

de cor das folhas (amarelas) e a queda das flores (Figura 1).

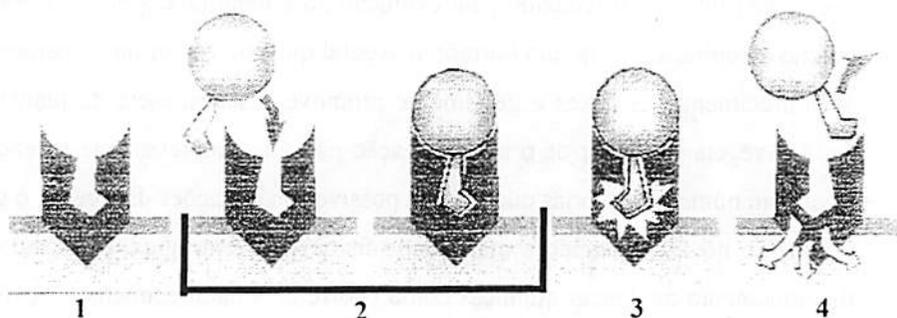


FIGURA 1 (1) Os receptores de etileno estão imersos na célula; (2) as moléculas de etileno no ar se ligam aos receptores; (3) a molécula de etileno desempenha o papel de uma chave, abrindo o receptor; (4) um sinal químico é enviado para a célula e a molécula de etileno é liberada (Blankenship, 2001).

O 1-MCP é, também, capaz de se unir ao receptor de etileno, atuando também como a chave que entra na fechadura; entretanto, é incapaz de girar a fechadura e abrir a porta. Quando a chave 1-MCP está na porta, o etileno não entra. O 1-MCP impede a fechadura de girar e então a porta não abre. Desse modo, o 1-MCP atua como inibidor do etileno em plantas (Figura 2) (Blankenship, 2001).

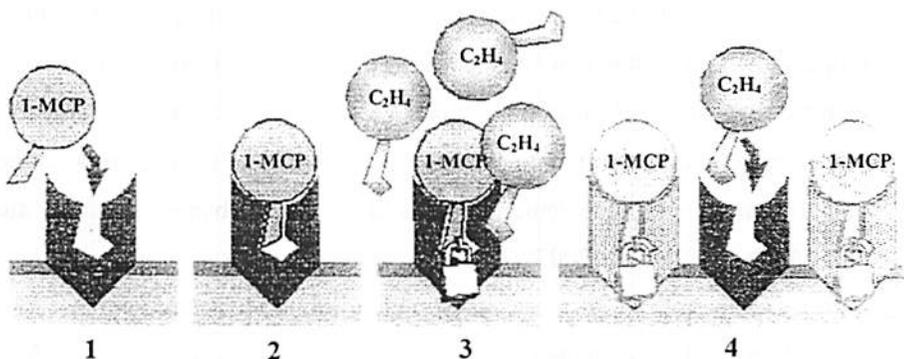


FIGURA 2 (1) O 1-MCP também se liga aos receptores de etileno; (2) entretanto, o 1-MCP não fecha o receptor de etileno de maneira que nenhuma mensagem seja enviada; (3) O 1-MCP não é liberado; assim, as moléculas de etileno não são capazes de se ligar ao receptor; (4) finalmente, novos receptores de etileno podem ser formados, e as células recuperam a sensibilidade ao etileno (Blankenship, 2001).

O 1-MCP é formulado como um pó que, com a adição de uma solução neutra ou água, libera o 1-MCP em forma de gás. O 1-MCP tem demonstrado excelente atividade no retardamento do início do amadurecimento de vegetais e frutas, inclusive a banana (Serek et al., 1995b; Macnish et al., 1997; Abdi et al., 1998; Golding et al., 1998).

Apesar dos poucos trabalhos envolvendo 1-MCP e banana, de acordo com o Boletim Técnico da Agrofresh Inc, o 1-MCP provou exercer um importante efeito sobre o amadurecimento deste fruto. Os estudos têm demonstrado que concentrações tão baixas como 100 ng/g irão quase dobrar os dias para a obtenção da gradação de cor 6 em banana verde Cavendish. O 1-MCP, em combinação com embalagem de atmosfera modificada com níveis mais baixos de oxigênio, aumentou a vida verde das bananas para 6 semanas. A.

aplicação de 1-MCP em banana Prata por 12 horas, em doses de 30 a 90 ng/g, proporcionou, respectivamente, manutenção da textura das frutas e condições de comercialização de até oito e doze dias. A associação do armazenamento em baixa temperatura (13°C), com a aplicação de 1-MCP a 30 ng/g, proporcionou a manutenção do estado de comercialização dos frutos de banana Prata por até 21 dias (A Rohm & Haas, [2002?]).

Jiang et al. (1999), avaliando o efeito do 1-MCP em combinação com sacos de polietileno no amadurecimento de bananas, concluíram que o 1-MCP é um potencial antagonista à ação do etileno. Segundo os mesmos autores, a utilização do 1-MCP pode ser destacada como uma tecnologia fácil para o transporte de frutos verdes a longas distâncias.

2.6 Amadurecimento natural e climatização

Em condições naturais, o amadurecimento da banana é desuniforme, devido à formação de frutos em pencas com diferentes idades, apresentando, geralmente, de dez a quinze dias de diferença de idade em função do florescimento e do desenvolvimento do fruto. Isso revela a importância da climatização da banana, que resulta num amadurecimento mais uniforme e em maior facilidade de comercialização e industrialização da fruta (Chitarra & Chitarra, 1984).

A climatização vem se tornando uma prática de rotina dentro do sistema de produção e comercialização da banana, e pode ser realizada diretamente pelo produtor, como também pelo comprador ou distribuidor da fruta. O amadurecimento controlado pode ser classificado em rápido, normal ou lento, dependendo das condições da câmara e da necessidade em amadurecer a fruta.

As bananas que serão submetidas à climatização devem ter atingido o estágio de maturação fisiológica, ou seja, devem estar plenamente desenvolvidas, mas ainda com a coloração verde intensa. Cachos que iniciaram

o amadurecimento ainda ligados à planta, mesmo sendo colocados na climatização, não apresentam amadurecimento uniforme (Chitarra & Chitarra, 1990).

As câmaras de climatização são utilizadas com o objetivo de controlar o amadurecimento, em períodos que duram de 4 a 10 dias. São construídas especialmente para este propósito, sendo que a única diferença em relação a uma câmara frigorífica comum é a presença de exaustores com os quais é realizada a renovação do ar interno da câmara. As paredes, o teto e o piso devem conter isolamento térmico de estiropor ou poliuretano, com espessura mínima de 4 polegadas. As paredes e o teto, assim como o isolamento, podem ser de painéis pré-moldados. A porta deve apresentar um bom isolamento e ser hermética, a fim de evitar o escapamento do gás ativador do amadurecimento. Deve apresentar também uma unidade de aplicação de etileno incorporada ao sistema, com um dosificador automático da quantidade do gás a ser injetado (Kluge et al., 2002).

O tamanho da câmara é determinado pela demanda máxima aceitável, bem como pela frequência de frutos recebidos. A densidade das pilhas não deve exceder $1/10 \text{ m}^3$ e a capacidade também não deve ser excessiva (acima de 20 toneladas) para não causar problemas quanto à manutenção da temperatura adequada e à quantidade de gás a ser aplicada, assim como em relação ao acúmulo de CO_2 , cuja eliminação torna-se mais difícil. A desinfecção com soluções de hipoclorito de sódio aumenta a vida das câmaras de climatização, reduz os custos de manutenção e minimiza a perda de qualidade das frutas.

Em uma câmara de climatização, alguns fatores devem ser levados em conta, tais como temperatura, umidade relativa, gás ativador do amadurecimento, ar atmosférico e circulação de ar e exaustão (Chitarra & Chitarra, 1984).

2.7 Fatores que influenciam no processo de climatização

2.7.1 Temperatura

O dano causado pelo frio implica em alterações de fase dos lipídeos da membrana, o qual ocasiona a ruptura da integridade da mesma e alteração de suas funções. Os frutos submetidos a baixas temperaturas acumulam acetaldeído e etanol na casca e na polpa e alfa-cetoácidos na polpa. Durante o armazenamento refrigerado de bananas, a casca se torna marrom-esverdeada; quando as temperaturas são muito baixas, chega a se tornar marrom e, finalmente, preta. Aparentemente, a ruptura dos sistemas membranosos devido ao dano causado pelo frio permite o contato de substratos e enzimas, resultando na formação de compostos marrons (Murata, 1969).

A temperatura à qual as bananas são expostas após a colheita para alcançar o amadurecimento é um dos fatores mais importantes para a obtenção de frutas de qualidade para o mercado, uma vez que a banana possui sensibilidade tanto às baixas temperaturas quanto às altas. Os frutos verdes são seriamente afetados quando expostos a temperaturas inferiores a 12-13°C, ocorrendo o distúrbio denominado de "chilling", caracterizado pela coagulação de cloroplastos da casca e por alteração do amadurecimento - a polpa torna-se de coloração marrom, gelatinosa e com sabor desagradável (Lichtemberg, 1999; Lichtemberg et al., 2001; Soto-Ballester, 1992).

Da mesma forma, as altas temperaturas, iguais ou superiores a 20°C, aceleram o ritmo de maturação, reduzem a vida de prateleira da fruta, causando o cozimento da polpa, dificultando a conversão de amido em açúcares. Adicionalmente, as temperaturas altas em pós-colheita de bananas tornam os frutos mais suscetíveis aos fungos, resultando numa maior deterioração do produto (Lichtemberg, 1999).

As temperaturas mais adequadas para a climatização de bananas dependem do destino da fruta. A temperatura de 18°C é considerada ideal para a

climatização de frutas destinadas ao consumo “in natura”, enquanto, para a industrialização, a temperatura ideal é de 20°C, embora estas frutas apresentem o inconveniente da pouca durabilidade quando maduras e mantidas à temperatura ambiente.

2.7.2 Umidade relativa do ar

A banana é uma fruta que possui alto teor de água, sendo parte dessa perdida pelos processos de transpiração e respiração. A umidade relativa do ar circundante à fruta é importante por influenciar as perdas de peso e a presença de fungos. A baixa umidade relativa (<80%) favorece a desidratação da fruta durante a climatização. A umidade relativa reduzida causa a perda de peso da fruta, o murchamento e enrugamento da casca, o despencamento (debulha) dos frutos maduros, a coloração opaca (palha) da casca, a atenuação de manchas na casca e o retardamento da maturação. Do mesmo modo, as umidades relativas excessivas, muito próximas a 100%, favorecem o desenvolvimento de fungos, prejudicando o amadurecimento e a vida pós-colheita da fruta. A umidade relativa da câmara deve estar entre 85 e 95% (Lichtemberg, 1999).

2.7.3 Gás ativador do amadurecimento

Os gases ativadores do amadurecimento possuem a função de promover e uniformizar o amadurecimento das frutas dentro da câmara, sendo que os mais utilizados são o etileno, o acetileno e o azetil (etil 5) (Kluge et al., 2002)..

