



**INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA CONTROLADA
SOBRE A VIDA PÓS-COLHEITA E QUALIDADE
DE BANANA “PRATA ANÃ”**

CARMOZENE MARIA SILVA SANTOS

2003

CARMOZENE MARIA SILVA SANTOS

**INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA CONTROLADA SOBRE A VIDA PÓS-
COLHEITA E QUALIDADE DE BANANA “PRATA ANÃ”**

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

Orientador

Prof. Eduardo Valério de B. Vilas Boas.

Co-Orientadora

Dra. Neide Botrel

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003**

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

Santos, Carmozene Maria Silva

Influência da atmosfera controlada sobre a vida pós-colheita e qualidade de banana "Prata Anã" / Carmozene Maria Silva Santos. -- Lavras : UFLA, 2003.
56 p. : il.

Orientador: Eduardo Valério de B. Vilas Boas.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Musa (spp). 2. Armazenamento. 3. Refrigeração. 4. Qualidade. 5. Controle atmosférico. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.804772
-664.85

CARMOZENE MARIA SILVA SANTOS

**INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA CONTROLADA SOBRE A VIDA PÓS-
COLHEITA E QUALIDADE DE BANANA “PRATA ANÃ”**

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

Aprovada-

Dra. Mônica Elisabeth Torres Prado

CNPq - UFLA

Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra

UFLA


Prof. Dr. Eduardo Valério de B. Vilas Boas.

**UFLA
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

A Deus, pelo direcionamento dos meus caminhos!

Aos meus pais, Simião e Geusa, e aos meus irmãos.

Aos meus sobrinhos,

Júnior, Dinara Eric, Kaline,

Paulo, Erica, Kayron e Iasmin.

À minha família,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos - DCA, pela oportunidade da realização deste curso.

Ao Governo do Estado do Amapá, pela concessão da minha liberação para realização deste curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, pela disponibilidade laboratorial e do sistema de instalação da atmosfera controlada.

Ao Professor Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, pela orientação dedicada, cooperação, amizade construída e exemplar ensinamento durante o curso.

A Dra. Neide Botrel, pelo apoio na montagem e condução do experimento, participando com sua valiosa experiência e dedicação, pelas sugestões durante o trabalho e pela terna amizade.

Ao Dr. Sérgio Cenci, Do CTAA – EMBRAPA, pelo apoio nas instalações das atmosferas.

A todos os funcionários do CTAA, especialmente, Henriqueta, Caetano, Marcos e Mário.

A Dra. Ana Helena Romaniello Coelho, pelo estímulo e sugestões nas análises laboratoriais.

Professor Marcelo Oliveira, do Departamento de Estatística, pela oportunidade de freqüentar sua disciplina como ouvinte e pelo senso de solidariedade.

Aos Professores dos Departamentos de Ciência dos Alimentos e pelos ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos, Sandra, Constantina (Tina), Mércia e Helena, pela atenção dedicada.

Aos amigos, Augusto Oliveira e Rute, pelos primeiros incentivos nessa jornada.

Aos colegas do Amapá: Vitória Lucien, Nilson Sgarbieri, Wilson Moraes, Lúcia (Teca) Edmária, Lima Jr, Zuleide, Ana, Marta, Emílio, Antônio, e a todos que se fazem lembrar pelo apoio dispensado nessa conquista.

Ao Engenheiro Agrônomo Nélio e ao estagiário Waldomir, pelo apoio da realização das análises laboratoriais.

Aos amigos Cecília Sandra e Nil, Bel Caracas, Rejeana e Barbosa, Graciliano, Gerane, Pedro, Reginaldo e a todos não mencionados mas que estão presentes em minha vida, obrigada!

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Generalidades sobre a fruta.....	3
2.2 Aspectos fisiológicos.....	5
2.2.1 Padrões de atividade respiratória.....	6
2.2.2 Etileno.....	8
2.3 Transformações que ocorrem durante o amadurecimento.....	8
2.3.1 Perda de massa.....	9
2.3.2 Coloração.....	9
2.3.3 Acidez total titulável (ATT) e pH.....	10
2.3.4 Amido, sólidos solúveis (SST) e açúcares solúveis totais (AST).....	11
2.3.5 Amolecimento e degradação de substâncias pécnicas.....	12
2.4 Armazenamento.....	14
2.4.1 Refrigeração.....	14
2.4.2 Atmosfera controlada (AC).....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Local e período.....	21
3.2 Origem dos frutos.....	21
3.3 Colheita, transporte e armazenamento.....	21
3.4 Delineamento experimental.....	23
3.5 Controle de atmosferas.....	23
3.6 Controle de temperatura e umidade relativa.....	23
3.7 Avaliações físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas dos frutos....	23
3.7.1 Coloração.....	23
3.7.2 Despencamento.....	24
3.7.3 Perda de massa.....	24
3.7.4 Firmeza.....	24
3.7.5 Relação polpa casca.....	24
3.7.6 pH.....	24
3.7.7 Acidez total titulável (ATT).....	25

3.7.8 Sólidos solúveis totais (SST).....	25
3.7.9 Amido.....	25
3.7.10 Açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR).....	25
3.7.11 Pectina total (PT), pectina solúvel (PS) e solubilização.....	25
3.7.12 Atividade de pectinametilsterase (PME) e poligalacturonase (PG)....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 Coloração.....	27
4.2 Despencamento.....	28
4.3 Perda de massa.....	28
4.4 Relação polpa/casca.....	29
4.5 Acidez total titulável (ATT) e pH.....	31
4.6 Amido, sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST), não redutores (ANR) e redutores (AR).....	33
4.7 Degradação de substâncias pécticas.....	36
4.8 Firmeza.....	40
5 CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
ANEXOS.....	53

RESUMO

SANTOS, Carmozene Maria Silva. Influência da atmosfera controlada sobre a vida pós-colheita e qualidade de banana “Prata Anã”. 2003. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A banana é considerada uma fruta de alta perecibilidade em razão de sua alta taxa respiratória. A manutenção da qualidade de produtos hortifrutícolas deve-se às técnicas de armazenamento pós-colheita que reduzem as taxas respiratórias, retardam o amadurecimento e previnem as desordens fisiológicas dos produtos. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos e diferentes concentrações de O₂ e CO₂ em banana “Prata Anã”, em combinação com a refrigeração, durante 30, 35 e 40 dias de armazenamento. O experimento foi conduzido no Centro Tecnológico de Agroindústria Alimentar - CTAA da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA-RJ. O delineamento foi inteiramente casualizado. Foram utilizados frutos no grau 2 de maturação (verdes-maturos), armazenados à temperatura de 12,5°C (±0,5) e umidade relativa a 98%, (±1,0). Os frutos foram subdivididos em diferentes condições de atmosfera controlada (AC), a saber: grupo controle (atmosfera normal); 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂ (2/4); 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂ (3/7) e 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂ (4/10). Os frutos submetidos à AC 2/4 e 3/7 não haviam atingido o grau 7 de coloração da casca aos 40 dias de armazenamento, enquanto 24 dias e 32 dias foram necessários para que os frutos controle e submetidos à AC 4/10, respectivamente, alcançassem tal grau de maturação. A perda de massa e a relação polpa/casca foram menores nos frutos sob AC. Houve retenção do amido, sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST) nos frutos sob AC, sobretudo nos tratamentos 2/4 e 3/7 aos 35 e 40 dias de armazenamento. Os frutos sob AC a 3/7 apresentaram maior firmeza durante os 40 dias de armazenamento e menor atividade da enzima poligalacturonase (PG). O armazenamento de frutos sob atmosfera controlada é eficaz em estender a vida pós-colheita de banana “Prata Anã”.

*Comitê Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (Professor Orientador), Neide Botrel - CTAA, EMBRAPA-RJ (Co-Orientadora)

ABSTRACT

SANTOS, Carmozene Maria Silva. Effect of controlled atmosphere on postharvest life and quality of "Prata Anã" banana. 2003. 56 p. Dissertation (Master in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

The banana is a fruit too perishable because of its high respiration rate. The quality maintenance of horticultural crops may be attained through postharvest storage technical that slow down the respiration rate, retard the ripeness and prevent physiological disorders of the products. The goal of this work was to evaluate the effect of different concentrations of O₂ and CO₂, combined with refrigeration, on quality and shelf-life of 'Prata Anã' banana during 30, 35 and 40 days of storage. The experiment was carried out in a completely randomly design at Technological Center of Food Agri-industry – EMBRAPA-RJ. Fruits at maturation stage or color 2 (mature green) were stored at 12,5°C (±0,5), relative humidity 98% (±1,0) and submitted to different conditions of controlled atmosphere (CA): control (regular atmosphere); 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂ (2/4); 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂ (3/7) and 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂ (4/10). The fruits submitted to CA 2/4 and 3/7 did not have developed the color 7 at 40 days of storage, whereas control fruits and under CA 4/10 spent 24 and 32 days to develop the color up to maturation stage 7, respectively. The mass loss and pulp/peel ratio were lower in the fruits under CA. There was retention of starch, total soluble solids (TSS) and total soluble sugars (TS) in the fruits under CA, mainly in those under 2/4 and 3/7 treatments at 35 and 40 days of storage. The fruits under CA 3/7 presented higher firmness over the storage 40 days and lower activity of poligalacturonase enzyme (PG). CA conditions extend the postharvest life of 'Prata Anã' banana.

*Guidance Committee: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas - UFLA (adviser), Neide Botrel - CTAA, EMBRAPA-RJ (Co-adviser).

1 INTRODUÇÃO

A fruta brasileira, aos poucos, vem ganhando espaço no mercado mundial e contribuindo para que o Brasil se torne um grande exportador, criando novas oportunidades de negócio aos agricultores. Entretanto, a melhoria das técnicas de produção e comercialização é fundamental para que frutas, como a banana, possam ser inseridas no mercado exportador. A cultura da bananeira tem evoluído consideravelmente nas últimas três décadas por ser um dos cultivos perenes que apresentam um fluxo contínuo de produção a partir do primeiro ano, tornando-se uma alternativa rápida de investimento ao produtor.

O Brasil é o terceiro produtor mundial de banana, sendo superado pela Índia e Equador. Embora apresentando grande potencial de produção, sua participação no mercado internacional ainda é pequena, menos de 1%, devido, principalmente, ao fato de que sua baixa qualidade não satisfaz às exigências dos países exportadores. A manutenção da qualidade dos produtos hotifrutícolas deve-se às técnicas de armazenamento pós-colheita que reduzem as taxas respiratórias, retardam o amadurecimento e previnem as desordens fisiológicas dos frutos. Tem-se ampliado a vida útil de produtos hortícolas, controlando-se os parâmetros ambientais, tais como temperatura e umidade relativa, nos quais estes produtos tenham sido armazenados. A atmosfera controlada (AC) é uma técnica utilizada para manter a qualidade de produtos hotifrutícolas pela modificação do ar atmosférico que os rodeia. Geralmente associada a baixas temperaturas, consiste na redução de O_2 e elevação de CO_2 (atmosfera controlada – AC e/ou modificada - AM), que tem seu efeito direto sobre a atividade respiratória dos produtos, retardando as alterações bioquímicas durante seu amadurecimento.

Pouco se conhece da utilização da atmosfera controlada em banana, em

escala comercial. No âmbito das pesquisas laboratoriais, têm-se obtido resultados da utilização da redução de O_2 de 21kPa para 10kPa e adição de CO_2 de 5kPa a 10kPa. Da mesma forma que a AC retarda o amadurecimento de frutos e hortaliças, estudos sobre seus efeitos podem determinar uma importante contribuição nas pesquisas de embalagens de produtos frutíferos, considerando-se que as respostas metabólicas sobre a conservação dos frutos armazenados sob AC dão subsídios para o desenvolvimento de barreiras artificiais (filmes poliméricos) utilizadas no armazenamento de produtos sob AM. Alguns autores enfatizam a necessidade de maior disponibilidade e diversidade de embalagens que apresentem diferentes permeabilidades ao O_2 e CO_2 que atendam de maneira satisfatória às exigências respiratórias das frutas e hortaliças frescas.

