



## Uso de atmosfera controlada e modificada em frutos climatéricos e não-climatéricos

Aline Silva Costa<sup>1\*</sup>, Lindineia Rios Ribeiro<sup>1</sup> & Maria Gabriela Bello Koblitz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Departamento de Biologia, e <sup>2</sup> Laboratório de Análise Físico-Química de Alimentos, Departamento de Tecnologia. Universidade Estadual de Feira de Santana, Av. Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana, Bahia, Brasil.

**Resumo** – A crescente demanda dos consumidores por frutos frescos em países não produtores vem contribuindo para o emprego de tecnologias de conservação de frutas e hortaliças pós-colheita utilizando técnicas como as de atmosfera controlada (AC) e modificada (AM), aplicadas com o intuito de reduzir as perdas frequentes que ocorrem desde a colheita até a comercialização dos frutos brasileiros no mercado externo. Os frutos, tanto climatéricos quanto não-climatéricos, permanecem respirando após a colheita, o que faz com que não cheguem ao mercado com a qualidade adequada à comercialização e consumo. As técnicas AC e AM dependem da alteração da composição de gases na atmosfera, geralmente com a diminuição da concentração de oxigênio (O<sub>2</sub>) e o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A AC consiste na alteração controlada dessa composição, enquanto a AM depende da combinação das características de permeabilidade de filmes utilizados como embalagem com a taxa de respiração dos frutos. Este trabalho teve como objetivo fazer um levantamento da aplicação dessas técnicas em frutos de grande produção nacional. Foram utilizados como modelos de frutos climatéricos e não-climatéricos a banana e o abacaxi, respectivamente. Verificou-se que a AC e a AM apresentam resultados satisfatórios na conservação dos dois frutos, porém frutos climatérico tendem a ser mais beneficiados com essas técnicas.

**Palavras-chave adicionais:** abacaxi, *Ananas comosus*, banana, conservação pós-colheita, *Musa*.

**Abstract** (Use of controlled and modified atmosphere in climacteric and non-climacteric fruits) – The growing demand for fresh fruit in non-producing countries has contributed to the use of technologies for post-harvest maintenance of fruits and vegetables using techniques such as controlled (CA) and modified atmosphere (MA), which should be implemented in order to decrease the frequent losses between harvesting and marketing of fruits in the Brazilian market. The fruits, both climacteric and non-climacteric, respire after harvest, which results in it not reaching the market with quality suitable for marketing and consumption. CA and MA are techniques that depend on the change in composition of gases in the atmosphere, usually with lower concentration of oxygen (O<sub>2</sub>) and higher concentration of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). CA is the change of controlled composition whereas MA varies depending on the permeability characteristics of films used for packaging with the rate of respiration. This study aimed to survey the application of these techniques in large scale fruit production. We used bananas and pineapple as models for climacteric and non-climacteric fruits, respectively. It was found that CA and MA techniques yield satisfactory results for the conservation of both fruits, but mainly for the climacteric ones.

**Additional key words:** *Ananas comosus*, banana, *Musa*, pineapple, postharvest.

Frutos apresentam padrões respiratórios diferentes, que os classificam como produtos climatéricos ou não-climatéricos. Os climatéricos iniciam o amadurecimento apresentando rápido aumento na intensidade respiratória e na síntese do etileno; ou seja, as reações relacionadas com o amadurecimento e envelhecimento ocorrem rapidamente e com grande demanda de energia. Exemplos desse tipo de fruto são banana, goiaba, manga, mamão, caqui, melancia e tomate. Frutos não-climatéricos são aqueles que necessitam de um longo período para completar o processo de amadurecimento, que ocorre durante toda a maturação. São exemplos laranja, tangerina, uva, berinjela, pimenta, pepino, limão e abacaxi, que devem ser colhidos em seu estágio ótimo de maturação. A dificuldade encontrada em

comercializar tanto os frutos climatéricos como os não-climatéricos e a demanda por frutos frescos e de alta qualidade fazem com que novas técnicas sejam requeridas a fim de retardar a maturação e o envelhecimento e, assim, aumentar a vida de prateleira desses frutos.

As frutas e hortaliças apresentam alta perecibilidade, principalmente porque respiram mesmo depois de colhidas, o que dificulta seu armazenamento e comercialização por longos períodos. A perecibilidade das frutas é proporcional à intensidade e ao padrão respiratório de cada espécie. Diante disso, novas formas de conservação foram propostas, como a atmosfera controlada e a atmosfera modificada (Oliveira 2008): na primeira, é realizado o monitoramento e controle da composição gasosa à qual o fruto fica exposto; enquanto, na segunda, a concentração de gases é modificada pela própria respiração dos frutos, sendo a atmosfera criada com auxílio de uma barreira artificial

\*Autora para correspondência: sc\_aline@yahoo.com.br  
Editor responsável: Luciano Paganucci de Queiroz  
Recebido: 21 jan. 2010; aceito: 14 set. 2010.

(embalagens ou recobrimentos) à difusão de gases em torno da fruta (Koblitz 2008).