O etileno (C_2H_4) é um subproduto da indústria do petróleo, incolor, quase inodoro e explosivo, e pode ocasionar o amadurecimento em baixas concentrações (1 a 10 $\mu g/g$). O gás etileno normalmente é aplicado de 2 a 3 vezes, no intervalo de 24 horas. O efeito do etileno é aumentar a respiração, provocando, com isso, o amadurecimento.

O acetileno é um gás de odor característico desagradável e, para produzir efeitos semelhantes ao do etileno, precisa ser utilizado numa concentração bem superior. O efeito na iniciação do amadurecimento é o mesmo quando se utilizam 1000µg/g de acetileno e 10 µg/g de etileno. Para a utilização do acetileno, pode-se usar diretamente o gás, o qual é comercializado em torpedos, ou utilizar o carbureto de cálcio, o qual, reagindo com a água, libera o acetileno. O azetil é uma mistura de 5% de etileno e 95% de nitrogênio, o que reduz os riscos de explosão. Normalmente é aplicado na proporção de 2% do volume da câmara, independente de estar cheia, sendo que doses maiores não são desejáveis, e sim antieconômicas. Em câmaras com isolamento perfeito, pode-se aplicar a dosagem de 1.4%. A aplicação também é realizada de duas a três vezes, em intervalos de 24 horas. O azetil tem sido o mais aplicado em câmaras de climatização (Kluge et al., 2002).

2.7.4 Ar atmosférico

O ar atmosférico na câmara de climatização influencia o processo de amadurecimento. O aumento no teor de oxigênio na câmara normalmente acelera o processo; contudo, se a quantidade de oxigênio for mínima ou o ambiente for pobre em oxigênio, mas rico em gás carbônico, o amadurecimento pode ser retardado. Tem-se observado que nas primeiras 24 horas de climatização ocorre uma aceleração no metabolismo, com grande consumo de oxigênio existente na câmara e liberação intensa de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera nas horas subseqüentes. Neste período, a concentração de CO₂ no recinto pode alcançar valores de até 7%, podendo haver retardamento no amadurecimento, pois a ação do etileno é impedida. O amadurecimento já pode ser retardado quando a concentração de CO₂ atinge 1%. Nestas situações, a casca da fruta permanece com coloração verde-amarelada, enquanto a polpa se torna madura e mole (Kluge et al., 2002).

O excesso de gás carbônico (acima de 1%) no ar causa a coloração verde-amarelada na fruta madura, o despençamento (debulha) dos frutos, o amolecimento e a podridão da polpa e o retardamento da maturação. Portanto, durante a climatização, deve-se manter a concentração de CO₂ abaixo de 1%, o que se consegue por meio da exaustão e renovação de ar da câmara em intervalos de 12 a 24 horas, mantendo-se sempre o gás carbônico abaixo de 0,5% do ar (Lichtemberg, 1999).

2.7.5 Circulação do ar e exaustão

A circulação de ar nas câmaras possui duas finalidades principais: 1) igualar as condições na atmosfera da câmara, isto é, ter uma temperatura constante e uma distribuição homogênea do gás ativador; e 2) desfazer o filme microscópico que tende a se depositar na superfície de cada fruta. Nessa película, de espessura bastante fina, o vapor de água, o CO₂ e os compostos voláteis estão em concentrações maiores que o ar circundante. Isto impede tanto a saída do gás carbônico como a entrada do gás ativador, que são necessárias ao amadurecimento da fruta (Kluge et al., 2002).

A exaustão está relacionada com a circulação do ar, mas tem, entretanto, uma função diferente. Compete à exaustão remover todos os gases supérfluos, como o CO₂ e os compostos voláteis, antes que estes retardem a coloração ou o amadurecimento e estimulem a podridão. A exaustão é realizada, normalmente, após 12 horas da primeira aplicação do gás ativador e a cada 24 horas nas aplicações subsequentes. Pode ser efetuada pela abertura das portas da câmara, acionando-se os ventiladores de ar forçado, em conjunto com o exaustor instalado em uma das paredes da câmara, de modo a permitir que o ar circule em corrente contínua. A correta distribuição e separação das embalagens dentro da câmara é de fundamental importância, pois facilita a circulação de ar e uniformiza a exposição das frutas ao gás ativador.

2.8 Fases da climatização

2.8.1 Primeira fase do amadurecimento

Considerada como o início do amadurecimento, esta etapa é caracterizada por um aumento na intensidade respiratória das bananas até um máximo e por uma liberação intensa de calor. O teor de oxigênio da atmosfera diminui e o teor de gás carbônico aumenta. Portanto, para que o processo de amadurecimento não seja retardado, é necessária a manutenção de uma quantidade de oxigênio disponível às frutas. A umidade relativa deve ser mantida ao redor de 95% e a circulação de ar mantida de tal forma que favoreça as trocas de calor. Se a quantidade de etileno aplicada for insuficiente, o processo de amadurecimento se dará lentamente, a cor da casca será pálida e as bananas ficarão com as extremidades verdes (“pontas verdes”) pronunciadas (Bleinroth, 1972).

2.8.2 Segunda fase do amadurecimento

Após atingir um máximo, a intensidade respiratória dos frutos diminui. A casca das bananas, que mudaram um pouco de cor durante a primeira fase do amadurecimento, torna-se progressivamente mais amarela. Durante esta fase, o odor da fruta se desenvolve. A circulação do ar da câmara deve ser mantida e a temperatura deve ser reduzida levemente. A umidade relativa deve ser reduzida se a instalação previr um dispositivo regulador de umidade (Bleinroth, 1972).

Para monitorar o amadurecimento das bananas, são utilizadas escalas de coloração da casca das frutas, as quais servem como indicativo do grau de maturidade atingido pelas frutas submetidas à climatização. A seguinte escala de coloração pode ser utilizada (Frutiséries, 2000):

Grau 1 - verde: cor normal da fruta verde;

Grau 2 - verde claro: primeira mudança de coloração de cor durante o ciclo de maturação;

Grau 3 - verde claro com traços de amarelo claro: pronunciado estado de início de maturação. Este grau é considerado como ideal para a distribuição aos varejistas, na estação quente;

Grau 4 - mais amarelo do que verde: cor recomendada para a distribuição ao varejista na estação fria;

Grau 5 - amarelo com pontas verdes: cor ideal para a distribuição ao varejista;

Grau 6 - amarelo total: cor para venda e consumo;

Grau 7 - amarelo com pintas marrons: completamente maduro; melhor sabor; alto valor nutritivo. Apresentam pouca durabilidade e são impróprias para o transporte.

O tempo de amadurecimento está diretamente relacionado com a temperatura da câmara climatizadora. Se a temperatura da câmara for alta, tem-se um amadurecimento mais rápido e, ao contrário, se for mais baixa, o amadurecimento é mais lento. Normalmente, para que as frutas alcancem uma coloração da casca totalmente amarela, são necessários de 4 a 10 dias, sendo o amadurecimento mais rápido à medida que a temperatura utilizada é mais alta. Quando retiradas das câmaras de climatização, as bananas devem ainda estar com as extremidades verdes (“ponta verde”), porém com a parte mediana já amarelado, o que indica que o processo de climatização teve êxito. Se a temperatura ambiente for elevada ($> 32^{\circ}\text{C}$), é recomendável proceder uma exaustão durante 30 minutos antes de retirar as frutas da câmara, procurando baixar a temperatura progressivamente para 25°C . Este cuidado tem o propósito de evitar que as bananas sofram choques climáticos nesta fase e tenham sua vida de prateleira prejudicada (Kluge et al., 2002).

O amadurecimento de bananas para fins comerciais tem sido realizado através de operações de rotina, podendo ser lento, normal ou rápido, dependendo das condições utilizadas na câmara, que são normalmente utilizadas objetivando o controle do amadurecimento, em períodos variáveis. A manipulação da

temperatura é, dentre outros, a base do controle para o amadurecimento da banana, devendo ser a variação da temperatura menor que 1°C (Chitarra & Chitarra. 1984).

Os principais fatores que conduzem a uma climatização imperfeita estão relacionados na Tabela 2.

TABELA 2 Problemas comuns durante a climatização de bananas e suas possíveis causas.

Problemas	Causas
Amadurecimento desuniforme	Má vedação da câmara ou tratamento com etileno ineficiente Ocorrência de “chilling” no campo ou no transporte Temperatura de polpa muito baixa
Deficiência de coloração amarela	Temperatura de polpa muito baixa (<16°C) Temperatura de polpa muito alta (>22°C, cozimento) Umidade relativa muito baixa Remoção precoce das frutas da câmara
Vida de prateleira curta	Temperatura de polpa muito alta após o início do amadurecimento (> 18°C) Umidade muito alta após o desenvolvimento de coloração

Fonte: (Kluge et al., 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostra

Para este estudo foram utilizadas bananas (cultivar 'Prata Anã') provenientes de Janaúba, Norte do Estado de Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são 43°20' e 44°6' de longitude, 14°33' e 15°28' de latitude sul, com altitude de aproximadamente 515 metros. A pluviosidade média anual é de 871 mm, concentrados de novembro a março. A temperatura média anual é de 24°C e as médias de verão e inverno são de 32 e 19,5°C, respectivamente. A insolação é de 2763 horas anuais e a umidade relativa média de 70,6%. No período seco, a UR pode chegar a extremos de 20% (Rodrigues et al., 2001).

Os frutos foram colhidos no estágio de maturação 1, que corresponde ao estágio verde. Todo o procedimento pós-colheita foi realizado em casas de embalagens, envolvendo retirada de detritos e despistilagem, despencamento, lavagem das pencas, subdivisão de pencas, lavagem de buquês, classificação e pesagem das frutas, tratamento antifúngico e embalagem.

No mesmo dia da colheita (12/09/2001), os frutos foram acondicionados em caixas de 22 kg e transportados do local de origem em caminhão refrigerado, com temperatura de 14°C e sem controle de umidade relativa, por um período de 24 horas, até o Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa – Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro, RJ.

Os frutos apresentavam um comprimento médio de 18,12 cm e foram divididos em dois grupos de acordo com o diâmetro dos mesmos: no primeiro grupo, as frutas apresentaram calibre entre 33 e 34 mm, e no segundo, entre 36 e 38 mm.

3.2 Tratamento

Após a seleção prévia, os frutos receberam tratamento com 1-metilciclopropeno (1-MCP) nas seguintes concentrações: 0, 30, 60, 90 ng/g. O 1-MCP foi utilizado na formulação pó. na concentração de 0.14% de ingrediente ativo.após dissolução do produto em água. A aplicação do produto foi realizada em caixas específicas com dimensões de 46x50x81cm, hermeticamente fechadas, nas quais os frutos permaneceram à temperatura de 12° C por 12 horas. Em seguida, as caixas foram abertas e os frutos armazenados em temperatura de 12°C por vinte dias, com umidade relativa do ar de 90%.