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência de diferentes concentrações de $O_2 + CO_2$ sobre a vida pós-colheita e a qualidade de banana “Prata Anã” com base em análises físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Generalidades sobre a fruta

A palavra banana é oriunda da língua serra-leonesa e liberiana da costa ocidental da África. Apesar de não se precisar com exatidão sua origem, admite-se que seja do oriente sul da China ou da Indonésia. Há referências de sua presença na Índia, Malásia e Filipinas, onde tem sido cultivada há mais de 4.000 anos (Silva, 1998).

Conforme a sistemática botânica de classificação, as bananeiras produtoras de frutos comestíveis são plantas monocotiledôneas pertencentes à ordem Scitamineae, em que se inclui a subfamília Musoideae, gênero *Musa*, constituído por quatro séries ou seções: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* e (Eu-) *Musa* (Simmonds, 1973).

A separação entre *Rhodochlamys* e (Eu-) *Musa* é artificial e não reflete bem os graus de isolamento reprodutivo. A seção (Eu-) *Musa* é a mais importante, pois, além de ser formada pelo maior número de espécies do gênero, apresenta ampla distribuição geográfica e abrange as espécies de bananas comestíveis (Shepherd, 1990).

Na evolução das bananeiras de frutos comestíveis, participaram, principalmente, as espécies diplóides selvagens *M. acuminata* e *M. balbisiana*, de modo que cada cultivar deve conter combinações variadas de genomas completos dessas espécies parentais. Esses genomas são denominados pelas letras A (*M. acuminata*) e B (*M. balbisiana*), de cujas combinações resultaram os grupos AA, BB, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB, AABB, e AB BB (Simmonds & Shepherd, 1955).

Por ser uma frutífera de clima tropical, a bananeira apresenta seu 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).

A bananeira “Prata” é uma cultivar triplóide, do grupo AAB, classificada como um híbrido entre as espécies *Musa acuminata* e *Musa balbisiana* Colla (Medina, 1985), de alto porte e baixo peso dos cachos (6-15 kg), sendo a sua exploração voltada quase que exclusivamente para o consumo ‘in natura’ (Gomes, 1980).

A banana ‘Prata’ comum (AAB) é considerada uma das mais importantes bananas “nobres” cultivadas no país, de grande aceitação e valor de mercado interno, destacando-se como desvantagem seu porte muito elevado, o que dificulta a execução dos tratos culturais e colheita (Silva, 1998).

Tendo seus frutos semelhantes aos da banana ‘Prata’ comum, a banana “Prata Anã” (AAB) não apresenta dificuldades de comercialização. Devido à menor altura e menor susceptibilidade ao mal-do-panamá e maior produtividade, os plantios comerciais da banana “Prata” comum estão sendo substituídos pela cultivar “Prata Anã” (Vicente & Perez, 1998). Esta cultivar apresenta um excelente potencial produtivo; sob condições de irrigação, produz de 30 a 35 toneladas/ha por ciclo produtivo (Sales, 2002).

O mercado internacional é dominado pelas cultivares do subgrupo Cavendish (‘Nanica’, ‘Nanicão’, ‘Gros Michel’, etc.), mas, devido às características da cultivar Prata, evidenciadas pelo excelente sabor e composição química, segundo Manica (1988), acredita-se que esta cultivar possa concorrer no mercado internacional. Isto colocaria o Brasil em vantagem em relação aos outros países exportadores, tendo em vista que a cultivar “Prata” é predominante em nosso país.

O Brasil é o maior consumidor mundial de bananas e o terceiro maior produtor mundial, com 5,5 milhões de toneladas, atrás do Equador (6,4 milhões) e da Índia (11 milhões). A área de cultivo é maior, mas a produtividade ainda é baixa diante do desempenho de outros países que lideram o mercado global.

Dados do Ministério da Agricultura do ano de 2002 mostram que, apesar de ter sido a segunda fruta mais exportada, em volume, no ano de 2000, perdendo apenas para a laranja, a banana foi a sétima em faturamento (US\$ 12 milhões). O mercado interno brasileiro consome por ano, praticamente 99% da produção. Somente pouco mais de 1% da produção é destinada à exportação (Anuário..., 2002).

O estado de Minas Gerais, um dos principais produtores de banana do Brasil, possui uma área de aproximadamente 38.014 ha cultivada de banana, onde a predominância é banana “Prata” e, principalmente, a “Prata Anã” (Botrel et al., 2002).

2.2 Aspectos fisiológicos

O crescimento do fruto envolve a divisão celular e subsequente alargamento das células, que determina o tamanho final do produto. A maturação normalmente começa antes do crescimento cessar e inclui diferentes atividades bioquímicas em diferentes produtos. Considera-se, geralmente, que o amadurecimento, termo reservado para frutos, começa nos últimos estádios de maturação até que se torne o primeiro estágio da senescência, que é definida como o período quando os processos bioquímicos anabólicos (sintéticos) dão lugar aos catabólicos, levando ao envelhecimento e, finalmente, à morte dos tecidos (Vilas Boas et al., 2001).

A banana, assim como outros frutos, sustentam o seu desenvolvimento com a energia gerada pela respiração. Na fase de pré-colheita, o desenvolvimento é garantido pela atividade fotossintética da planta-mãe.

Entretanto, mesmo após a colheita, o fruto mantém seu estado energizado, continuando a respirar. Nessa fase, porém, o fruto sobrevive das próprias reservas. Assim, sua vida de prateleira depende diretamente da sua atividade respiratória: quanto maior a atividade respiratória, menor a vida pós-colheita (Vilas Boas et al., 2001).

2.2.1 Padrões de atividade respiratória

A respiração é um processo pelo qual os materiais orgânicos armazenados (carboidratos, proteínas e gorduras) são quebrados em produtos finais simples com liberação de energia. A perda de reservas armazenadas no produto durante a respiração é traduzida pelo avanço da senescência à medida que as reservas que proporcionam energia para manter o status de vida do produto são exauridas pela redução do valor alimentar (valor energético) para o consumidor, pela perda da qualidade do sabor e aroma, especialmente doçura e pela perda de peso seco comercializável (Kader, 2002).

A banana é classificada como um fruto de alta perecibilidade, cuja longevidade, sob refrigeração vai além de três semanas, tanto para frutos maduros como verde-maduros. Esta alta perecibilidade está associada às altas taxas de respiração que a banana apresenta em comparação com outros frutos, podendo atingir até 200 ml de $\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a 15°C (Wills, 1998).

De maneira geral, a respiração passa a ser o principal processo fisiológico de frutos, uma vez que após a colheita eles não dependem mais da absorção de água e minerais efetuados pela raiz, da condução de nutrientes pelo sistema vascular, nem da atividade fotossintética das folhas da planta-origem. Portanto, após a colheita, os frutos têm vida independente e utilizam seus próprios substratos, acumulados durante seu crescimento e maturação, com conseqüente depressão progressiva nas reservas de matéria seca acumulada (Chitarra, 2001).

Em 1970, Rhodes, citado por Chitarra (2001), utilizando como critério a variação da respiração durante o amadurecimento conceituou os frutos como climatéricos e não climatéricos. Climatério é o período da ontogenia de certos frutos, durante o qual uma série de mudanças bioquímicas é iniciada pela produção autocatalítica do etileno, marcando a mudança entre o desenvolvimento e a senescência, envolvendo um aumento na respiração e condução no amadurecimento. Segundo Chitarra & Chitarra (1984), os frutos climatéricos apresentam um climatério respiratório durante a maturação, normalmente precedido ou acompanhado por uma ascensão na produção de etileno que culmina com o amadurecimento dos frutos. Tais frutos podem ser colhidos verdes, desde que maduros fisiologicamente, pois amadurecem após a colheita. Frutos não-climatéricos, ao contrário dos climatéricos, apresentam um contínuo decréscimo em sua taxa respiratória durante o crescimento e após a colheita, independente do estágio de desenvolvimento em que foram colhidos. O amadurecimento ocorre, então, exclusivamente quando os frutos ainda estão ligados à planta-mãe.

De acordo Biale & Young (1962), a curva respiratória de frutos climatéricos ocorre numa fase com baixos valores respiratórios, chamados mínimos pré-climatérico, seguido de um aumento na taxa respiratória, até atingir um máximo denominado pico-climatérico. A queda da respiração após o pico-climatérico é atribuída à diminuição da atividade enzimática do sistema mitocondrial e diminuição dos substratos da respiração (Hulme et al., 1971).

Segundo Vilas Boas (2002), a taxa respiratória é um excelente indicador da atividade metabólica do tecido, constituindo-se num importante indicador do potencial de conservação do fruto. O padrão respiratório, por unidade de massa, declina com a idade.

2.2.2 Etileno

O etileno é um hormônio vegetal volátil que desempenha um papel crucial no estímulo ao amadurecimento dos frutos climatéricos. A emissão de etileno representa um gatilho que dispara rapidamente as modificações que resultam na transformação da banana em um fruto apto para o consumo. Tais transformações envolvem mudanças na aparência, no sabor, no aroma e na textura. Por ser um fruto climatérico, a banana apresenta uma ascensão respiratória e de etileno, que marca o início de seu amadurecimento (Vilas Boas et al., 2001).

2.3 Transformações que ocorrem durante o amadurecimento

No amadurecimento ocorrem atividades anabólicas e catabólicas. Há perda de energia à medida que os substratos são convertidos em moléculas simples e energia. A ligação energética é usada para várias atividades fisiológicas e para manutenção da integridade celular (Kader, 2002).

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

2.3.1 Perda de massa

Durante a fase de crescimento os frutos estão quase sempre perdendo água, podendo até diminuir de volume durante os períodos mais quentes e secos do dia, repondo esta umidade perdida à noite. Ademais, a planta pode suprir esta deficiência hídrica. Após a colheita, este processo de perda hídrica continua, com a agravante de não poder mais ser reposta pela planta, portanto, a perda d'água pode ser um dos principais determinantes para perda de massa e deterioração do fruto (Sigrist, 1992).

Em decorrência da transpiração, o fruto perde massa durante o armazenamento, devido à perda de água por meio de sua estrutura anatômica (estômatos, lenticelas, cutículas, pedúnculo) (Neves Filho, 2002). A taxa de perda de massa é influenciada pela estrutura e condições fisiológicas do fruto, dependendo ainda das condições de armazenamento (Moreira, 2000). A umidade relativa da atmosfera interna de praticamente todos os frutos é de, pelo menos, 99%, enquanto que a umidade relativa da atmosfera circundante externa é sempre menor. Portanto, o fruto libera vapor d'água de seu tecido para a atmosfera externa, na forma de transpiração (Chitarra & Chitarra, 1984). Para esses mesmos autores, tal perda de água pode ser controlada pela manipulação adequada das condições de armazenamento, como a redução da temperatura do ar e elevação da umidade relativa.

2.3.2 Coloração

O amadurecimento é tido como aquela fase que se estende do estágio final de maturação, excluindo-se o desenvolvimento. Nesta fase, os frutos caracterizam-se por acentuadas mudanças sensoriais e plenitude em termos de consumo (Chitarra & Chitarra, 1984).