Após esta etapa, realizou-se a climatização dos frutos em microcâmaras hermeticamente fechadas. através da injeção da mistura etil 5 na concentração 1.5% e temperatura a 17°C, onde os frutos permaneceram por 24 horas, sendo as microcâmaras posteriormente abertas e a temperatura elevada para 23°C, a fim de favorecer o amadurecimento.

Decorridas 93 horas da climatização. as amostras foram submetidas a análises físicas e físico-química no Laboratório de Pós-Colheita da EMBRAPA Agroindústria de Alimentos do Rio de Janeiro. Estas consistiram de: relação polpa/casca, firmaza, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável. Uma parte dessa amostra foi congelada imediatamente em nitrogênio líquido e encaminhada para o Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal de Lavras, MG, para prosseguimento das análises físico-químicas e bioquímicas.

3.3 Avaliações físicas, químicas e físico-químicas

3.3.1 Relação polpa/casca

A relação polpa/casca foi realizada por meio de pesagem individual da polpa e casca dos frutos, com auxílio de balança semi-analítica.

3.3.2 Firmeza

Determinada por penetômetro MC Cormich, modelo FT 327, com ponteira de 8mm de diâmetro. As medidas foram realizadas após a remoção de parte da região mediana do fruto, sendo as leituras expressas em Newtons, pela multiplicação da leitura pelo fator 9.8.

3.3.3 pH

Foi determinado por potenciometria em eletrodo de vidro, segundo técnica da AOAC (1992).

3.3.4 Umidade

Para esta análise foi utilizada estufa a $60\pm 5^{\circ}\text{C}$ com circulação de ar até a obtenção de peso constante, segundo procedimento da AOAC (1992).

3.3.5 Sólidos solúveis totais

Foram determinados em refratômetro digital, com compensação de temperatura automática, segundo recomendações da AOAC (1992).

3.3.6 Acidez total titulável

Determinada por titulação com NaOH 0,1N, de acordo com técnica preconizada pela AOAC (1992), e expressa em porcentagem de ácido málico.

3.3.7 Relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável

Obtida pela relação entre o teor de sólidos solúveis e o valor da acidez total titulável.

3.3.8 Amido

O amido presente nos frutos foi extraído e degradado enzimaticamente à glicose segundo técnica de Áreas & Lajolo (1978) e doseado, espectrofotometricamente, pelo método de Somogy & Nelson (1944). A

determinação foi feita a 620 nm e os resultados expressos em g de glicose por 100g de polpa fresca..

3.3.9 Açúcares solúveis totais

A determinação dos açúcares foi realizada espectrofotometricamente pelo método Antrona (Dishe, 1962). A leitura foi realizada em espectrofotômetro Varian Cary 50 Probe, com sistema computadorizado. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem (g /100g de polpa).

3.3.10 Pectina solúvel e total

As pectinas, total e solúvel, foram extraídas segundo técnica preconizada por McCready & Mc Comb (1952), e o doseamento utilizando a técnica de Bitter & Muir (1962). A leitura foi realizada em espectrofotômetro Varian Cary 50 Probe com sistema computadorizado e os resultados expressos em mg de ácido poligalacturônico/100g polpa.

3.3.11 Determinação de compostos fenólicos

Os compostos fenólicos foram extraídos e dosados de acordo com técnica preconizada por Goldstein & Swain (1963), com algumas modificações. Foram realizadas três extrações sucessivas com metanol a 80%. Na determinação foi utilizado o método de Folin-Denis, conforme AOAC (1992), e a leitura foi realizada em espectrofotômetro Varian Cary 50 Probe, com sistema computadorizado, sendo os resultados expressos em mg de ácido tânico/100g de polpa.

3.3.12 Determinação de vitamina C total

Determinado pelo método colorimétrico de Roe & Kutether, citado por Strohecker & Henning (1967). A leitura foi realizada em espectrofotômetro Varian Cary 50 Probe, com sistema computadorizado. Os resultados foram

expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de polpa.

3.3.13 Pectinametilesterase (PME) – nmol g⁻¹. min⁻¹

A extração e o doseamento foram feitos pela técnica empregada por Ratner et al (1969). Uma unidade de atividade de pectinametilesterase foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina, correspondente a um nanomol de NaOH por minuto, nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos em nmol g⁻¹ min⁻¹.

3.3.14 Poligalacturonase (PG) – nmol g⁻¹ min⁻¹

Extraída segundo os métodos descritos por Pressey & Avants (1973) e Jen & Robinson (1984). A unidade de atividade de poligalacturonase foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de um nmol de grupos redutores por minuto, nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos em em nmol g⁻¹ min⁻¹.

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi um esquema fatorial com 4 níveis de 1-MCP (0; 30; 60; 90 ng/g) e 2 calibres (menor e maior) com 4 repetições, perfazendo um total de 32 parcelas experimentais, sendo cada parcela composta por um buquê de seis dedos.

Quando ocorreram diferenças significativas nos níveis de 1-MCP, utilizou-se análise de regressão para estudo das variáveis em função dos níveis. A escolha do melhor modelo de regressão foi feita considerando a significância do modelo, o coeficiente de determinação e as tendências práticas de cada variável.

Para a variável calibre, quando houve diferença significativa, foi realizado o teste de F.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Relação polpa/casca

A relação polpa/casca dos frutos analisados mostrou-se significativamente afetada pelos níveis de 1-MCP e pelos calibres, porém a interação entre os dois fatores não foi significativa (Tabela 1A - Anexo).

Os resultados relativos ao fator níveis de 1-MCP estão representados na Figura 3. Observa-se um maior valor na relação polpa/casca no grupo controle em relação aos demais tratamentos, sendo que o menor valor foi 1,65 no nível de 60 ng/g.

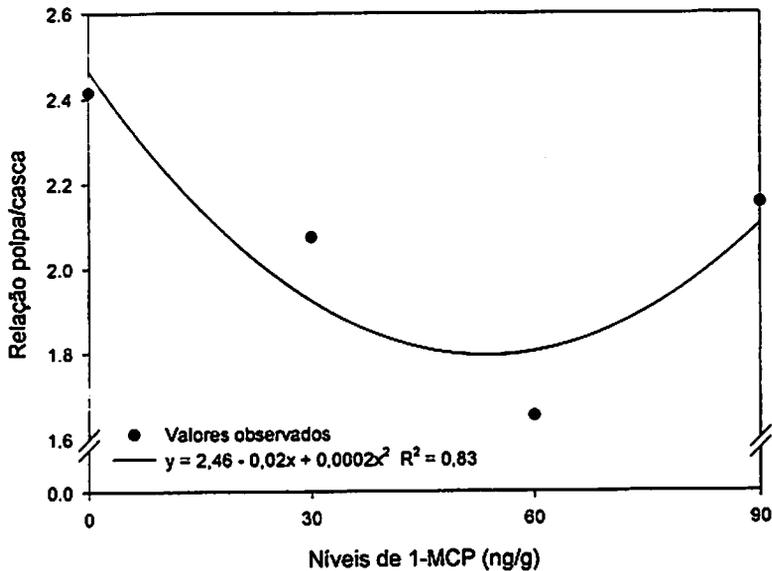


FIGURA 3 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para a relação polpa/casca de bananas 'Prata-Anã' em função de diferentes níveis de 1-MCP, climatizadas por 24 horas.

Sabe-se que durante o amadurecimento do fruto, a casca perde peso, o que causa um aumento na relação polpa/casca. De acordo com esta observação, verifica-se, em todos os tratamentos em que se utilizou o 1-MCP, que os frutos estavam em estádios de maturação mais atrasados quando comparados ao controle.

Com relação aos calibres, verifica-se, através da Tabela 3, que o calibre menor apresentou menor relação polpa/casca, sugerindo, desta forma, que os frutos de calibre maior estivessem mais desenvolvidos fisiologicamente.

TABELA 3 Valores médios de relação polpa/casca de bananas 'Prata-Anã' em diferentes calibres e climatizadas por 24 horas.

CALIBRES	RELAÇÃO POLPA/CASCA*
Menor	1,76 b
Maior	2,38a

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de F ($P < 0,01$).

No presente trabalho, a relação polpa/casca variou de 1,65 a 2,41, estando de acordo com valores obtidos em banana 'Prata' por Pinto (1978), Rossignoli (1983), Chitarra & Chitarra (1984), Carvalho (1984) e Vilas Boas (1995), segundo os quais a relação polpa/casca variou de 1.1 a 2.7 para frutos verdes e maduros, respectivamente.

4.2 Firmeza

Não houve interação significativa entre os dois fatores estudados, nem tampouco efeito significativo para níveis de 1-MCP (Tabela 2A). Não obstante, foi encontrada diferença entre os calibres, conforme se verifica através da Tabela 4, na qual os frutos de calibre menor apresentaram menor textura.

Em todos os experimentos realizados por Jiang et al.(1999 a), bananas

tratadas com 1-MCP tiveram vida pós-colheita prolongada, como julgado pela inibição do amolecimento dos frutos em comparação com frutos não tratados.

TABELA 4 Valores médios de firmeza de bananas 'Prata-Anã' em dois calibres diferentes e climatizadas por 24 horas.

CALIBRES	FIRMEZA (N)*
Menor	9,12 b
Maior	10,52 ^a

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de F ($P < 0,01$).

Botrel et al (2002) também verificaram que o 1-MCP foi eficiente em retardar o amolecimento de bananas 'Prata-Anã', a julgar pela manutenção da firmeza dos frutos após 12 dias de armazenamento em temperatura ambiente, tendo se sobressaído a concentração de 90 ng/g, apesar de não ter sido estudado o efeito de 60 ng/g no trabalho citado. Devemos também considerar que tais frutos não foram climatizados.

4.3 Umidade

Para os teores de umidade, a interação níveis de 1-MCP e calibre foi significativa (Tabela 2A - Anexo). No desdobramento da interação, verificou-se efeito significativo somente nas bananas com calibre maior.

Observa-se, pela Figura 4, que os frutos tratados com 1-MCP a 30, 60 e 90 ng/g apresentaram menor percentual de umidade em relação ao controle, cuja média foi de 73,26%, sendo o menor valor de 68,70% para os frutos tratados com 60 ng/g, sugerindo, dessa forma, que o 1-MCP foi eficiente em inibir o amadurecimento dos frutos em todos os tratamentos, no que diz respeito aos teores de umidade, pois a umidade normalmente tende a aumentar durante o período de maturação (Deullin & Monet, 1956).

Os valores obtidos neste trabalho apresentam similaridade com os

citados por Rossignoli (1983), o qual encontrou, para banana 'Prata' armazenada em condições ambiente, 65,08 e 68,17% de umidade para os frutos verde e maduro, respectivamente. De acordo com a ABC Research, a banana 'Prata-Anã' tem 70% de água em sua composição, valores próximos aos obtidos neste trabalho.

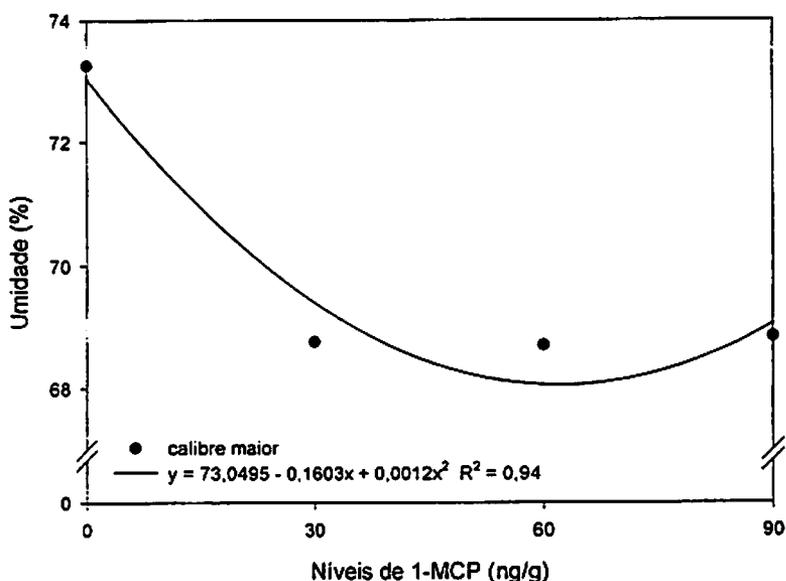


FIGURA 4 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para umidade de bananas 'Prata-Anã' com calibre maior, submetidas a diferentes níveis de 1-MCP, climatizadas por 24 horas.

4.4 pH

Com relação ao pH dos frutos analisados, não houve efeito significativo para os níveis de 1-MCP e nem para interação entre os fatores níveis de 1-MCP e calibres (Tabela 3A - Anexo). Todavia percebe-se, através da Tabela 5, que o pH foi afetado significativamente pelos diferentes calibres, sendo que o calibre

menor apresentou menor média de pH.

Estes resultados divergem daqueles obtidos por Botrel et al. (2002), segundo os quais foi detectada diferença significativa nos valores de pH entre as bananas submetidas ao tratamento com 1-MCP a 0, 10, 30 e 90 ng/g em temperatura ambiente, tendo se sobressaído o de 30 ng/g, com maior valor de pH.

TABELA 5 Valores médios de pH de bananas 'Prata-Anã' em dois diferentes calibres e climatizadas por 24 horas.

CALIBRES	pH*
Menor	4,50 b
Maior	4,69 ^a

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de F (P<0,01).

Segundo pesquisas de Sgarbieri et al. (1965-66) e Carvalho (1984), o pH da banana 'Prata' diminui de 5,1 nos frutos verde para 4,5 nos frutos maduros, o que sugere, embora com pequena diferença estatística, que os frutos com calibre menor estivessem mais maduros em relação aos frutos com calibre maior, embora a climatização possa camuflar um pouco o efeito calibre, único significativo nesta variável.

4.5 Acidez total titulável

Os resultados da análise de variância referentes à acidez total titulável encontram-se na Tabela 3A - Anexo. Observa-se que houve interação significativa entre os dois fatores estudados, sendo que, no desdobramento de níveis de 1-MCP dentro de cada calibre, apenas para o calibre maior houve efeito significativo.

O comportamento dos teores de acidez total titulável pode ser visto na Figura 5. Nota-se que o grupo controle apresentou menor acidez, 0,48% de ácido

málico. O maior valor observado foi no nível de 30 ng/g, 0,63% de ácido málico.

A banana verde apresenta uma baixa acidez, a qual, embora aumente no início da maturação até um pico máximo, decresce levemente no fruto maduro. Diante desta informação, supõe-se que os frutos do grupo controle, que já mostravam sinais visíveis de amadurecimento, poderiam já ter atingido o pico da acidez, estando no estágio decrescente.

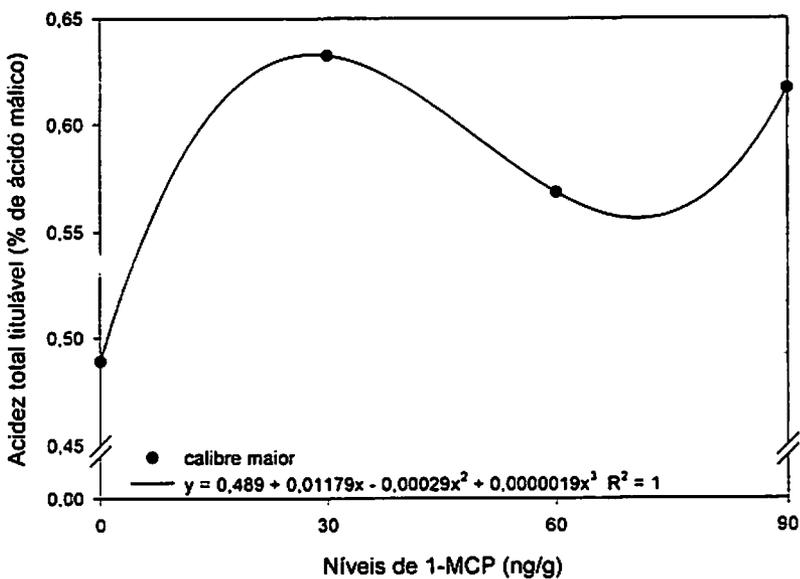


FIGURA 5 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para acidez total titulável de bananas 'Prata-Anã' com calibre maior submetidas a diferentes níveis de 1-MCP, climatizadas por 24 horas.

Os resultados observados concordam com aqueles obtidos por Botrel et al. (2002), que utilizaram 1-MCP a 0, 10, 30 e 90 ng/g em banana 'Prata-Anã', após 12 dias de armazenamento em temperatura ambiente, e obtiveram maior

teor de acidez para os frutos tratados com 30 ng/g de 1-MCP, tendo se sobressaído a concentração de 90 ng/g, com menor teor de acidez, indicando frutos que ainda não atingiram a maturação comercial.

Valores encontrados na literatura para acidez total titulável em banana 'Prata' oscilam entre 0,137 a 0,224 para frutos verde e 0,257 a 0,569 para frutos maduros, segundo pesquisas de Pinto (1978); Rossignoli (1983); Chitarra & Chitarra (1984) e Carvalho (1984). Os valores obtidos por Botrel et al.(2002) e também no presente trabalho são superiores a estes, o que leva a supor que o maior teor de acidez possa ser em função da cultivar, das condições climáticas e de cultivo da bananeira.

4.6 Sólidos solúveis totais

Não houve interação significativa entre os dois fatores estudados (Tabela 3A - Anexo). Entretanto, como indica a Figura 6, houve comportamentos distintos entre os frutos submetidos a diferentes níveis de 1-MCP.

Os frutos controle apresentaram tendências de maiores valores de SST em relação aos demais, indicando que o 1-MCP foi eficiente em retardar o amadurecimento no que diz respeito a essa variável, pois durante o amadurecimento do fruto há um aumento no teor de sólidos solúveis totais, cujos valores, de acordo com Pinto (1978), Rossignoli (1983), Carvalho (1984), variam de 1,5 °Brix no fruto verde para 21,0 °Brix no fruto maduro. No presente trabalho, o maior valor obtido foi de 17,5°Brix no fruto controle.

Os resultados observados nesta pesquisa para a variável SST são semelhantes aos de Botrel et al. (2002), que utilizaram 1-MCP a 0, 10, 30 e 90 ng/g em banana 'Prata-Anã' armazenada em temperatura ambiente, constatando que os frutos tratados com 90 ng/g de 1-MCP apresentaram menor teor de SST após 12 dias de armazenamento.

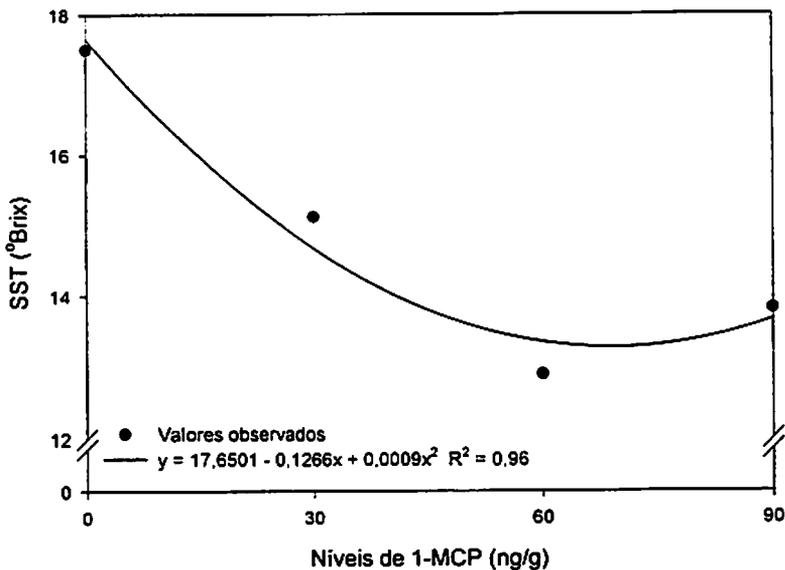


FIGURA 6 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para sólidos solúveis totais (SST) de bananas 'Prata-Anã' submetidas a diferentes níveis de 1-MCP e climatizadas por 24 horas.

4.7 Relação SST/ATT

Para a relação SST/ATT, a interação níveis de 1-MCP e calibre foi estatisticamente significativa (Tabela 3A - Anexo). No desdobramento, verifica-se que apenas o calibre maior foi significativo, como aconteceu nos resultados de acidez total titulável (Figura 5).

Observam-se, através da Figura 7, menores valores na relação SST/ATT dos frutos tratados com 1-MCP em relação ao grupo controle. Este comportamento assemelha-se aos resultados de sólidos solúveis totais (Figura 6).

Em decorrência do aumento de sólidos solúveis totais (SST) e da variação da ATT, durante o amadurecimento ocorre um acentuado aumento na relação SST/ATT, talvez porque o teor de sólidos (açúcares) aumente em

proporções bem maiores que a acidez, tanto é que o fruto maduro tem sabor doce, e não ácido. Nota-se, portanto, que o 1-MCP retardou o amadurecimento dos frutos em todos os tratamentos, comparando-se com o controle, a julgar pela tendência de menores valores na relação SST/ATT dos frutos tratados com bloqueador da maturação (1-MCP).