Vilas Boas (1995) e Mustaffata et al. (1998) enfatizam que a idade dos frutos na colheita, bem como no próprio cacho (posição das diferentes pencas),

estabelece um gradiente no desenvolvimento de coloração da casca sob condições naturais de amadurecimento. Alguns autores, tais como Von Loesecke (1950), afirmam que o desenvolvimento da coloração amarela da casca de banana é devido, principalmente, à degradação da clorofila, relacionada à ação da clorofilase, com conseqüente desmascaramento dos pigmentos carotenóides, não existindo nenhuma síntese de carotenóides durante o amadurecimento.

2.3.3 Acidez total titulável (ATT) e pH

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

O sabor dos frutos está relacionado aos teores de ácidos orgânicos da polpa, os quais são classificados como acidez total titulável (Palmer 1971). Juntamente com os açúcares, os ácidos orgânicos são utilizados como substratos para fornecimento de carbono e para a produção de energia nas diferentes fases do ciclo vital dos produtos vegetais, encontrando-se em concentrações relativamente elevadas em alguns tecidos (Vilas Boas, 1999).

Os ácidos oxálico, cítrico e málico são os principais ácidos do amadurecimento de bananas. Em banana verde, o ácido oxálico predomina sobre os ácidos málico e cítrico, porém, este ácido diminui com a maturação, dando lugar ao ácido málico como o mais importante. Contudo, inúmeros outros ácidos orgânicos são também encontrados na banana, mas em proporções muito reduzidas, portanto de pouco significado, como tartárico, cítrómálico, succínico, piroglutânico, glicérico e glicólico (Bleinroth, 1985).

O amadurecimento duplica, em alguns casos triplica, a acidez do fruto

em certas cultivares contendo os genomas A e B (Turner, 2001); o pH da polpa apresenta comportamento inverso ao da acidez (Palmer, 1971).

2.3.4 Amido, sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST)

O amido constitui a mais importante reserva de nutrição de todas as plantas superiores. É um carboidrato formado unicamente por moléculas de glicose. Contém dois tipos de polímeros da glicose: a α amilose, que é um polímero linear, formada por D-glicoses unidas entre si por ligações α (1-4); e amilopectina, constituída por frações altamente ramificadas do amido e formada por cadeias de 20 a 25 unidades de D-glicose unidas entre si por ligações α (1-4) e β (1-6). Estas últimas representam 4% a 5% do total de ligações glicosídicas (Lehninger, 1988). Segundo Seymour et al. (1993), o teor de amido varia de 20% a 23% do peso fresco na polpa de banana verde e, com o amadurecimento, a porcentagem de amido da polpa do fruto verde e fresco reduz para 2,1% a 3% na polpa madura.

Uma das mais marcantes modificações observadas durante o amadurecimento de bananas é a conversão do amido em açúcares. À medida que o amido é hidrolisado, observa-se um incremento nos teores de açúcares solúveis totais que torna os frutos maduros, doces. Os principais açúcares na polpa de banana madura são glicose, frutose e sacarose (Vilas Boas, 2001).

Rosignoli (1983), observou durante o amadurecimento de banana “Prata” sob AM, aumento nos teores de AST de 1,36% para 18,22% em frutos verdes e maduros, respectivamente. Durante o amadurecimento de bananas (*Cavendish*), o teor de AST varia de 7% no fruto verde para 25% no fruto maduro de banana (Turner, 2001).

A hidrólise mais específica do amido dá-se pela ação enzimática, como a α -amilase (EC 3.2.1.1), que ataca as regiões mais ramificadas da amilopectina; β -amilases (EC 3.2.1.2), agindo a partir das extremidades redutoras do substrato;

a enzima α -1,6-glicosidase (EC 3.2.1.11), atuando nas ligações α -1-6 glicose da amilopectina e a enzima fosforilase (EC 2.4.21), que atua nos polímeros não redutores do substrato, produzindo glicose 1-fosfato, responsável pela síntese de sacarose no fruto (Areas & Lajolo, 1981; Garcia & Lajolo, 1988).

O aumento nas concentrações de açúcares contribui para o aumento nos sólidos solúveis totais. Os sólidos solúveis totais (SST) são compostos solúveis em água e importantes na determinação da qualidade sensorial da fruta. O teor de SST nos fornece um indicativo da quantidade de açúcares existente na fruta, considerando que outros compostos, embora em reduzidas proporções, também fazem parte, como exemplo, os ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas. O teor de SST usualmente aumenta no transcorrer do processo de maturação da fruta, seja por biossíntese ou por degradação de polissacarídeos (Kluge et al., 2002).

Durante a maturação, a protopectina é gradualmente degradada a frações de baixo peso molecular e maior solubilização, que irão contribuir para o aumento dos sólidos solúveis (Wills et al., 1998).

2.3.5 Amolecimento e degradação de substâncias pécticas

A textura da polpa de um fruto, juntamente com a aparência e sabor, são os três elementos que governam a aceitação de um determinado produto pelos consumidores. É um importante fator de qualidade no momento do consumo, como também para quantificar sua capacidade de conservação. A mesma está em função da integridade, tamanho, forma das células, e dos tecidos suportes, assim como de sua composição química. A turgidez depende de substâncias osmoticamente ativas dentro do vacúolo (Kader, 2002).

As células dos tecidos vegetais estão circundadas por paredes celulares, as quais são fisicamente rígidas, fornecendo suporte mecânico aos diferentes tecidos. Nas plantas superiores, a parede celular é composta por camadas

denominadas lamela média, parede primária e parede secundária. A composição química e a estrutura física da parede celular variam amplamente entre as espécies, cultivares e até entre as células adjacentes (Fernandez, 2000).

De acordo com Goodwin & Mercer (1986), os componentes pécnicos mais abundantes da parede celular são os polissacarídeos celulose, hemicelulose e as substâncias pécticas, embora proteínas, ligninas, água, cutina e suberina, assim como compostos inorgânicos, possam também estar presentes.

A pectina corresponde a uma cadeia de ácido poligalacturônico com grau variável de esterificação e, juntamente com a celulose, a hemicelulose e o cálcio, forma o material estrutural das paredes celulares.

O processo de amaciamento da polpa da banana está intimamente relacionado com a degradação de polissacarídeos pécticos e hemicelulose, bem como o amido (Kojima et al., 1999). A desestruturação da fração péctica da parede celular durante o amadurecimento de frutos tem sido apontada como resultante da ação de enzimas pectinolíticas, entre elas a pectinametilestrase (EC 3.2.2.22), poligalacturonase (exo EC 3.2.1.67; endo EC 3.2.1.15) e β -galactosidase (3.2.1.23). Estudos têm mostrado que essas enzimas não são as causadoras primárias do amolecimento, no entanto, parece evidente que atuam favorecendo mudanças na firmeza de frutos (Huber et al., 1993).

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

Para Brett & Waldron (1990), a pectinametilsterase atua no substrato p ctico removendo grupos metoxil de ácidos galacturônicos metilados, o que resulta na forma o de metanol e cadeias de baixo grau de metoxila o.

A poligalacturonase pode atuar ao acaso, dentro da cadeia péctica (endo) ou nas extremidades não redutoras (exo). Ambas promovem a despolimeriza o de ácidos galacturônicos, havendo fortes evidências de que atuam melhor em cadeias com baixo grau de grupos metilesterificados. Segundo Vilas Boas (2001), indícios sugerem que a solubiliza o de substâncias pécticas   mediada pela a o da enzima poligalacturonase (PG), responsável pela hidrólise de liga es glicosídicas na protopectina. A a o dessa enzima   precedida pela a o da pectinametilsterase (PME), enzima que catalisa a desmetila o dos ésteres met licos dos ácidos poligalactur nicos.

2.4 Armazenamento

2.4.1 Refrigera o

A qualidade comestível, em muitos produtos perecíveis, aumenta após a colheita e decai rapidamente, se não for utilizado o processo de armazenamento a frio. Sem este, a deteriora o   mais rápida devido   produ o de calor vital e a libera o de CO₂, decorrente da respira o (Chitarra & Prado, 2000). Após a colheita, o resfriamento rápido, ou pré-resfriamento, deve ser o primeiro passo para a conserva o de frutos 'in natura'. Um atraso entre a colheita e o resfriamento provoca automaticamente uma deteriora o prematura do produto e traz consigo a perda de qualidade dos mesmos (Kader, 2002).

A temperatura de armazenamento   um dos fatores ambientais mais importantes, não só pelo aspecto comercial, como também por controlar a senescência, uma vez que regula as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos associados. Havendo redu o da respira o, há, em conseq ncia, redu o nas perdas de aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade

do produto (Chitarra & Prado, 2000).

O armazenamento refrigerado tem sido o método mais utilizado para a preservação das frutas após a colheita. Consiste basicamente na colocação destas frutas em câmara com baixa temperatura e alta umidade relativa do ar. Nesse sistema é diminuída a respiração e a transpiração das frutas, bem como é retardado, o processo de senescência e do desenvolvimento de patógenos causadores de podridão (Kluge et al., 2002).

De acordo com Botrel et al. (2001), para a maioria dos frutos tropicais, a temperatura mínima de segurança (TMS) está situada entre 5°C e 14°C, em bananas, porém, dependendo da cultivar, a TMS fica entre 10°C e 14°C.

A refrigeração tem sido usada para manter a vida pós-colheita de banana, pela redução na taxa de seu metabolismo, chegando a estender sua vida pós-colheita por três semanas (Wills et al., 1998). Entretanto, os frutos armazenados sob refrigeração abaixo de 13°C são susceptíveis a injúrias causadas pelo frio (chilling) (Kader, 2002).

Segundo Marriot (1980), temperaturas abaixo de 14°C são suficientes para acometer danos aos frutos. A temperatura mínima de armazenamento depende da sensibilidade da banana a danos ao frio, sensibilidade esta que é afetada pela cultivar, condições de cultivo e tempo de exposição a uma dada temperatura e umidade relativa do ar.

O ar é uma mistura de 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 0,03% de dióxido de carbono e o restante compreende a mistura argônio e outros gases constituintes. A massa de vapor de água necessário para saturar um determinado volume de ar depende da temperatura. Quanto mais alta a temperatura, mais água o ar absorve para saturar-se. Portanto, a umidade relativa expressa a porcentagem de vapor de água que o ar contém, em relação à quantidade necessária para a saturação (100%) (Paull, 1999).

Para Botrel et al. (2001), a perda de massa, enrugamento e murchamento do fruto estão associados ao armazenamento sob baixas umidades.

Umidade relativa abaixo de 80% favorece a desidratação da fruta durante a climatização. Do mesmo modo, umidade relativa próxima de 100% favorece o desenvolvimento de fungos, prejudicando o amadurecimento e a vida pós-colheita do fruto (Lichtemberg, 1999).

2.4.2 Atmosfera controlada (AC)

Os produtos hortícolas são organismos vivos e sua vida pós-colheita é limitada por reações bioquímicas de natureza catabólica que culminam com a senescência e morte dos tecidos. Desse modo, para elevar o período de conservação desses produtos, há necessidade de reduzir a velocidade de deterioração pelo manuseio adequado das condições de armazenamento (Moreira, 2000).

A composição dos gases na atmosfera de armazenamento pode afetar diretamente a vida pós-colheita de um produto, principalmente alterações na concentração de gases relacionados à respiração (O_2 e CO_2) (Kader, 2002).

O O_2 e CO_2 são moléculas biologicamente ativas, importantes no metabolismo primário e secundário nos vegetais. Sua influência global sobre o metabolismo provém de sua ação modificadora nos vegetais pela extensão da vida de prateleira durante o armazenamento (Beaudry, 1999).