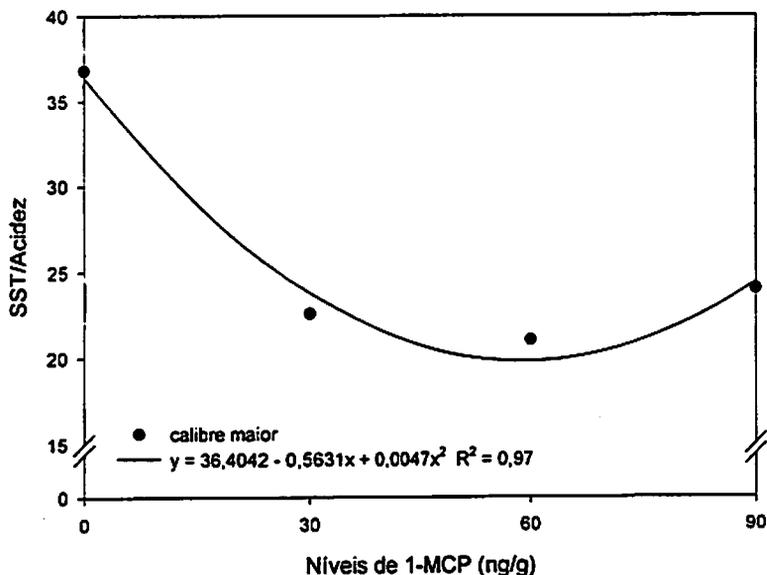


FIGURA 7 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para relação SST/ATT de bananas 'Prata-Anã' com calibre maior submetidas a diferentes níveis de 1-MCP, climatizadas por 24 horas.

No presente trabalho, o menor valor foi 21,04, para a concentração de 60 ng/g e o maior foi 36,81, para o grupo controle. Estes resultados são inferiores aos obtidos para a relação SST/ATT em banana 'Prata' por Pinto (1978), Rossignoli (1983) e Carvalho (1984), os quais obtiveram valores de 10.33 a 35.3 para frutos verdes e de 45.7 a 77.19 para frutos maduros. A diferença observada

pode ser devida à cultivar que se apresenta com essa peculiaridade, ou seja, maiores teores de acidez.

4.8 Amido e Açúcares

Com relação ao amido, houve interação significativa entre os fatores níveis de 1-MCP e calibres (Tabela 4A - Anexo). Observa-se, através da Figura 8, que os frutos com calibre menor apresentaram menos hidrólise de amido em todos os tratamentos com 1-MCP em relação ao controle, com comportamento linear crescente. Os frutos com calibre maior apresentaram tendências de menores teores de amido até 30 ng/g, com manutenção de maiores teores em torno de 60 ng/g de 1-MCP. Ressalta-se que, tanto no 1-MCP quanto nos dois calibres estudados, o teor de amido foi superior aos controles, com exceção da tendência de menores valores de 0 a 30 ng/g, observada nos frutos com calibre maior, sugerindo que tais frutos tiveram seu processo de amadurecimento mais acelerado.

O teor de amido na polpa da banana 'Prata', segundo pesquisa de Fernandes et al (1979), Rossignoli (1983), Chitarra & Chitarra (1984), Carvalho (1984) e Vilas Boas (1985), variou de 19,2 a 23,9% para 0,63 a 3,46% nos frutos verdes e maduros, respectivamente. Tais dados são compatíveis com os encontrados no presente estudo e sugerem que o uso de 1-MCP, nas concentrações utilizadas, foi eficiente em retardar o amadurecimento dos frutos durante o período de armazenamento, com destaque para o nível de 60 ng/g, para o qual se observaram 11,27% e 16,24% para os frutos com calibres menor e maior, respectivamente. Nos frutos com calibre menor, observa-se uma pequena diferença entre os níveis 60 e 90 ng/g, o que sugere que os dois tratamentos tiveram basicamente o mesmo efeito sobre os frutos.

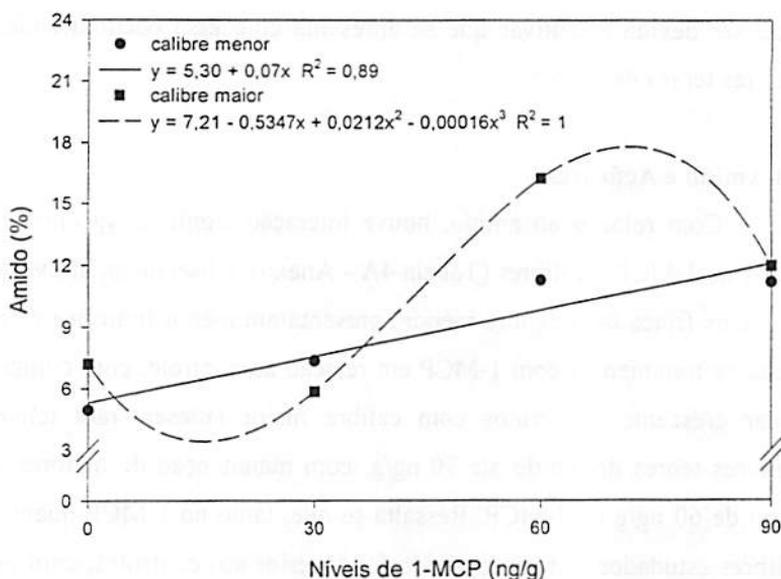


FIGURA 8 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para amido de bananas 'Prata-Anã' com calibre menor e calibre maior submetidas a diferentes níveis de 1-MCP e climatizadas por 24 horas.

Sabe-se que com o avanço da maturação até o completo amadurecimento, o amido é hidrolisado, resultando em enriquecimento no teor de açúcares na polpa madura. Tal fato pode ser verificado no presente estudo, no qual os resultados obtidos para SST (Figura 6) concordam com os resultados obtidos para amido (Figura 8). Nota-se, portanto, uma correspondência entre as duas variáveis, principalmente no grupo controle e no nível de 60 ng/g, que apresentaram maiores teores de SST e menores teores de amido e vice-versa. Isto indica que o 1-MCP, nas concentrações utilizadas, não interferiu no processo metabólico normal de amadurecimento do fruto no que diz respeito à conversão de amido em açúcares; apenas retardou o processo normal, indicando que os sítios ativos que se formaram foram ocupados pelo etileno exógeno no

processo de climatização.

Os resultados relativos a açúcares solúveis totais encontram-se na Tabela 4A – Anexo. Observa-se que a interação entre os dois fatores estudados foi significativa, porém o desdobramento da interação indicou significância apenas no calibre menor.

Os frutos do grupo controle apresentaram maior incremento no teor de açúcares solúveis totais (Figura 9), sendo que o menor valor observado foi em torno de 60 ng/g.

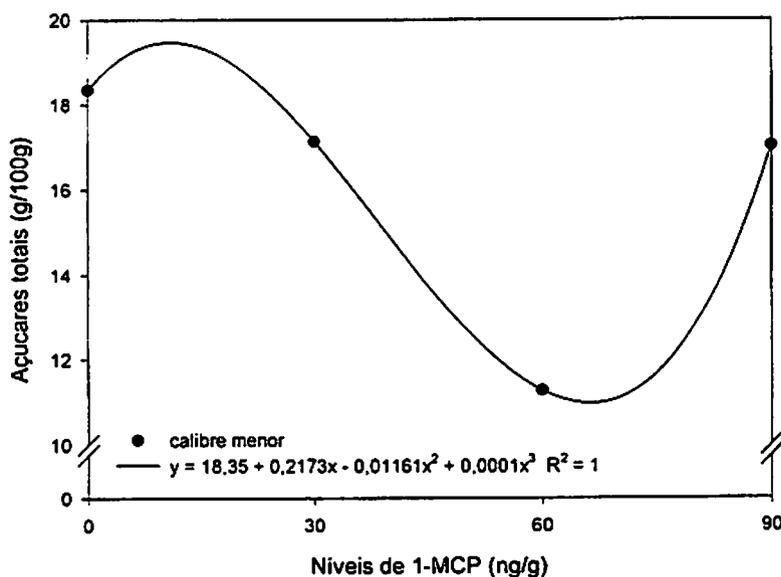


FIGURA 9 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para açúcares solúveis totais de bananas 'Prata-Anã' com calibre menor submetidas a diferentes níveis de 1-MCP, climatizadas por 24 horas.

Os resultados encontrados na presente pesquisa concordam com aqueles

obtidos por Fernandes et al (1979), Rossignoli (1983), Chitarra & Chitarra (1984), Carvalho (1984) e Vilas Boas (1995), nos quais o teor de açúcares solúveis totais na banana 'Prata' variou de 0,19 no fruto verde para cerca de 20.4% no fruto maduro.

4.9 Vitamina C total

Para os teores de vitamina C total, não houve interação significativa para os dois fatores estudados (Tabela 5A – Anexo). Contudo, os fatores níveis de 1-MCP e calibre foram estatisticamente significativos.

No presente trabalho verificou-se (Figura 10) o maior teor de vitamina C total nos frutos controle, com 22,58 mg/100 g, e menor teor nos frutos tratados com 30 ng/g de 1-MCP, com 12,51 mg/100 g, enquanto, a 60 e 90 ng/g, que foram a maiores concentrações de 1-MCP, o teor de vitamina C foi maior que o de 30 ng/g, demonstrando, dessa forma, que nas concentrações maiores, 60 e 90 ng/g de 1-MCP, o processo de maturação foi retardado, concordando com Bleinroth (1972), que cita que o teor de vitamina C total decresce rapidamente com a predominância da cor amarela, atingindo valor mais baixo quando a fruta apresenta manchas marrons na casca (Bleinroth, 1972), embora este decréscimo dependa, em grande parte, da duração e da temperatura de armazenamento (Cheftel & Cheftel, 1992).

Resultados relativos ao teste de F para calibres se encontram na Tabela 6. Observa-se que o calibre maior apresentou maior teor de vitamina C total.

TABELA 6 Valores médios de vitamina C total de bananas 'Prata-Anã' em dois diferentes calibres e climatizadas por 24 horas.

CALIBRES	Vitamina C total*
Menor	15,97 b
Maior	18,49a

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de F (P<0,01).

Os resultados obtidos neste trabalho são inferiores aos obtidos por Vieira (1995), de 29,73 mg/100 g para frutos de bananeira 'Prata' analisados ao zero dia e de 25 mg/100 g para frutos analisados aos doze dias e armazenados em baixa temperatura, sendo que a diferença observada pode ser devida a fatores tais como a cultivar, fatores pré-colheita, e mesmo à ação do 1-MCP.

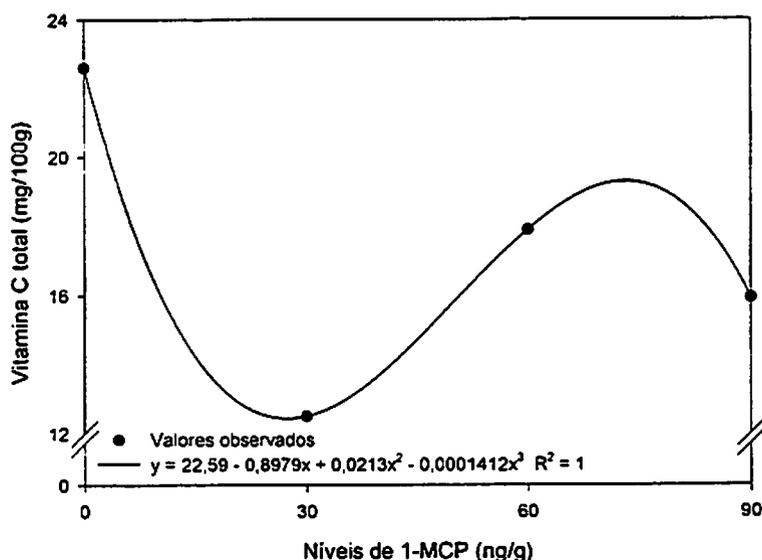


FIGURA 10 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para Vitamina C total de bananas 'Prata-Anã' submetidas a diferentes níveis de 1-MCP e climatizadas por 24 horas.