Estudos pioneiros de Kidd & West, em 1927, demonstraram o efeito da redução de O_2 e elevação do CO_2 no armazenamento de maçãs, bem como a extensão de sua vida útil. Após dois anos dessa experimentação, foi publicada na Inglaterra a primeira constatação do uso da atmosfera controlada em maçãs (Kays, 1991).

O uso da atmosfera controlada é válido para prolongar a vida de armazenamento de vegetais, por período superior à apresentada quando

armazenados ao ar. Para compensar o custo do sistema, o produto deve apresentar melhor aparência, sabor, textura, menos incidência de deterioração, etc. A AC não estaciona a deterioração, porém, pode retardá-la, algumas vezes por dia ou meses, dependendo do produto envolvido (Chitarra, 1999).

A atmosfera controlada (AC) consiste em prolongar a vida pós-colheita de produtos por meio da adição ou remoção de gases O_2 e CO_2 e pelo uso de permanganato de potássio ($KMnO_4$) para remoção do etileno, o que exige controle rigoroso das composições atmosféricas; para utilização da técnica de atmosfera controlada são utilizadas câmaras herméticas a estes gases (Kader, 2002).

No caso da atmosfera modificada (AM), a atmosfera de armazenamento é geralmente alterada pelo uso de filmes poliméricos com diferentes espessuras que possuam permeabilidade limitada ao O_2 e CO_2 , permitindo que a concentração de gases seja modificada pela respiração do próprio produto.

A técnica de atmosfera controlada tem como principal objetivo a redução, a um valor mínimo, das trocas gasosas que ocorrem no produto, relacionadas à respiração. Dessa forma, ocorre a redução em sua atividade metabólica, mantendo-se, porém, vivas as células dos tecidos vegetais (Chitarra, 1999). As baixas concentrações de O_2 e aumento de CO_2 no ambiente sob atmosfera controlada reduzem a síntese de etileno, diminuindo sua ação sobre o metabolismo dos frutos. O efeito da redução do O_2 atua na inibição da cadeia respiratória, em que o O_2 é necessário no processo oxidativo. A ação do CO_2 ocorre no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, em que este inibe diversas enzimas, reduzindo a atividade deste ciclo e, conseqüentemente, o metabolismo do fruto (Chitarra, 1998).

Rosignoli (1983) avaliou banana 'Prata' sob AM em sacos de diferentes densidades (21, 43, 61 e 110 micras) e obteve extensão da vida pós-colheita de 45 dias a mais que o controle.

Quando se começou a utilizar a AC, a composição dos gases era, geralmente, mantida entre 5–10 kPa de CO₂ e 11–16 kPa de O₂. Pesquisas posteriores demonstraram que os níveis de O₂ e CO₂ mais baixos prolongam o tempo de armazenamento (Wills et al., 1998). Marriott (1980) avaliou o amadurecimento de bananas sob AM contendo 3 kPa de O₂ e 5kPa de CO₂ a 20°C. Os frutos foram conservados por 182 dias e, após remoção desta condição, as bananas amadureceram normalmente. Segundo este mesmo autor, concentrações ótimas de O₂ e CO₂ são, respectivamente, 7 a 10 kPa de CO₂ e 1,5 a 2,5 kPa de O₂, para armazenamento de bananas a 20°C, condição em que a extensão do período pré-climatérico é cerca de seis vezes maior do que em atmosfera sem modificação.

Para Kader (2002), a AC de 2 a 5 kPa de O₂ e 2 a 5kPa de CO₂ retarda o amadurecimento e reduz a taxa de respiração e a produção de etileno em bananas. Quando estas são expostas a concentrações menores que 1 kPa de O₂ e maiores que 7 kPa de CO₂, pode ocorrer desenvolvimento de ‘flavor’ e textura desagradável. A pós-colheita de banana verde a 14°C pode ser estendida por 4 a 6 semanas. Sob AC a 14°C, pode ser estendida por mais 2 a 4 semanas (Kader, 2002).

O controle das concentrações de O₂ e CO₂ na atmosfera das câmaras deve ser feito muito cuidadosamente, pois, concentrações muito baixas de O₂ causam respiração anaeróbica, com formação de etanol e aldeído acético que danificam o tecido do fruto (Brackmann & Chitarra, 1998). O excesso de CO₂ pode causar o escurecimento dos tecidos ou cavidades na polpa do fruto (Brackmann & Chitarra, 1998). Segundo Chitarra (1999) e Lima (1999), a adoção da AC no armazenamento, como opção para prolongar a vida pós-colheita de frutas e hortaliças, deve ser bem analisada, não só economicamente, mas tecnicamente, havendo consciência de que existem vantagens, mas também algumas respostas negativas.

Dentre os principais benefícios, podem ser citados, retardamento do processo de maturação (Drake, 1993), que contribui para retenção da firmeza da polpa, açúcares e ácidos orgânicos durante o amadurecimento (Ke et al., 1989) e retenção da perda de massa de frutos (Argenta & Denarde, 1994). A AC tem grande efeito na redução da ocorrência de podridões, que se dá pelo retardamento da degradação de pectinas da parede celular, tornando o fruto mais resistente à incidência de fungos. Atua também na desinfestação de frutas e hortaliças destinadas à exportação (Brackmann & Chitarra, 1998); Botrel et al. (2001). Por outro lado, a AC pode provocar distúrbios fisiológicos, principalmente aqueles provenientes da deficiência de O_2 e excesso de CO_2 pelo aumento na susceptibilidade a doenças e desenvolvimento de 'flavor' desagradável (Chitarra & Chitarra, 1990). As atmosferas controladas podem ser obtidas pelo aumento de CO_2 e abaixamento de O_2 no interior da câmara com resultado da respiração do produto recém-colhido. Quando o nível de CO_2 ultrapassa o limite estabelecido do gás, retira-se o excesso, passando a atmosfera da câmara por absorventes de CO_2 ($CaOH_2$, $NaOH$ ou H_2O). Quando o nível de O_2 está abaixo do nível estabelecido, injeta-se ar (Chitarra & Chitarra, 2001). E, quando a concentração de CO_2 está acima dos níveis determinado, é necessária a sua eliminação, que pode ser feita também por meio de absorvedores de carvão ativo (Awad, 1993), colocação de cal hidratado dentro da câmara ou ainda, através de um fluxo de nitrogênio que dilui o CO_2 da atmosfera da câmara (Brackmann & Chitarra, 1998).

Para Tompson (1998) e Moreira (2000), o maior benefício da atmosfera controlada ou modificada é prevenir o início do amadurecimento e a senescência dos produtos em função da espécie do fruto, da cultivar, do estágio de maturação e das respostas fisiológicas decorrentes do etileno. De acordo com Brackmann & Chitarra (1998), para se obter o benefício da AC, o nível de O_2 deve ser reduzido de 1% a 3% e o nível de CO_2 deve ser aumentado de 3% a 15%, dependendo do

produto. A melhor mistura de gases para a conservação de um determinado produto varia conforme a variedade, a origem e data de colheita.

A atmosfera controlada tem adquirido grande importância nos últimos anos no transporte marítimo de produtos vegetais perecíveis. É usada no transporte de bananas da América Latina, para a Europa, de maçã da Nova Zelândia para a Europa e de pêssegos, ameixas e nectarinas para os Estados Unidos (Brackmann & Chitarra, 1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e período

O experimento de armazenamento de bananas sob atmosfera controlada (AC) foi conduzido na Planta Piloto V, no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças da Embrapa Agroindústria de Alimentos (CTAA), situada no Rio de Janeiro, RJ, no período de agosto a outubro de 2002.

3.2 Origem dos frutos

Foram utilizadas bananas da cultivar Prata Anã, provenientes da Cooperativa de Fruticultura Vale Verde Grande, do município de Janaúba, localizado ao Norte do estado de Minas Gerais, com Longitude entre 43° 20' e 44° 6', 14° 33' a 15° 28' Latitude Sul, com altitude de aproximadamente 515 metros. A pluviosidade anual é de 871 mm, concentrados de novembro a março. A temperatura média anual é de 24°C, sendo as médias de verão e inverno iguais a 32° e 19,5°C, respectivamente. A insolação anual é de 2.763 horas e a umidade relativa, de 70,6%. No período seco, a umidade relativa pode chegar a extremos de 20% (Rodrigues et al., 2001; Sales, 2002).

3.3 Colheita, transporte e armazenamento

Os frutos foram colhidos no dia 11 de agosto de 2002, estágio 2 de maturação, de acordo com Tabela de Classificação de Banana Cavendish, do Programa Paulista para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortifrutigranjeiros (São Paulo, 1998). Foram selecionados, submetidos aos procedimentos pós-colheita (retirada de detritos, restos florais, despencamento, lavagem e tratamento antifúngicos) e embalados na própria empresa. Eles foram acondicionados em caixas de papelão com capacidade de 22 kg e transportados

no dia 12 de outubro para o Rio de Janeiro, em carreta sob refrigeração a 14°C, sem controle de umidade relativa (UR). O transporte foi realizado em 24 horas.

Na recepção dos frutos, no dia 13 de outubro, no Laboratório de Pós-Colheita do CTAA, foi feita a seleção dos mesmos, onde foram selecionados frutos com valores médios de diâmetro, 37,2 mm \pm 1,7, comprimento, 19,7 cm \pm 1,8, firmeza 50 N \pm 0,4, sendo excluídos aqueles que apresentavam menores calibres, ranhuras e danos mecânicos. Os frutos utilizados encontravam-se exclusivamente no estágio 2 de coloração da casca. Após a seleção, as pencas foram divididas em buquês de massa 0,240 kg \pm 0,01, acondicionadas aleatoriamente no interior de microcâmaras com capacidade de 140 L sobre estrado de polietileno com perfurações, que foram fechadas hermeticamente para iniciar a injeção dos gases atmosféricos (Tabela 1).

As combinações de gases O₂ e CO₂ foram obtidas pela redução das concentrações de O₂, com a injeção de nitrogênio gasoso (N₂) e elevação do CO₂, com a injeção deste nas microcâmaras. O equilíbrio dos gases foi estabelecido 12 horas após o fechamento da câmara.

TABELA 1 Concentrações de O₂ e CO₂ avaliadas no armazenamento de banana 'Prata Anã' sob atmosfera controlada (AC). CTAA, EMBRAPA-RJ, 2002

Atmosferas	Concentrações	
	(kPa) O ₂	(kPa) CO ₂
A (controle)	21	0,03
B(2/4)	2	4
C(3/7)	3	7
D(4/10)	4	10

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4, com 3 repetições compostas por 3 buquês de 6 dedos cada. Os fatores estudados no experimento foram as concentrações de O₂ + CO₂ e os períodos de avaliação. As concentrações de gases utilizadas foram controle (atmosfera regular); 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂ (2/4); 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂ (3/7); 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂ (4/10) e os períodos de avaliação 30, 35 e 40 dias de armazenamento.

3.5 Controle das atmosferas

O controle dos gases O₂ e CO₂ foi realizado por meio de correção diária das concentrações destes nas microcâmaras de AC, por analisadores eletrônicos da marca Kronenberger System Technik, equipamento responsável pela leitura instantânea das composições atmosféricas no interior de cada microcâmara. Os registros das leituras foram realizados diariamente, em intervalo de três horas.

3.6 Controle de temperatura e umidade relativa

As microcâmaras estavam localizadas dentro de uma câmara fria com temperatura de armazenamento mantida a $12,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa $98 \pm 0,5\%$.

3.7 Avaliações físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas dos frutos

3.7.1 Coloração

Esta avaliação foi realizada visualmente, utilizando-se a Tabela de Classificação de Banana Cavendish, do Programa Paulista para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortifrutigranjeiros (São Paulo, 1998).

3.7.2 Despencamento

Avaliado no final de cada período de armazenamento, por meio de observações visuais.

3.7.3 Perda de massa

Foi calculada pela diferença de massa entre os frutos de cada unidade experimental, no dia da instalação e após os períodos de armazenamento dos frutos.

3.7.4 Firmeza

A determinação da firmeza dos frutos foi realizada com penetrômetro MC Cormich Modelo FT 327, com ponteira de 8mm de diâmetro. As medidas foram realizadas em rodela de 1 cm de espessura, cortadas da porção mediana do fruto, exercendo-se a penetração no centro das mesmas. As leituras foram expressas em Newton. O fator 9,8 foi multiplicado pelos valores obtidos na leitura de penetração dos frutos, em Kgf.

3.7.5 Relação polpa casca

Os frutos foram descascados e, em seguida, foi realizada a pesagem, separadamente, da casca e da polpa, de cada parcela experimental, em balança semi-analítica.

3.7.6 pH

Determinou-se o pH a partir da polpa homogeneizada em água e filtrada em organza. Utilizou-se potenciômetro digital, modelo B474 Micronal, segundo técnica da AOAC (1992).

3.7.7 Acidez total titulável (ATT)

Determinou-se a ATT por titulação do filtrado utilizado para determinação do pH com solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1N padronizado. Os resultados foram expressos em % de ácido málico, segundo técnica estabelecida pela AOAC (1992).

3.7.8 Sólidos solúveis totais (SST)

Os SST foram determinados no filtrado citado anteriormente por refratometria digital, segundo a AOAC (1992) e os resultados expressos em °Brix.

3.7.9 Amido

Determinou-se o amido pela extração e degradação enzimática à glicose, segundo técnica analítica de Áreas & Lajolo (1980); o doseamento foi realizado por espectrofotometria a 620nm, pelo método de Somogy adaptado por Nelson (1944), multiplicando-se os resultados pelo fator 0,9 para conversão da glicose para amido. Os resultados foram expressos em % de glicose

3.7.10 Açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR)

Os açúcares foram extraídos com álcool etílico a 80% e determinados pela técnica de Somogyi adaptada por Nelson (1944). A leitura foi realizada a 620nm espectrofotometricamente e os resultados expressos em % de glicose.

3.7.11 Pectina total (PT), pectina solúvel (PS) e solubilização

As pectinas total e solúvel foram extraídas segundo a técnica recomendada por McCready & McComb (1952); para o doseamento, utilizou-se a técnica de Bitter & Muir (1962). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a

530nm e os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa. O percentual de solubilização de pectina solúvel foi realizado pela relação pectina solúvel/pectina.

3.7.12 Atividade de pectinametilsterase (PME) e poligalacturonase (PG)

A extração enzimática para PME e PG foi realizada segundo técnica de Buecher & Furmanski (1978), com modificações, utilizando-se 10 g de polpa do fruto congelada, homogeneizando-se em polytron, com 20 mL de NaCl (gelado) a 0,2 N. O homogenato foi filtrado, primeiramente em organza e, em seguida, novamente filtrado em papel de filtro. Fez-se a ressuspensão do resíduo em 40 mL de NaCl. O pH foi ajustado para 7,0 com auxílio de NaOH a 0,01 N e o extrato foi incubado a 4°C por 1 hora. O extrato foi novamente filtrado em papel de filtro e o filtrado foi congelado por 14 horas para a determinação enzimática

Doseamento da PME: A determinação foi feita segundo Hultin et al. (1966) e Ratner et al. (1969). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 nmol de NaOH por minuto, nas condições de ensaio. Os resultados foram expressos em unidades por minuto por grama de tecido fresco ($\text{nmol.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Doseamento da PG: O doseamento foi determinado segundo a técnica de Somogy adaptado por Nelson (1944). Uma unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 nmol de açúcar redutor por minuto, sob as condições de ensaio ($\text{nmol.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Coloração

Os resultados das observações visuais realizadas para avaliar o tempo necessário para o grau 2 (fruto verde) evoluir para o grau 7 (fruto maduro), indicaram a influência das concentrações de AC em retardar o amarelecimento dos frutos quando estes foram comparados aos frutos controle (Tabela 2). Observou-se que os frutos do tratamento controle apresentaram maior rapidez no desenvolvimento da coloração da casca de verde a amarela, atingindo o grau 7 de coloração aos 24 dias de armazenamento, 8 dias antes que os frutos do tratamento 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂ (4/10). Até os 40 dias, os tratamentos 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂ (2/4) e 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂ (3/7) não tinham atingido ainda o grau 7 de coloração. Portanto, os resultados indicam que a atmosfera controlada foi efetiva em retardar o desenvolvimento da coloração da casca de banana “Prata Anã”.

Verificou-se que as bananas controle permaneceram no estágio 2 por uma semana apenas, enquanto que aquelas tratadas com AC 4/10 permaneceram por 15 dias e as demais, mantidas sob AC 2/4 e 3/7, foram conservadas nesse estágio de coloração por 18 dias. Isto sugere, portanto, que houve efeito das AC sobre a extensão da vida pós-colheita dos frutos, baseado nessa variável. A cor característica da banana (madura) começa a surgir um pouco antes do pico climatérico, devido ao desmascaramento dos carotenóides pré-existentes em função da degradação da clorofila a partir da atividade enzimática da clorofilase. Essa atividade evolui com o aumento da respiração (Awad, 1993). De acordo com Kader (2002), a vida pós-colheita de bananas de verde a madura varia de 4 a 6 semanas ao ar a 14°C.

TABELA 2 Variação (dias acumulativos) do grau de coloração da casca de banana 'Prata Anã' armazenada até 40 dias a $12,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ UR $98 \pm 1\%$ sob diferentes AC CTAA - EMBRAPA, RJ, 2002.

Tratamento	Grau de coloração da casca					
	2	3	4	5	6	7
Controle	0	7	9	13	16	24
2kPaO ₂ + 4kPaCO ₂	0	18	23	27	29	*
3kPaO ₂ + 7kPaCO ₂	0	18	22	24	27	*
4kPaO ₂ + 10kPaCO ₂	0	15	18	22	26	32

*Dos 30 aos 40 dias de armazenamento, não houve evolução no grau de coloração da casca

4.2 Despencamento

As observações visuais sugeriram que a atmosfera controlada foi efetiva contra o despencamento dos frutos, pois todos os frutos tratados em diferentes concentrações de AC nos períodos avaliados permaneceram presos às almofadas, enquanto no tratamento controle observou-se que aproximadamente 70% dos frutos sofreram despencamento (Tabela 3). Botrel (2001) avaliou frutos dessa mesma cultivar por 12 dias de armazenamento à temperatura ambiente (24°C e 78,5% de UR) e também verificou acentuado despencamento nas almofadas dos frutos.

4.3 Perda de massa

A variável perda de massa apresentou interação significativa a 1% de probabilidade entre os fatores atmosfera controlada (AC) e períodos de armazenamento. Verificou-se que, independente das concentrações de O₂ e CO₂, todos os frutos submetidos à AC tiveram menor perda de massa quando comparados aos frutos controle.

TABELA 3 Avaliação visual do grau de despencamento de 'Prata Anã' sob atmosfera controlada em diferentes kPa de O₂ + CO₂, a 12,5 ± 0,5°C e UR 98 ± 1%, durante 40 dias, (unidade experimental de 54 frutos) CTAA-EMBRAPA, RJ, 2002.

Tratamento	Grau de despencamento(%)		
	30	35	40
Controle	-	37%	70%
2kPaO ₂ + 4kPaCO ₂	-	-	-
3kPaO ₂ + 7kPaCO ₂	-	-	-
4kPaO ₂ + 10kPaCO ₂	-	-	-

Ao longo do período de armazenamento, não observou-se diferença significativa entre frutos tratados sob AC (Figura 1), comprovando-se a eficiência da AC em minimizar as perdas de massa dos frutos. Tais perdas podem refletir sobremaneira no aspecto comercial da banana, pois a sua comercialização, geralmente, dá-se por meio de sua massa.

Geralmente as frutas contêm entre 70% e 85% de água, com base no peso fresco, parte desta é perdida no processo de transpiração, que implica na perda de água dos tecidos dos frutos na forma de vapor d'água, proveniente dos espaços intercelulares; em menor grau, a perda d'água ocorre na respiração, durante a formação de CO₂ e água (Cantillano, 1991). De acordo com Botrel et al. (2001) e Kader (2002), a conseqüente perda de massa da banana compromete de maneira considerável a sua qualidade sensorial.

4.4 Relação polpa/casca

A relação polpa/casca mostrou-se interativamente afetada pelos fatores estudados. De maneira geral, em todos os períodos de armazenamento, os frutos controle apresentaram maior relação polpa/casca em comparação com os

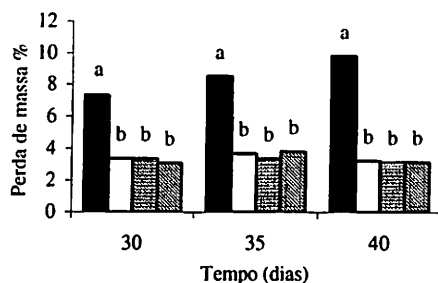


FIGURA 1 Valores médios observados de perda de massa em banana ‘Prata Anã’ armazenada sob atmosfera controlada (■ – controle; □ – 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂; ▤ – 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂; ▥ – 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂) a 12,5 ± 0,5°C e 98 ± 1% de UR, durante 30, 35 e 40 dias.

frutos submetidos à AC, indicando que o processo de amadurecimento nos frutos sob AC foi retardado. Observou-se que os frutos tratados com concentrações variadas de AC não diferiram entre si nos períodos avaliados (Figura 2). O aumento da relação polpa/casca nos frutos deve-se, segundo Vilas Boas (1995) e Turner (2001), à transferência de água da casca para a polpa e para o meio ambiente. Em face desse fenômeno, a casca perde peso, o que determina um aumento na relação polpa casca com o amadurecimento do fruto.

Aos 30 dias de armazenamento, o valor médio da relação polpa/casca nos frutos armazenados sob AC foi de 1,8. Este valor está abaixo dos valores encontrados por Carvalho (1984), que obteve uma relação polpa/casca de 2,3 para banana “Prata” sob AM, ao ar (temperatura não especificada) e UR de 55% a 85%. Provavelmente, tal diferença se deve às distintas umidades relativas às quais os frutos foram submetidos. Segundo Botrel et al. (2001), a UR mínima recomendável para armazenamento de bananas é de 85%.

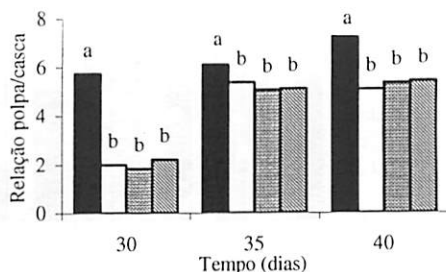


FIGURA 2 Valores médios observados de relação polpa/casca em banana 'Prata Anã', armazenada sob atmosfera controlada (■ – controle; □ – 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂; ▨ – 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂; ▩ – 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂) a 12,5 ± 0,5°C e 98 ± 1% de UR, durante 30, 35 e 40 dias.

4.5 Acidez total titulável (ATT) e pH

Observou-se interação significativa entre as concentrações de O₂ e CO₂ e os períodos de armazenamento dos frutos para as variáveis ATT e pH. Uma redução na variável ATT e conseqüente aumento do pH foram observados dos 30 aos 40 dias de armazenamento, resultados inferiores e superiores de ATT e pH, respectivamente, dos frutos controle comparados aos frutos submetidos à AC, independente do período de armazenamento (Figura 3).