4.10 Compostos fenólicos

Com relação aos compostos fenólicos, verificou-se efeito significativo somente para os níveis de 1-MCP (Tabela 1A – Anexo).

Observa-se, pela Figura 11, que houve uma tendência de os frutos submetidos aos tratamentos com o 1-MCP, em todas as concentrações utilizadas, apresentarem maiores teores de compostos fenólicos em relação ao controle, sugerindo, dessa forma, que estes frutos estivessem efetivamente menos maduros.

Os compostos fenólicos estão largamente distribuídos em vegetais e são proeminentes em frutos, nos quais exercem influência na cor, na adstringência e na resistência (Van Buren, 1970). Na banana, os fenólicos totais são responsáveis principalmente pela adstringência nos frutos verdes (Palmer, 1971).

Os resultados indicam que os frutos, em todos os tratamentos com 1-MCP, demandariam ainda alguns dias para a perda mais acentuada de adstringência, tempo este necessário para a comercialização do produto, que chegaria ao consumidor com boa qualidade.

Os valores obtidos no presente trabalho são inferiores aos obtidos por Carvalho & Pádua (1978), que obtiveram 143,15 mg/100 g para banana 'Prata' madura, e aos encontrados por Carvalho (1984), que obteve 98,09 a 112,78 mg/100 g para frutos maduros.

Os teores de compostos fenólicos variam com a cultivar, o estágio de maturação, ou até mesmo de acordo com os clones de uma mesma cultivar, uma vez que Carvalho & Pádua (1978) obtiveram valores menores que os obtidos por Rossignoli (1983) ao trabalhar com a cultivar 'Prata' procedente da mesma região, o que justifica as diferenças observadas.

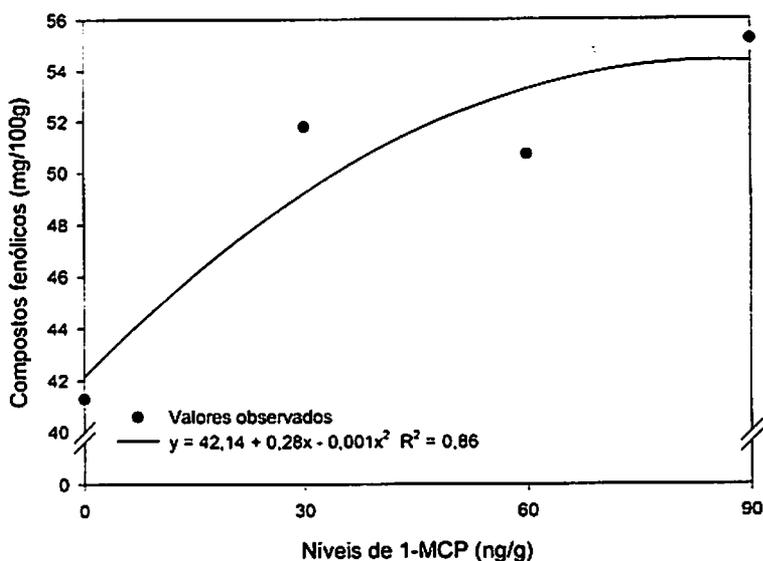


FIGURA 11 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para compostos fenólicos em bananas 'Prata-Anã' com calibre maior e calibre menor submetidas a diferentes níveis de 1-MCP e climatizadas por 24 horas.

4.11 Pectinas

A pectina total mostrou-se significativamente afetada apenas pelo fator calibre (Tabela 6A – Anexo). Os frutos com calibre menor apresentaram maior média de pectina total (Tabela 7).

A solubilidade das pectinas está associada ao número de cadeias simples de ácido galacturônico que estão ligados entre si por ligações glicosídicas $\alpha(1-4)$, resultando em maior ou menor peso molecular da pectina. Quanto maior o peso molecular da pectina, menor a sua solubilização (Sgarbieri, 1966).

Israeli & Lahav (1986) e Vilas Boas (1995) observaram um aumento no teor de pectina total durante o amadurecimento de banana 'Prata'; porém, Von Loesecke (1950), Chitarra (1979), Forsyth (1980) e Tan et al (1986) observaram

decréscimo no teor de pectina total durante o amadurecimento de bananas.

A pectina solúvel mostrou-se significativamente afetada pela interação níveis de 1-MCP e calibres, como também a porcentagem de solubilização (Tabela 6A – Anexo).

Os frutos com calibre menor (Figura 12) apresentaram comportamento quadrático, com tendência de menores teores de pectina solúvel até o nível de 60 ng/g, concordando perfeitamente com a porcentagem de solubilização (Figura 13). Os frutos controle apresentaram maiores valores de pectina solúvel em relação aos frutos tratados com 1-MCP, em todas as concentrações utilizadas, evidenciando a eficiência do produto em restringir a solubilização das pectinas em bananas, contribuindo, desta forma, para a manutenção da textura. Observou-se tendência linear decrescente com o aumento dos níveis de 1-MCP, também de acordo com a porcentagem de solubilização. Destacaram-se os níveis de 60 e 90 ng/g de 1-MCP.

Os frutos com calibre maior apresentaram uma 1-MCP, em que se observa menores teores de pectina solúvel.

Von Loesecke (1950), Lizada et al. (1990) e Kojima et al (1994) observaram um aumento no teor de pectina solúvel durante a maturação da banana. Vilas Boas (1995) obteve resultados semelhantes em banana 'Prata', sendo que o fruto verde apresentou 43 mg/100 g, e o maduro, 443 mg/100 g. Com base nestes resultados, nota-se que o 1-MCP inibiu a solubilização de pectinas da banana 'Prata-Anã' em todos os níveis utilizados, sendo ainda necessário levar em consideração que estes frutos foram climatizados.

TABELA 7 Valores médios de pectina total de bananas 'Prata-Anã' em dois diferentes calibres e climatizadas por 24 horas.

CALIBRES	PECTINA TOTAL*
Menor	697.35a
Maior	641.31 b

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de F (P<0,01).

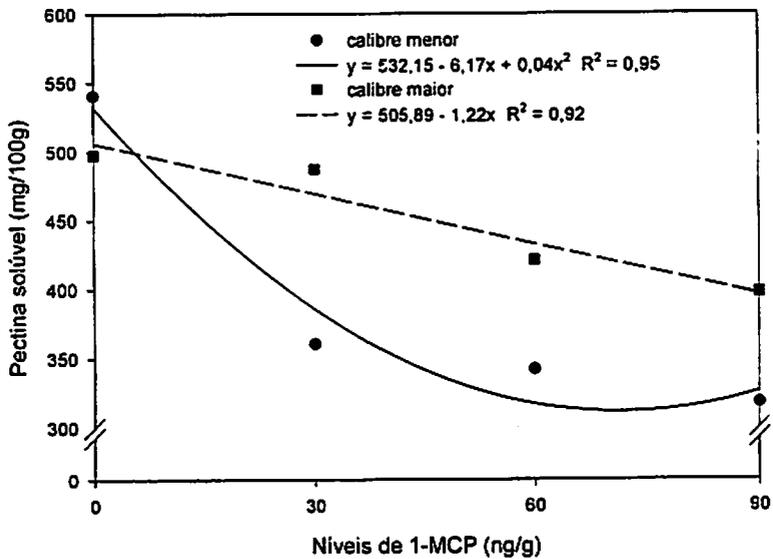


FIGURA 12 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para Pectina solúvel de bananas 'Prata-Anã' com calibre maior e calibre menor submetidas a diferentes níveis de 1-MCP, climatizadas por 24 horas.

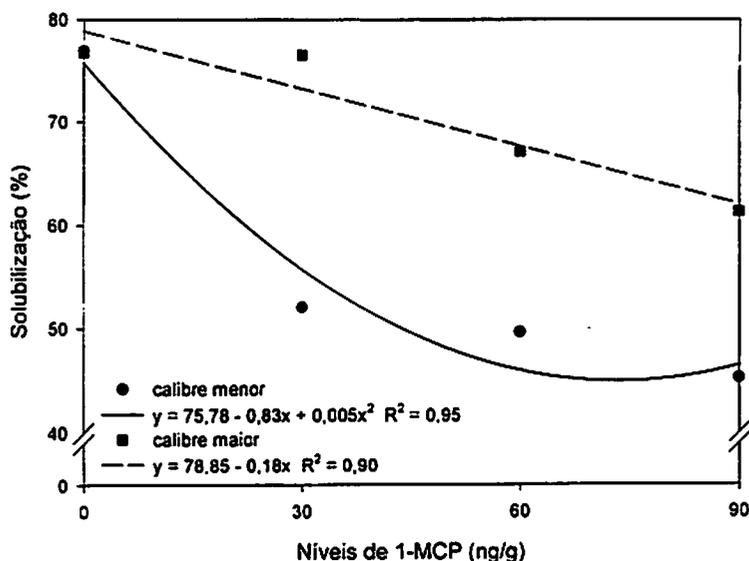


FIGURA 13 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para solubilização de pectinas de bananas 'Prata-Anã' com calibre maior e calibre menor submetidas a diferentes níveis de 1-MCP e climatizadas por 24 horas.

4.12 Pectinametilesterase (PME) e Poligalacturonase (PG)

A solubilização de substâncias pécticas implicam no envolvimento das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase nos processos de degradação da pectina (Hultin & Levine, 1965; Ahmad & Labavitch, 1980; Lizada et al., 1990). Segundo Fennema (1993), essas enzimas são comumente encontradas em frutos tropicais e suas atividades são sempre maiores durante a fase de maturação.

Com relação a PME, houve interação significativa para os fatores estudados (Tabela 7A).

Na Figura 14 pode-se observar a atividade da PME nos diferentes tratamentos. Nota-se uma maior atividade da enzima no grupo controle, coincidindo com um maior teor de pectina solúvel (Figura 12).

Nos frutos com calibre menor, observou-se uma atividade de PME decrescente, sendo que, a 90 ng/g, a atividade é praticamente insignificante, quando comparada com a atividade dos demais frutos tratados com os níveis de 1-MCP. Esta atividade de PME é condizente com os menores teores de pectina solúvel até 60 ng/g (Figura 12), demonstrando que mesmo com a climatização, o processo de amadurecimento dos frutos tratados com 1-MCP foi mais lento que o dos frutos controle.