Maiores teores de ATT foram observados nos frutos sob o tratamento 4/10, aos 30 dias e sob os tratamentos (3/7) 4/10, aos 35 dias; aos 40 dias nenhuma diferença foi observada nos frutos sob as diferentes AC. Os menores valores de pH foram observados nos frutos sob atmosfera 4/10, aos 30, 35 e 40 dias de armazenamento. Resultados semelhantes estatisticamente foram observados nos frutos sob AC 2/4, aos 30 dias e 3/7, aos 35 e 40 dias.

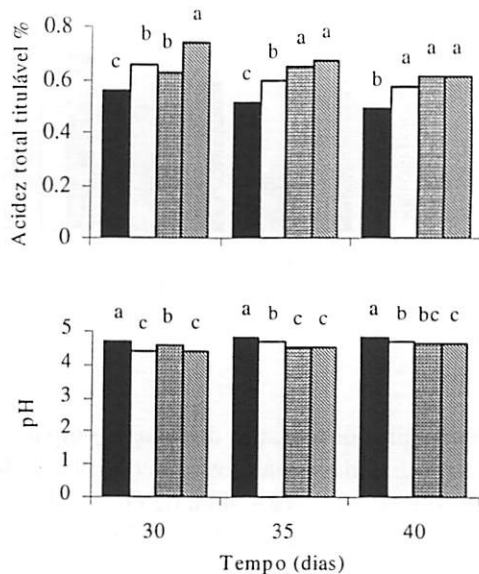


FIGURA 3 Valores médios observados de acidez total titulável e pH em banana 'Prata Anã', armazenada sob atmosfera controlada (■ – controle; □ – 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂; ▨ – 3kPa de O₂ + 7 kPaCO₂; ▩ – 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂) a 12,5 ± 0,5°C e 98 ± 1% de UR, durante 30, 35 e 40 dias.

Botrel et al. (2002) avaliaram essa mesma cultivar por 12 dias de armazenamento ao ar a 24°C e também observaram comportamento similar das variáveis ATT e pH. Os resultados encontrados para ATT e pH estão coerentes com os resultados de Carvalho (1984), que avaliou banana "Prata" sob AM em diferentes umidades relativas (72%, 76% e 90%) e temperaturas (18,9°, 19,2°, 20,6° e 20,9°C), durante 30 dias de armazenamento

A banana caracteriza-se por apresentar baixa acidez quando verde, que aumenta com a maturação até atingir um máximo, quando a casca está completamente amarela (Bleinroth, 1985). Por ser um substrato da respiração

dos frutos, a concentração de ácidos orgânicos pode diminuir durante o final do amadurecimento em resposta à maior exigência metabólica do fruto (Wills et al. 1998).

4.6 Amido, sólidos solúveis totais (SST) e açúcares solúveis totais (AST), não redutores (ANR) e redutores (AR)

Observou-se interação significativa entre os tratamentos e os períodos de armazenamento para as variáveis amido, sólidos solúveis totais (SST), açúcares solúveis totais (AST), redutores (AR) e não redutores (AR). O teor de amido dos frutos controle foi sempre inferior e o teor de AST, bem como SST, superior ao teor dessas variáveis nos frutos sob as diferentes AC, o que evidencia o amadurecimento de bananas. Os maiores teores de amido e menores de AST foram observados em frutos sob o tratamento 3/7, ressaltando-se que os frutos sob este tratamento não diferiram dos frutos sob AC 2/4 aos 35 dias de armazenamento, quanto à variável amido e aos 35 40 dias, quanto à variável AST (Figura 4). Os frutos sob AC 3/7 apresentaram teores de AST semelhante àqueles sob AC 4/10, ao 35 dias de armazenamento. Entre os frutos sob AC, os maiores teores de SST foram observados naqueles sob o tratamento 4/10, 3/7, 2/4 e 4/10 aos 30, 35 e 40 dias de armazenamento, respectivamente.

Observou-se uma predominância dos AR sobre os ANR na polpa de bananas, independente do tratamento utilizado (Figura 5). Os frutos controle apresentaram teores de AR superiores aos frutos sob as diferentes AC, a despeito do período de avaliação. A atmosfera 4/10 determinou os maiores teores de AR nos frutos, em comparação com as demais AC. Os teores de ANR foram inferiores nos frutos sob AC 3/7 aos 30 dias, superior nos frutos controle aos 35 dias, não diferindo, entre os tratamentos, aos 40 dias.

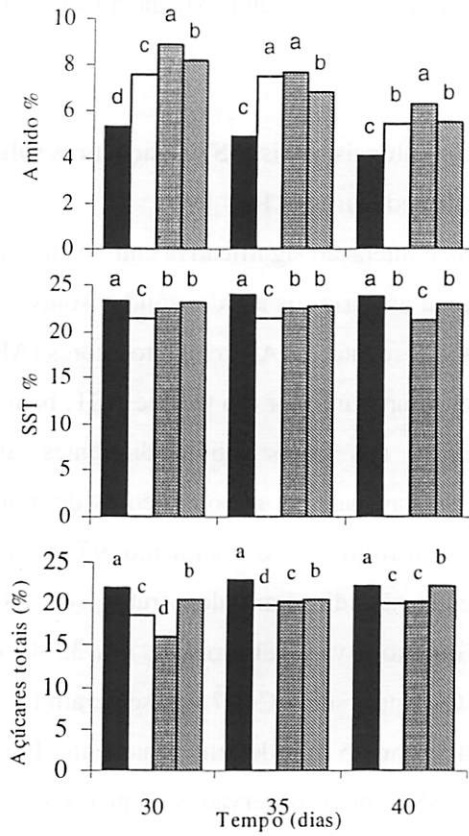


FIGURA 4 Valores médios observados para amido, SST e AST em banana “Prata Anã”, armazenada sob atmosfera controlada (■ – controle; □ – 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂; ▨ – 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂; ▩ – 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂ a 12,5 ± 0,5°C e 98 ± 1% de UR, durante 30, 35 e 40 dias.

Para Carvalho (1984), Beaudry et al. (1989), Vilas Boas (1995), Mota et al. (1997), uma das principais transformações químicas que ocorrem no amadurecimento da banana é decorrente da conversão do amido para açúcares,

ocorrendo o acúmulo de sacarose, glicose e frutose na polpa do fruto. O acúmulo de açúcares durante o amadurecimento torna a banana doce e apreciável, considerando-se que o sabor é um dos mais importantes atributos de qualidade da banana (Vilas Boas et al., 2001). Os resultados de amido, AST, AR e ANR encontrados neste trabalho estão de acordo com os resultados encontrados por Rossignoli (1983). Este autor avaliou banana “Prata” submetida à AM, em filmes poliméricos de diferentes densidades (21, 43, 61 e 110 micras) por 45 dias de armazenamento.

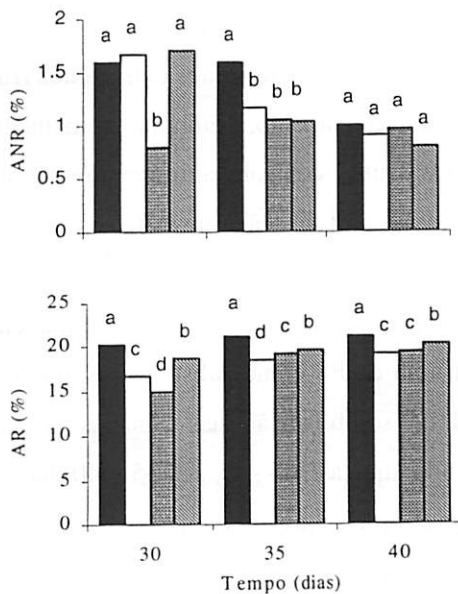


FIGURA 5 Valores médios observados de açúcar redutor(AR) e sacarose (ANR) em banana ‘Prata Anã’ armazenada sob atmosfera controlada (■ – controle; □ – 2kPa de O₂+4kPa de CO₂; ▤ – 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂; ▥ – 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂) a 12,5 ± 0,5°C e 98 ± 1% de UR, durante 30, 35 e 40 dias.

O teor de SST fornece um indicativo da quantidade de açúcares existente na fruta, visto que a elevação nos AST contribui para a elevação nos SST (Kluge et al., 2002).

4.7 Degradação de substâncias pécticas

Observou-se interação significativa entre os fatores concentrações de O₂ e CO₂ e os períodos de armazenamento para a variável pectina total (PT), pectina solúvel (PS) e percentual de solubilização. Os frutos armazenados sob atmosfera ambiente (controle) e os frutos submetidos à AC 2/4 apresentaram teores de PT superiores aos frutos tratados sob as concentrações de 3/7 e 4/10 aos 30, 35 e 40 dias de armazenamento. Os teores de PT dos frutos submetidos às concentrações 3/7 foram inferiores aos obtidos nos frutos sob AC 4/10 aos 30 e 40 dias de armazenamento, embora semelhantes aos 35 dias de armazenamento. Os frutos controle apresentaram menores teores de pectina solúvel e percentual de solubilização que os frutos sob as diferentes AC aos 35 e 40 dias de armazenamento, embora aos 30 dias estes valores tenham sido superiores (Figura 6). Provavelmente, uma predominância de reações catabólicas determinou o consumo de PS como substrato respiratório e, conseqüentemente, menor percentual de solubilização nas bananas armazenadas sob atmosfera ambiente, comparado àquelas sob AC, aos 35 e 40 dias de armazenamento. Isto porque estas bananas apresentavam-se, nestes períodos de armazenamento, em estágio fisiológico mais avançado, provavelmente em senescência, como comprovado pela coloração da casca (Tabela 2).

O fato de não ter havido redução da PT a partir dos 30 dias de armazenamento, em possível concordância com a PS, sugere a síntese das pectinas insolúveis (protopectinas) nesse período de armazenamento. Vilas Boas (1995) observou um decréscimo na PT durante o amadurecimento de banana “Prata”, paralelamente ao aumento das PS.

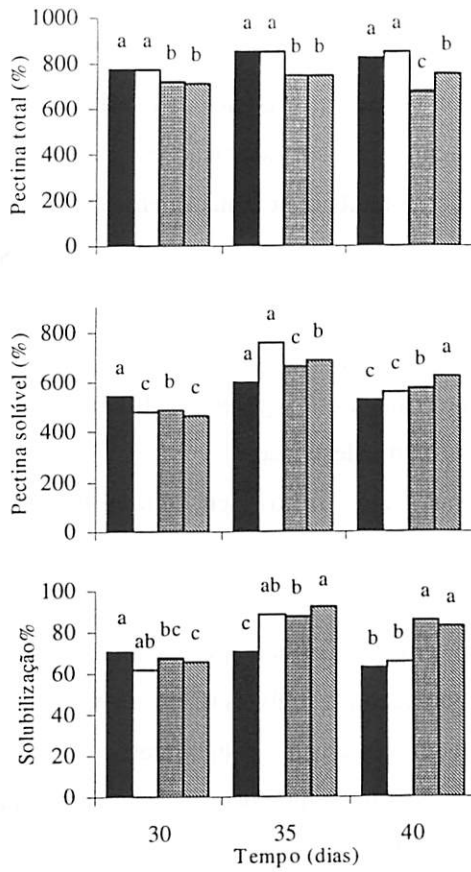


FIGURA 6 Valores médios observados de pectina: total (PT), solúvel (P S) e % de solubilização em banana 'Prata Anã', armazenada sob atmosfera controlada (■ - controle; □ - 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂; ▨ - 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂; ▩ - 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂) a 12,5 ± 0,5°C e C 98 ± 1% de UR, durante 30, 35 e 40 dias.