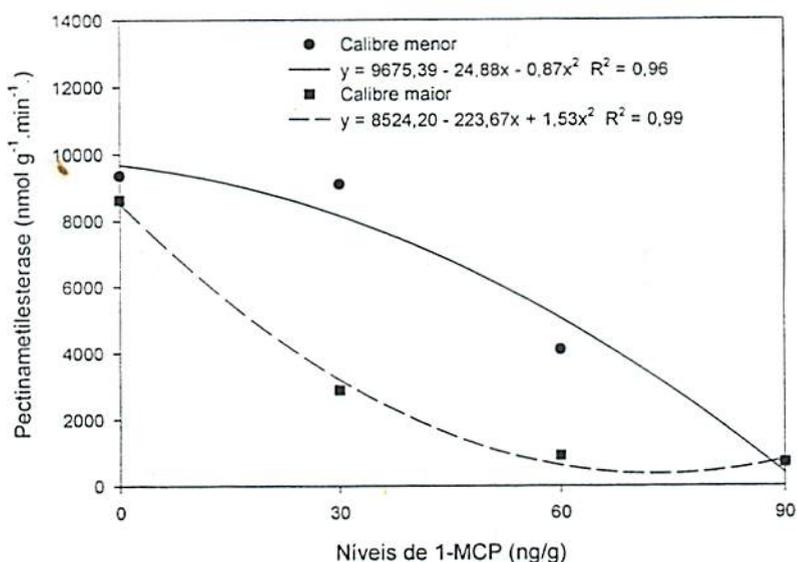


FIGURA 14 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para atividade de pectinametilesterase em bananas 'Prata-Anã' com calibre maior e calibre menor submetidas a diferentes níveis de 1-MCP, climatizadas por 24 horas.

Os frutos com calibre maior apresentaram comportamento similar ao dos frutos com calibre menor, divergindo apenas nos níveis de 60 e 90 ng/g, nos quais a atividade da enzima é considerada praticamente insignificante em

relação a 0 e 30 ng/g, apesar de haver alto teor de pectina solúvel (Figura 12) e alta porcentagem de solubilização (Figura 13) nestes níveis.

Vilas Boas (1995) observou, em banana 'Prata', dois picos de atividade de PME durante a maturação, o que não ocorreu no presente trabalho, no qual os frutos estavam em estádios de maturação não tão distintos quanto os do referido autor, devido à climatização dos mesmos.

Com relação à poligalacturonase, também houve interação significativa para níveis de 1-MCP e calibre (Tabela 7A – Anexo).

Observa-se, através da Figura 15, que nos níveis de 30 e 60 ng/g, nos dois calibres, a atividade da PG foi menor em relação ao controle.

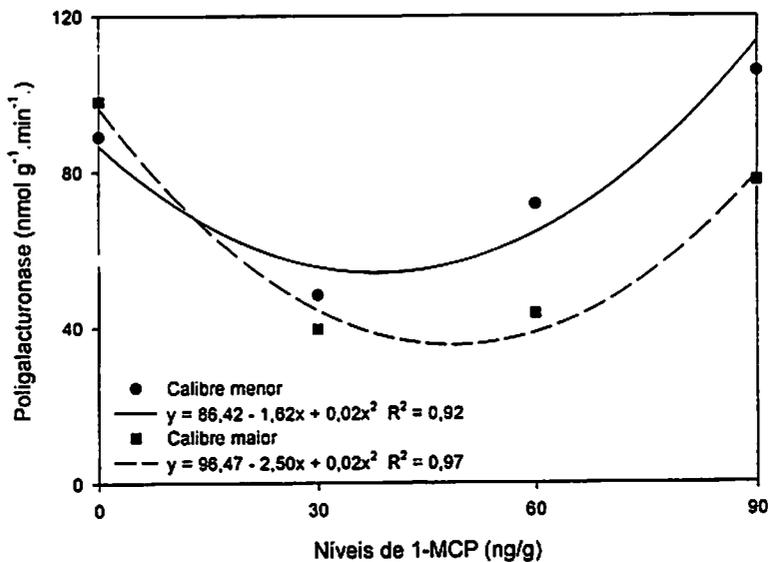


FIGURA 15 Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação para atividade de poligalacturonase em bananas 'Prata-Anã' com calibre maior e calibre menor submetidas a diferentes níveis de 1-MCP, climatizadas por 24 horas.

A partir de 60 ng/g, verifica-se um aumento na atividade da enzima, sendo a maior atividade detectada nos frutos tratados com 90 ng/g de 1-MCP em relação aos demais tratamentos.

Nota-se, portanto, um aumento na atividade da PG de 60 até 90 ng/g, enquanto, nesses níveis, a atividade da PME é praticamente insignificante (Figura 14). Segundo Pressey & Avants (1982), a PME desesterifica a pectina, aumentando a solubilização da parede celular pela atuação da poligalacturonase. Supõe-se, portanto, que a partir do nível de 60 ng/g, a atividade da pectinametilsterase já houvesse praticamente cessado, estando atuando, de forma mais efetiva, a poligalacturonase.

5 CONCLUSÕES

Sob as condições experimentais estudadas, o presente trabalho permite concluir que:

- O uso de 1-MCP demonstrou ser eficiente em inibir o amadurecimento dos frutos em todas as concentrações utilizadas, sobressaindo-se as de 60 e 90 ng/g.
- Os frutos com calibre maior responderam de maneira mais efetiva ao tratamento com o 1-MCP, caracterizando-se por apresentarem maiores teores de amido e efeito significativo em ATT relação SST/ATT e umidade.
- Os frutos, em todos os tratamentos, responderam satisfatoriamente ao processo de climatização, apresentando coloração amarela uniforme, porém não totalmente maduros. Portanto, a vida pós-colheita dos mesmos estendeu-se para além do período de armazenamento, proporcionando, na simulação a que o presente trabalho pretendeu realizar, um maior tempo para a comercialização do fruto.
- O uso do 1-MCP, nas concentrações utilizadas, não impediu que o processo de amadurecimento evoluísse após a climatização dos frutos.
- Não houve impacto negativo sobre a composição qualitativa da banana 'Prata-Anã' mediante o uso de 1-MCP, a julgar pelas variáveis analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC RESEARCH - Toucan Trade Company - Setex/SEBRAE/MG - **Plant Business 2000.**

ABDI, N.; WILLIAM, B.; McGLASSON, A.; PAUL HOLFORD, A.; MARK WILLIAMS, B. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 29-39, Sept. 1998.

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALVEIT JR., M. E. (Ed.). **Ethylene in plant biology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1992. 414 p.

AHMAD, A. E.; LABAVITCH, J. M. Cell wall metabolism in ripening fruits. **Plant Physiology**, Rockville, v. 65, n. 5, p.1009-1013, May 1980.

AGRIANUAL - Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: SNT, 2001. p. 194-200.

AREAS, J. A. G.; LAJOLO, F. M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas préclimáticas e climáticas. **Anais de Farmácia e Química de São Paulo**, São Paulo, v. 20, n. 1/2, p. 307-18, 1980.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 12. ed. Washington. 1992. 2 v.

BARNELL, H. R. Studies in tropical fruits. XI Carbohydrate metabolism of the banana fruit during ripening under tropical conditions. **Annals of Botany**, London, v. 5, n. 18, p. 217-247, 1941

BITTER, V.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 34, n. 4, p. 330-334, Apr. 1962.

BLANKENSHIP, S. Ethylene effects and the benefits of 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n. 108, p. 2-4, 2001. (Special Issue).

BLEINROTH, E. W. **Maturação da banana**. Campinas: ITAL/Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1972. 18 p. (ITAL. Instruções Práticas, 3).

BOBBIO, F. A.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Livraria varela. 1995.

BOTREL, N.; FREIRE JUNIOR, M.; VASCONCELOS, R. M.; BARBOSA, H. T. G. Inibição do amadurecimento da banana "Prata-Anã" com a aplicação do 1-metilciclopropeno. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 53-56, abr. 2002.

BRAZILIAN FRUIT. 2000. Disponível
<www.brazilianfruit.com.br/banana.htm#inicio>. Acesso em: jan. 2002.

BURG, S. P.; BURG, E. A. Relationship between ethylene production and ripening in bananas. *Botanical Gazette*, Chicago, v. 126, n. 3, p. 200-205, 1965.

CARVALHO, H. A. **Qualidade de banana 'Prata' previamente armazenada em saco de polietileno, amadurecida em ambiente com elevada umidade relativa**. 1984. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

CARVALHO, V. D.; PÁDUA, T. **Relação entre a classificação física da banana Prata e os componentes físicos e químicos dos frutos responsáveis por sua qualidade: projeto fruticultura; relatório anual 74/77**. Belo Horizonte, 1978. p.71-75.

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

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

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

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

DEE, D. V. **Examining the Banana's Appeal**. Disponível em:
<<http://www.eatmorebananas.com/facts/nutrition.htm>>. Acesso em: jan. 2001.

DEULLIN, R.; MONNET, J. **Observations sur la dureté de la pulpe de la banane**. *Fruits*, Paris, v. 11, n. 8, p. 341-354, Aug. 1956.

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

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O K. Quantidade e preços da banana-“Prata” comercializada nas ceasas do Distrito Federal, São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro, no período de 1995 a 1999. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 593-596, dez. 2001.

FAO PRODUCTION YEARBOOK - 1986-1994. Rome: FAO, v. 40-48, 1986 - 1994.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1993. 1100 p.

FERNANDES, K. M.; CARVALHO, V. D.; CAL-VIDAL, J. Physical changes during ripening of Silver bananas. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, n. 4. p. 1254-1255, July/Aug. 1979.

FONSECA, H. et al. **Bioquímica de Alimentos**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 249 p.

FORSYTH, W. G. C. Banana and plantain. In: NAGY, S.; SHAW, P. E. (Ed.). **Tropical and subtropical fruits**. Westport: Avi, 1980. 570 p.

FRUTISÉRIES. “Banana”. Brasília: Ministério da Integração Nacional, v. 6, Brasília. agosto. 2000.

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

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannis in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v. 2, n. 4, p. 371-383, Sept. 1963.

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

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

HAARD, N. F. The isolation and parcial characterization of the mitochondria from the pulp of the ripening banana. 1967. Thesis (Ph D) - University of Massachusetts, Massachusetts.

HANDENBURG, R. E. Effect of in-package environmental on keeping quality of fruits and vegetables. Hortscience, Alexandria, v. 6, n. 3, p. 198-201, June 1971.

HERNANDEZ, E. Câmbio físicus y químicus durante la maduración de cambures y plátanos. Revista de la facultad de Agronomia. V.7 n° 1, p. 7-19. 1985? [on line]. Disponível: http://www.Redpav-fpolar.info.vr/fagroluz/v07_v071z001.html. [capturada em dezembro 2001]

HUBER, D. J. Polyronide degradation and hemicelulose modifications inripening tomato fruit. Journal of the Americam Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 108, n. 3, p. 405-409, May 1983.

HULME, A.C. The biochemistry of fruits and their products. London: Academic Press, 1970. 2 v. (Food Science and Technology. Series of Monographs).

HULTIN, H. O.; LEVINE, A. S. Pectini Methil esterase in ripening banana. Journal of Food Science, Chicago, v. 30, n. 6, p. 917-920, Nov./Dec. 1965.

ISRAELI, Y.; LAHAV, E. Banana. In: MONSELISE, S. P. CRC handbook of fruit set and development. Flórida: CRC Press, 1986. p. 45-73.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic in sweet Bell Peppers (Capsicum annum L.). Journal of Food Science, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1045-1087, July/Aug. 1984.

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

JIANG, Y.; DARYE, C.; MACNISH, A. Responses of banana fruit to treatment with 1-mehylcyclopropene. Plant Growth Regulation, Dordrecht, v. 28, n. 1/2, p.77-82, Jan. 1999.

KENDE, H. Ethylene Biosynthesis. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto, v. 44, n. 283, p. 307, 1993

KETIKU, A. O. Chemical composition of unripe (green) and ripe plantain (*Musa paradisiaca*). **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 24, n. 6, p. 703-706, June 1973.

KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; SCARPARE FILHO, J. A. Colheita e climatização da banana. Disponível em:
<<http://www.ciagri.usp.br/~rakluge/matban.html>>. Acesso em: fev. 2002.

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

KONISHI, Y.; KITAZATO, S.; ABANO, R. Polymorphism of acid and neutral γ -glucosidases in banana pulp: changes in apparent p_i s and affinity to Com A of the enzymes during ripening. **Agricultural Biological Chemistry**, Tokyo, v. 55, n. 4, p. 1089-1094, Apr. 1991.

LICHTENBERG, L. A. Banana: produção, colheita e pós-colheita. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. v. 20. n. 196. p. 73-90, jan./fev. 1999.

LICHTENBERG, L. A. et al. Suscetibilidade varietal de frutos de bananeira ao frio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 568-572, dez. 2001.

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

LOESECKE, H. W. von. **Bananas**. New York: Interscience, 1950. 189 p.

LODH, S. B.; PANTASTICO, Er. B. Physicochemical changes during growth of storage organs. In: PANTASTICO, Er. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975. p. 41-45

MAO, W. W.; KINSELLA, J. E. Amylase activity in banana fruit – properties and changes in activity with repining. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 5, p. 1400-1403, Sept./Oct. 1981.

MARKOVIC, O.; HEINRICOVA, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection of Czechoslovak Chemical Communications**, Prague, v. 40, n. 3, p. 769-774, 1975.

MARRIOTT, J.; ROBINSON, M.; KARIKARI, S. K. Starch and sugar transformation during the ripening of plantains and bananas. **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 32, n. 10, p. 1021-1026, 1981.

MARRIOTT, J.; PALMER, J. K. Bananas: physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. **CRC Critical Review in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 13, n. 1, p. 41, Jan. 1980.

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

McNISH, A. J. et al. 1-methylcyclopropene delays ripening of "Cavendish" banana fruit. In: AUSTRALUSIAN POSTHARVEST HORTICULTURE CONFERENCE, 1997, Hawkesbury, Australia. **Proceedings...** Hawkesbury: Australian Society of Horticultural Science, 1997. p. 282-284.

MEDINA, J. C. Cultura. In: ITAL. **Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas, 1993. cap. 1, p. 1-131.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas - SP: Fundação Cargill, 1987. 335 p.

MURATA, T. Physiological and biochemical studies of chilling injury in banana. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 22, n. 2, p. 401-411, Feb. 1969.

NAIR, P. N.; DARAK, B. G. Identification of multiple forms of phosphofructokinase in ripening dinarf cavendish banana. **Phytochemistry**, Oxford, v. 20, n. 4, p. 605-609, Apr. 1981.

PALMER, J. K. The Banana. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. 2 v. (Food Sciences and Technology. Series of Monographs).

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

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonase: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 6, n. 1, p. 57-74, Mar. 1982.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Separation and characterization of the exopolygalacturonase and endopolygalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, Rockville, v. 52, n. 3, p. 252-256, Sept. 1973.

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

RIGGIN, R. M.; MCCARTHY, M. J.; KISSINGER, P. T. Identification of salsolinol as a major dopamine metabolite in banana. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 24, n. 1, p. 189, Jan. 1976.

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

ROHM AND HAAS. **1-Metilciclopropeno (1-MCP) [SI]**: Agrofresh, [2002]. (Boletim Técnico).

ROIG, M. G.; RIVERA, Z. S.; KENNEDY, J. F. L-ascorbic acid: an overview. **International Journal of Food Science and Nutrition**, Oxford, v. 44, p. 49-72, 1993.

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

RYALL, A. L.; LIPTON, W. J. **Handling, transportation and storage of fruits and vegetables: vegetables and melons**. Westport: AVI, 1972. v. 1, 473 p.

RYALL, A. L.; PENTZER, W. T. **Handling, transportation and storage fruits and vegetables: fruits and tree nuts.** Westport: AVI, 1974. v. 2, 545 p.

SALMINEN, S. O.; YOUNG, R. E.; SEPPO, O. The control properties of phosphofructokinase in relation to the respiratory climacteric in banana fruit. **Plant Physiology**, St. Paul, v. 55, n. 1, p. 45-50, Jan. 1975.

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

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química de plantas.** Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SEREK, M.; SISTER, E. C. Effects of 1-MCP on the vase life and ethylene response of cut flowers. **Plant Growth Regulator**. v. 16, p. 93-97, 1995a.

SEREK, M.; SISTER, E. C. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents effects in pollinated flowering plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 6, p. 1230-1233, Nov. 1994.

SEREK, M.; TAMARI, G.; SISTER, E. C. 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruits, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 394, p. 337-345, 1995b.

SGARBIERI, V.C. Estudo da composição química do abacaxi. **Boletim do Centro Tropical de Pesquisa e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n.7, p.37-50, ago. 1966.

SHUKLA, R. N.; SINGH, S.; DAS, N.; BAIJAL, M.; SANWAL, G. G. Carbohydrate metabolism *musa-paradisica*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 12, n. 5, p. 979-985, 1973.

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

SINGH, S.; SANWAL, G. G. Characterization of multiple forms of xglucan phosphorylase from *musa paradisica* fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v. 14, n. 2, p. 113-118, Jan. 1975.

SISTER, E. C.; BLANKENSHIP, S. M. Effects of modified atmosphere storage on banana postharvest diseases and control of bunch main-stalk rot. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 3, n. 1, p. 143-154, 1993.

SOTO-BALLESTERO, M. **Banana: cultivo y comercialización**. 2. ed. Tibas, Costa Rica: Litografía e Imprenta Lil. 1992. 674 p.

STROECKER, R.; HENNING, H. M. **Analises de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TAN et al. Changes of the petic substances in the ripening of bananas (*Musa sapientum*, cultivar emas) after storage in polyethylene bags. **ASEAN Food Journal**, v.2, n.2, p.76-77, 1986.

VAN BUREN, J. Fruits fenolics. In: HULME, A.C.,ed. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic press, 1970. v.1 p.269-304.

VIEIRA, O. J. **Efeitos da radiação gama em banana 'Prata' (*Musa sp.*, grupo AAB) irradiada e armazenada em condições ambiente e em câmara fria**. Piracicaba. 1995. 122 p.

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

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, p. 155-189. 1984.

ANEXO

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Análise de variância para compostos fenólicos e relação polpa/casca em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP.....	67
TABELA 2A	Análise de variância para textura e umidade em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP.....	67
TABELA 3A	Análise de variância para acidez titulável, pH, SST e SST/Acidez em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP.....	67
TABELA 4A	Análise de variância para amido e açucares totais em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP.....	68
TABELA 5A	Análise de variância para vitamina C em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP...	68
TABELA 6A	Análise de variância para pectina total, pectina solúvel e solubilização em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP.....	68
TABELA 7A	Análise de variância para pectinametilsterase e poligalaturonase em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP.....	69

TABELA 1A Análise de variância para compostos fenólicos e relação polpa/casca em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	Compostos fenólicos	Relação polpa/casca
Níveis de 1-MCP	3	284,31**	0,79**
Calibre	1	12,16	3,12**
Níveis de 1-MCP x Calibre	3	8,24	0,26
Resíduo	24	4,06	0,15
Total	31	---	---
CV(%)	---	4,05	18,75

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

TABELA 2A Análise de variância para textura e umidade em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	Textura	Umidade
Níveis de 1-MCP	3	3,16	12,36**
Calibre	1	12,31**	18,03**
Níveis de 1-MCP x Calibre	3	1,73	8,70**
Resíduo	24	0,93	0,32
Total	31	---	---
CV(%)	---	9,94	0,82

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F (P<0,05).

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

TABELA 3A Análise de variância para acidez titulável, pH, SST e SST/Acidez em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	Acidez titulável	pH	SST	SST/Acidez
Níveis de 1-MCP	3	0,008628	0,02	31,9*	125,22**
Calibre	1	0,033411*	0,19**	1,83	53,63
Níveis de 1-MCP x Calibre	3	0,016425*	0,04	7,65	93,66**
Resíduo	24	0,004629	0,01	4,57	20,70
Total	31	---	---	---	---
CV(%)	---	11,17	2,64	14,42	18,34

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F (P<0,05).

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F (P<0,01).

TABELA 4A Análise de variância para amido e açúcares totais em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de I-MCP.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	AMIDO	AÇÚCARES TOTAIS
Níveis de I-MCP	3	113,211095**	25,188595**
Calibre	1	21,338411*	4,060538
Níveis de I-MCP x Calibre	3	14,7139*	23,309323**
Resíduo	24	4,21866	3,383677
Total	31	---	---
CV(%)	---	21,61	11,80

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F ($P < 0,05$).

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F ($P < 0,01$).

TABELA 5A Análise de variância vitamina C total em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de I-MCP.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	Vitamina C total
Níveis de I-MCP	3	141,75**
Calibre	1	50,56*
Níveis de I-MCP x Calibre	3	16,02
Resíduo	24	7,51
Total	31	---
CV(%)	---	15,90

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F ($P < 0,05$).

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F ($P < 0,01$).

TABELA 6A Análise de variância para pectina total, pectina solúvel e solubilização em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de I-MCP.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	Pectina total	Pectina solúvel	Solubilização
Níveis de I-MCP	3	630,13	40512,10**	831,11**
Calibre	1	25123,79**	29322,18**	1669,98**
Níveis de I-MCP x Calibre	3	34,20	10517,90**	217,70**
Resíduo	24	571,26	260,15	17,92
Total	31	---	---	---
CV(%)	---	3,57	3,83	6,70

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F ($P < 0,01$).

TABELA 7A Análise de variância para pectinametilsterase e poligalacturonase em banana 'Prata-Anã' submetida a diferentes níveis de 1-MCP.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	Pectinametilsterase	Poligalacturonase
Níveis de 1-MCP	3	108708778,24**	4909,54**
Calibre	1	51180006,11**	1556,62**
Níveis de 1-MCP x Calibre	3	47080053,49**	632,88**
Resíduo	24	19197099,79	46,97
Total	31	---	---
CV(%)	---	19,66	9,55

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F ($P < 0,01$).