Segundo Chitarra & Chitarra (1990) e Sams et al. (1999), os grupos carboxílicos das pectinas encontram-se ligados ao cálcio, formando o pectato de cálcio, que é também designado como protopectina, predominante nos tecidos de

frutos verdes. Com o amadurecimento dos frutos, há liberação do cálcio e solubilização das protopectinas das paredes celulares, possivelmente pela ação de uma enzima protopectinase. Há, então, a modificação da textura, que torna-se gradualmente macia. Essas modificações ocorrem não só durante o amadurecimento, como também no armazenamento de frutos.

Para Chitarra & Chitarra (1990), dois processos enzimáticos estão envolvidos na modificação da textura dos frutos: despolimerização ou encurtamento da cadeia do polímero pela ação da enzima poligalacturonase e a desesterificação ou remoção dos grupos metílicos ou acil dos polímeros, pela ação da enzima pectinametilesterase.

As pectinas em frutos encontram-se sob diferentes formas, caracterizadas por diferentes solubilidades. A protopectina é uma forma insolúvel em água e que, por hidrólise parcial, produz ácidos pécticos (esterificados com grupos metílicos) ou ácidos pécticos (sem esterificação) também chamados de pectinas solúveis (Chitarra & Chitarra, 1990).

Observou-se interação significativa dos fatores avaliados, concentrações de O₂ e CO₂ e tempo de armazenamento para atividade da enzima pectinametilesterase (PME). Entretanto, não foi observada interação significativa para a enzima poligalacturonase (PG).

Nos períodos de 30, 35 e 40 dias de armazenamento, os frutos controle apresentaram maiores atividades de PME, em comparação com os frutos sob AC, à exceção do tratamento 2/4 aos 35 dias, que foi semelhante ao controle. As menores atividades de PME foram determinadas pelas AC 2/4 e 3/7, aos 30 dias, pela AC 3/7 aos 35 dias, embora nenhuma diferença tenha sido detectada entre os frutos submetidos a diferentes AC, aos 40 dias de armazenamento (Figura 7).

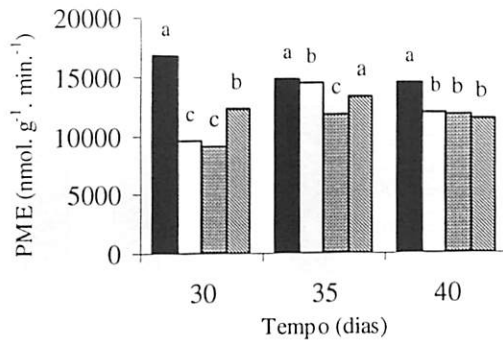


FIGURA 7 Valores médios observados de pectinametilesterase (PME) em banana “Prata Anã”, armazenada sob atmosfera controlada (■ – controle; □ – 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂; ▤ – 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂; ▥ – 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂ a 12,5 ± 0,5°C e 98 ± 1% de UR, durante 30, 35 e 40 dias.

Observa-se que a AC 3/7 determinou, em média, as menores atividades de PG em comparação com os demais tratamentos (controle, 2/4 e 4/10). Observou-se também que houve uma tendência de aumento da atividade de PG durante o período de armazenamento (Figura 8).

O metabolismo pécico se associa com as atividades das enzimas PME e PG em banana “Prata”. A PME promove a desmetilação parcial dos ésteres metílicos dos ácidos poligalacturônicos das pectinas, facilitando o acesso da PG, que determina a clivagem com conseqüente despolimerização e solubilização das substâncias pécicas (Vilas Boas et al., 2001).

Mustaffa et al. (1998) observaram aumento da atividade de PME e PG em banana Cavendish a partir da décima segunda semana de armazenamento, à atmosfera ambiente. De acordo com Hassan & Pantastico (1990), bananas sofrem amolecimento, progressivamente, durante o amadurecimento quando a PME e PG são envolvidas na degradação de pectinas na parede celular e lamela média.

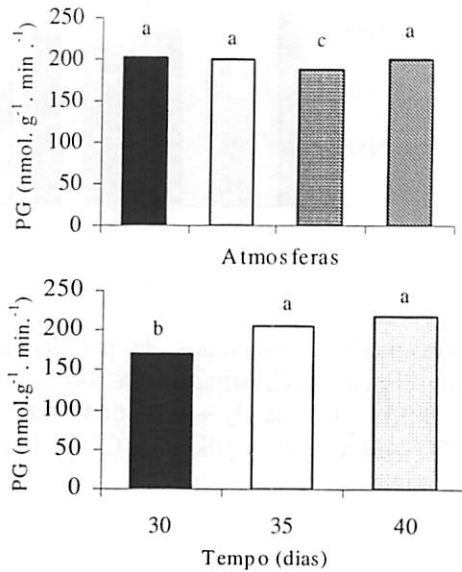


FIGURA 8 Valores médios observados de poligalacturonase (PG) em banana 'Prata Anã', armazenada sob atmosfera controlada (■ – controle; □ – 2kPa de O₂ + 4kPa de O₂; ▨ – 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂; ▩ – 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂) a 12,5 ± 0,5°C e 98 ± 1% de UR 30, 35 e 40 dias.

4.8 Firmeza

Não observou-se efeito interativo entre as concentrações de O₂ + CO₂ e período de armazenamento para a variável firmeza. Não obstante, foram encontradas diferenças significativas entre frutos tratados em diferentes concentrações de AC. Verifica-se que, independente dos períodos de armazenamento, à AC, mais precisamente a concentração 3/7, foi determinante em manter a firmeza dos frutos, quando estes foram comparados aos demais tratamentos. Observou-se que dos 30 aos 40 dias de armazenamento, todos os frutos apresentaram uma redução natural na firmeza (Figura 9).

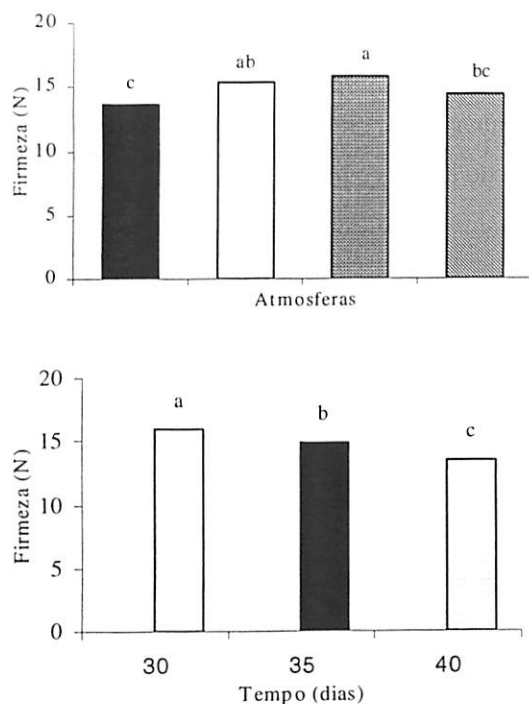


FIGURA 9 Valores médios observados de firmeza em banana 'Prata Anã, armazenada sob atmosfera controlada (■ – controle; □ – 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂; ▤ – 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂; ▥ – 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂) a 12,5 ± 0,5°C e 98 ± 1% de UR, durante 30, 35 e 40 dias.

Pode-se afirmar, portanto, que a AC 3/7 foi eficaz na manutenção da firmeza do fruto, considerando-se que esta mesma concentração teve comportamento similar comparado à variável amido. Persis et al. (2001) observaram que níveis de 2% de O₂ a 12°C mantiveram a firmeza de banana (cv. Zis) por três semanas. De acordo com Smith et al. (1990), Chitarra & Chitarra (1990) e Dadzie & Orchard (1997), a diminuição da firmeza ou amolecimento dos frutos durante o amadurecimento pode ser associada a dois ou três eventos: a

degradação do amido à conversão de açúcares, a degradação da parede celular na redução da força coesiva da lamela média e a solubilização das substâncias pécnicas. Para Imahori et al. (2002), a diminuição da firmeza pode também estar associada à perda do turgor celular.

5 CONCLUSÕES

A AC, nas combinações 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂; 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂; 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂, retarda o amadurecimento de banana “Prata Anã” armazenada entre 12° e 13°C e 98% de umidade relativa.

As atmosferas 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂ e 3kPa de O₂ + 7kPa de CO₂ previnem o início do amarelecimento dos frutos por 18 dias, retardando o início do amarelecimento em 11 dias e 3 dias, comparado com o controle e a AC 4kPa de O₂ + 10kPa de CO₂, respectivamente.

A AC, independente das combinações de gases avaliadas, diminui a perda de massa e a elevação da relação polpa/casca, bem como previne o despencamento e o amaciamento dos frutos.

A AC retarda a conversão do amido a açúcares e o aumento da acidez.

Dentre todos os tratamentos avaliados, os tratamentos 3kPa de O₂ e 7kPa de CO₂ + 2kPa de O₂ + 4kPa de CO₂ foram significativamente mais efetivos na preservação da qualidade, baseado nas avaliações físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas da banana “Prata Anã”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HASSAN, A; PANTASTICO, Er. B. (Ed.). **Banana fruit development postharvest physiology handling and marketing**. Boston: ASEAN, 1990. cap. 4, p. 45-64
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Brasília: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2002.
- ARÊAS, J. A. G.; LAJOLO, F. M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas pré-climatéricas e climatéricas. **Anais de Farmácia e Química de São Paulo**, São Paulo, v. 20, n. 1/2, p. 307-318, 1980.
- ARÊAS, J. A. G.; LAJOLO, F. M. Starch transformation during banana ripening. I-Thephosphorylase and phosphatase behavior in *Musa acuminata*. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 5, n. 1, p. 19-37, Feb. 1981.
- ARGENTA, L. C.; DENARDI, F. Perdas físico-químicas mensais de maçãs 'Gala', 'Fuji' durante a armazenagem em atmosfera controlada e frio convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 3, p 111-118, 1994.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12. ed. Washington, 1992. 2v.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 144 p.
- BEAUDRY, R. M. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on select phenomena affecting and vegetal quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 293-303, Mar. 1999.
- BEAUDRY, R. M.; SEVERSON, R. F.; BLACK, C. C.; KAYS, S. Banana ripening: implications of changes in glycolytic intermediate concentrations, glycolytic and gluconeogenic carbon flux, and fructose 2,6-bisphosphate

- concentrations. **Plant Physiology**, Rockville, v. 91, n. 4, p. 1436-1444, Dec. 1989.
- BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified, uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v.34, p. 330-334, 1962.
- BLEINROTH, E. W. Matéria prima In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas, 1985. cap. 2, p. 133-196.
- BOTREL, N. FREIRE JUNIOR, M.; VASCONCELOS, R. M. de.; 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.
- BOTREL, N.; SILVA, O. F.; BITTENCOURT, A. M. Procedimentos pós-colheita. **Banana Pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 2001. p.15-19. (Série Frutas do Brasil, 16).
- BRACKMAN, A.; CHITARRA, A. B. In Atmosfera controlada e atmosfera modificada. In: BORÉM, F. M. (Coord.). **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 133-169 (Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27., 1998, Poços de Caldas, MG).
- BRETT, C. J.; MELDRUM, S. K. **Physiology and biochemistry of plant cell walls**. London: Hyman, 1990. 194 p.
- BUESCHER, R. W.; FURMANCKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalaturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, p. 264-266, 1978.

- CANTILLANO, R. F. F. Armazenamento refrigerado de frutas e hortaliças: Importância da Transpiração. **Horti Sul**, Pelotas, v. 1. n. 4, p. 23-31, dez. 1991.
- 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.
- CHITARRA, A. B. **Armazenamento de frutas e hortaliças por refrigeração**. Lavras: UFLA, 1999. 57 p.
- CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. Tecnologia de pós-colheita para frutos tropicais. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA E AGROINDUSTRIA, 8., 2001, Fortaleza. 31 p.
- 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, 1984.
- CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa: Centro de produções técnicas, 1998. 88 p.
- CHITARRA, A. B.; PRADO, M. E. T. **Utilização de atmosfera modificada e controlada em frutos e hortaliças**, Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 62 p. Apostila.
- CHITARRA, M. I. F., CHITARRA, A. B.; **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: FAEPE/ESAL, 1990. 543p.
- DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. Routine pos-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods. **Inibap Technical Guidelines**. 63 p. 1997.
- DRAKE, S. R. Short-term controlled atmosphere storage improved quality of several apple cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 118, n. 4, p. 486-489, July 1993.

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

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

GARCIA, E.; ARÊAS, LAJOLO, F. M. Starch transformation banana during: the amylase and glucosidase behavior. **Journal of the Food Science**, Chicago, v. 53, n. 4, p. 1181-1186, July/Dec. 1988.

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

GOODWIN, T. W.; MERCER, E. I. Introduction to plant biochemistry. Oxford: Pergamon Press, 1986. 677 p.

HASSAN, A; PANTASTICO, Er. B. (Ed.). **Banana fruit development postharvest physiology handling and marketing**. Boston: ASEAN, 1990. cap. 4, p. 45-64

HUBER, D. J. The role of cell wall hydrollases in fruit softening. **Horticultural Review**, v. 5, p. 169-219, 1993.

HULMER, A. C. **The biochemistry of fruit and their products**. London: Academic Press, 1971. v. 2, n. 788.

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

IMAHORI, Y.; KISHIOKA, I. K.; UEMURA, K. H.; UEDA, Y. M.; ISHIMARU, M.; CHACHIN, K. Physiological responses and quality attributes of Japanese pear 'Kosui' fruit kept in low oxygen atmospheres.

Journal of Horticultural Science & Biotechnology, Ahsffor, v. 77, n. 6, p. 677-682, Nov. 2002.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. California: University of California, 2002. p. 519.

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

Ke, D.; SALTVEIT, M. E. Regulation of russet spotting, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. **Plant Physiology**, Rockeville, v. 76, p. 421-428, 1989.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. Rural, 2002.

KOJIMA, K.; SAKURAI, M.; KURAIISHI, S. Fruit softening in banana: correlation among stress-relaxation parameters, cell wall components and starch during repining. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 90, n. 4, p. 772-778, Dec. 1999.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 1988. p. 204-221.

LICHTEMBERG, L. A. Colheita e pós-colheita da banana. Banana: produção, colheita e pós-colheita. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 73-90, 1999.

LIMA, L. C. **Armazenamento de maçãs cv. 'Royal Gala' sob refrigeração e atmosfera controlada**. 1999. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

- McCREADY, P. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, v.24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.
- MANICA, I. Colheita, embalagem, armazenamento e amadurecimento. In: **Fruticultura tropical: 4. banana**. Porta Alegre: Cinco Continentes, 1997. p. 349-4281.
- MANICA, I. Importância da bananicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 1, n. 1, p. 17-31, 1988.
- MARRIOT, I. J. Banana: 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. 41-88, Jan. 1980.
- MEDINA, J. C.; de MARTIN, Z. J.; TRAVAGLINI, D. A.; OKADA, M.; L. de C.; ALMEIDA, L. A. S. B. de, ERNESTO, O. V. **Banana: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1985. 302 p. (ITAL. Frutas tropicais, 3).
- MOREIRA, L. M. **Atmosfera modificada e controlada. Aplicação na conservação de produtos hortícolas**. Brasília: Embrapa-Hortaliças, 2000. p. 34.
- MOTA, R. V. da.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Composição de carboidratos de algumas cultivares de banana (*Musa spp*) durante o amadurecimento. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 94-97, maio/ago. 1997.
- MOURA, M. L. **Efeito dos níveis de O₂ e CO₂ na conservação pós – colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum*) cv. Acriset colhido em estágio intermediário de maturidade**. 1997. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- MUSTAFFA, R.; OSMAN, A.; YUSOF, S.; MOHHAMED, S. Physico-chemical changes in Cavendish Banana (*Musa cavendishii* L var Montel) at

different positions within a bunch during development and maturation. **Journal of the Science Food Agriculture**, London, v. 78, n. 2, p. 201-207, Oct. 1998.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, p. 375-380, 1944.

NEVES FILHO, L. C. Perda de peso e controle de umidade na estocagem frigorífica de frutas e hortaliças. **Revista Fruticultura & Legumes**, São Paulo, v. 2, n.15, p. 20-25, jul./ago. 2002.

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

PAULL, R. E. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 263-277, Mar. 1999.

PERSIS, E. et al. Low-oxygen treatment for inhibition of decay and ripening in organic bananas. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ahsford, v. 75, n. 5, p. 648-652, Sept. 2001.

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

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.

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 Ciência dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

- SALES, A. N. **Aplicação de 1-Metilciclopropeno em banana “Prata-Anã” armazenadas sob baixa temperatura seguida de climatização.** 2002. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SAMS, C. E. Preharvest Factors affecting postharvest texture. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 249-254, Mar. 1999.
- SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Classificação da banana (nanica, nanicão, e gran naine).** São Paulo, 1998. Programa Horti & Fruti-Padrão Programa paulista para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortifrutigrangeiros. Folder.
- SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening.** London: Chapman & Hall, 1993. p. 89-101.
- SHEPHERD, K. Observations on *Musa taxonomy*. In: IDENTIFICATION OF GENETIC DIVERSITY IN THEGEUS MUSA, 1998, Los Bânos. **Proceedings** Montpellier: INIBAP, 1990. p. 158-165.
- SIGRIST, J. M. M. Distúrbios fisiológicos e pelo frio. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais.** Campinas, 1992. (ITAL. Manual técnico ; n. 9).
- SILVA, A. G. da. **Utilização do pseudocaule da bananeira para produção de celulose e papel.** 1998. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SIMMONDS, N. W. **Los plántanos.** Barcelona: Blume, 1973. 539 p
- SIMMONDS, N. W.; SHEPHERD, K. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. **Journal of the Linnean Society Botanical**, v. 55, p. 302-312, 1955.
- SMITH, N. J.; SEYMOUR, G. B.; JEGER, M. J.; TAYLOR, G. A. Cell wall changes in banana and plantains. **Acta Horticultural**, Wageningen, v. 269, p.283-289, 1990.

- TOMPSON, A. K. **Controlled atmosphere storage of fruit and vegetables**. Wallingford: CAB internacional, 1998. 278 p.
- TURNER, D. W. Postharvest and Storage of tropical and subtropical fruits. Bananas and plantains. In: MITRA, S. **Postharvest storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 47-77.
- VICENTE, J. R.; PEREZ, L. H. Análises econométrica de oferta e demanda de banana no Brasil. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 45, t. 1, p. 59-68, 1998.
- VILAS BOAS, E. V. de B. **Aspectos Fisiológicos do Desenvolvimento de Frutos**. Lavras: UFLA/FAEPE/DCA, 1999. 71 p. (Curso de Especialização Pós-Graduação "Lato sensu" Ensino à Distância: Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Manutenção e Qualidade).
- VILAS BOAS, E. V. de B. Frutos climatéricos e não climatéricos: implicações na pós-colheita. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇA DE PLANTAS, 2., 2002, Lavras. **Patologia pós-colheita de frutas e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 9-18.
- VILAS BOAS, E. V. de 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.
- VILAS BOAS, E. V. de B.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B. **Características da fruta: banana pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 2001. p. 15-19. (Série Frutas do Brasil , 16).
- VON LOESECKE, H. W. von. **Bananas: chemistry, physiology, technology**. New York: Interscience, 1950. cap.4, p. 67-118.
- WILLS, R. B.; MCGASSON, B. D.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest An introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals**. New York: CAB International, 1998. p. 262.

ANEXOS

ANEXO A	Página
Tabela 1 Análises de variância das variáveis perda de massa (PM), firmeza (F) e relação polpa/casca (P/C), pH e ATT, de banana “Prata Anã” armazenada em diferentes concentrações de AC, durante 40 dias. MG, 2003.	56
Tabela 2 Análises de variância das variáveis: amido, sólidos solúveis totais (SST), açúcares totais (AT), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR), sólidos solúveis totais (SST), de banana “Prata Anã” armazenada em diferentes concentrações de AC, durante 40 dias. MG, 2003.	57
Tabela 3 Análise de variância das variáveis: pectina total (PC), pectina solúvel (PS), % de solubilização (Solub%), pectinametilesterase (PME) poligalacturonase (PG), de banana “Prata Anã” armazenada em diferentes concentrações de AC, durante 40 dias. MG, 2003.	58

TABELA 1 Análises de variância das variáveis perda de massa (PM), firmeza (F) e relação polpa/casca (P/C), pH e ATT, de banana "Prata Anã" armazenada em diferentes concentrações de AC, durante 40 dias. MG, 2003.

Fonte de variação	GL	PM	F	P/C	pH	ATT
Tratamentos (AC)	3	121,53**	17,28**	21,98**	0,21**	0,048**
Período (P)	2	2,52**	37,27**	56,51**	0,17**	0,020**
AC x P	6	2,67**	2,40 NS	3,14**	0,035**	0,017**
Erro	60	0,13	1,27	0,15	0,004	0,0016
Total	71	—	—	—	—	—
C.V.%	—	7,81	7,63	8,34	1,28	6,34
Média geral	—	4,68	14,76	4,70	4,64	0,62

* Significativo a 5% de probabilidade ** Significativa a 1% pelo Teste de F. (Ns-Não significativo).

TABELA 2 Análises de variância das variáveis: amido, sólidos solúveis totais (SST), açúcares totais (AT), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR), sólidos solúveis totais (SST), de banana “Prata Anã” armazenada em diferentes concentrações de AC, durante 40 dias. MG, 2003.

Fonte de variação	GL	Amido	SST	AST	ANR	AR
Tratamentos (AC)	3	27,16**	13,82**	43,72**	35,44**	0,67**
Período (P)	2	29,24**	0,96 Ns	21,30**	34,85**	1,67**
AC x P	6	0,98**	2,05**	7,18**	4,53**	0,48**
Erro	60	0,19	0,22	0,05	0,039	0,03
Total	71	—	—	—	—	—
CV	—	6,43	2,04	0,99	1,03	16,32
Média geral	—	6,50	22,61	20,36	19,11	1,19

* Significativo a 5% de probabilidade ** Significativa a 1% pelo Teste de F. (Ns-Não significativo)

TABELA 3 Análise de variância das variáveis: pectina total (PC), pectina solúvel (PS), % de solubilização (Solub%), pectinametilesterase (PME) poligalacturonase (PG), de banana "Prata Ana" armazenada em diferentes concentrações de AC, durante 40 dias. MG, 2003.

Fonte de variação	GL	PT	PS	Solub.%	PME	PG
Tratamentos (AC)	3	49629,76**	6376,92**	691,97**	65702050,6**	924,40**
Período (P)	2	18875,66**	198531,26**	2024,28**	18136665,46**	113971,05**
AC x P	6	5148,08**	17120,75**	376,04**	16562574,44**	687,46 Ns
Erro	60	339,32	69,13	6,86	486639,98	321,75
Total	71	—	—	—	—	—
C.V.%	—	2,38	1,43	3,49	5,52	9,06
Média geral	—	775,40	581,28	75,49	12649,035	197,89

* Significativo a 5% de probabilidade ** Significativa a 1% pelo Teste de F. (Ns - Não significativo).