Todos os frutos apresentam resposta fisiológica ao etileno. O grande aumento na produção de etileno no início do amadurecimento dos frutos climatéricos é considerado o fator iniciador das modificações na cor, no aroma, na textura e no sabor, bem como de outros atributos bioquímicos e fisiológicos. Nos frutos não-climatéricos, por outro lado, o amadurecimento é considerado um evento que independe do etileno, mas pouco se conhece sobre os mecanismos reguladores das transformações bioquímicas envolvidas neste processo (Taiz & Zeiger 2004).

Quando frutos climatéricos imaturos são tratados com etileno, o amadurecimento é antecipado. Quando frutos não-climatéricos são tratados da mesma forma, a magnitude do aumento respiratório ocorre em função da concentração do etileno, porém o tratamento não desencadeia a produção endógena do etileno nem acelera o amadurecimento do fruto. Embora o efeito do etileno exógeno seja evidente, o estabelecimento de uma relação causal entre o nível endógeno do etileno e o amadurecimento de frutos é mais difícil (Taiz & Zeiger 2004).

Os inibidores da biossíntese do etileno [p. ex., aminoetóxi-vinil-glicina (AVG)] ou da ação do etileno [p. ex., CO<sub>2</sub>, 1-Metilciclopropeno (1-MCP), íons de prata] têm sido aplicados com sucesso para retardar, ou mesmo evitar, o amadurecimento (Taiz & Zeiger 2004). Segundo Kader (1986), pressões parciais de O<sub>2</sub> abaixo de 8 kPa reduzem a produção de etileno, e esse efeito é incrementado à medida que o nível de oxigênio decresce, pois o oxigênio é um substrato da ACC-oxidase, enzima que participa da síntese do etileno. O oxigênio é necessário para a síntese e ação do etileno, uma vez que, sob condições anaeróbicas, a conversão do ACC (ácido 1-aminociclopropano 1-carboxílico) a etileno é inibida, promovendo um acúmulo de ACC no tecido, pois a passagem de metionina a ACC ocorre mesmo na ausência de O<sub>2</sub>. Altas concentrações de CO<sub>2</sub>, por sua vez, podem reduzir, promover ou não ter nenhum efeito na taxa de produção de etileno pelo fruto, dependendo do produto e da concentração a que ele é exposto. Em alguns frutos, ocorre um acúmulo de CO<sub>2</sub> nos espaços intercelulares, e ele passa a funcionar como antagonista natural do etileno (Kader 2002).

O CO<sub>2</sub> em altas concentrações (5–10%) também inibe vários efeitos do etileno, como a indução do amadurecimento de frutos, embora o CO<sub>2</sub> seja menos eficiente que íons de prata. Por produzir este efeito, o CO<sub>2</sub> tem sido utilizado no armazenamento de frutos cujo amadurecimento é retardado sob as condições elevadas de CO<sub>2</sub> (Taiz & Zeiger 2004).

#### ATMOSFERA CONTROLADA

A técnica de atmosfera controlada consiste no monitoramento das concentrações de gases da atmosfera

de estocagem, atuando principalmente na diminuição da concentração de O<sub>2</sub> e no aumento da concentração de CO<sub>2</sub> em relação àquelas normalmente encontradas na atmosfera. Nessas condições, a concentração desses gases ao redor e no interior do fruto diminui a taxa respiratória e a produção de etileno, prolongando a vida útil do fruto. No entanto, este controle das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> deve ser preciso para evitar a respiração anaeróbica e a toxicidade promovida pelo excesso de CO<sub>2</sub> (Oliveira 2008).

Kader (2002) mostrou que a elevação de CO<sub>2</sub> na atmosfera para níveis em torno de 5% suprime a respiração do fruto. No entanto, níveis elevados de CO<sub>2</sub> podem causar distúrbios fisiológicos, estando relacionados com o tempo e a temperatura de armazenamento. Assim, os frutos toleram altos níveis de CO<sub>2</sub> (> 20%) por alguns dias, sob baixas temperaturas, porém essas altas concentrações não são toleradas em armazenamento prolongado. Além disso, a combinação de baixos níveis de O<sub>2</sub> e altos de CO<sub>2</sub> pode ter efeitos aditivos (Brackmann et al. 2009).

O uso da atmosfera controlada pode ser aliado a inibidores/controladores de etileno. Brackmann et al. (2009) avaliaram a qualidade da maçã ‘Gala’ armazenada em atmosfera controlada, submetida a diferentes formas de manejo do etileno: mediante a inibição da síntese (AVG – inibe a ACC-sintase, enzima do metabolismo do etileno), da ação (1-MCP – compete com o etileno pelo seu receptor) e também pela sua absorção na câmara de armazenamento, obtendo grande eficiência na manutenção da qualidade dos frutos durante oito meses de armazenamento mais sete dias de vida de prateleira.

O armazenamento em atmosfera controlada é muito utilizado comercialmente no Brasil para o armazenamento de maçã e kiwi. Para frutas de caroço, a atmosfera controlada é utilizada principalmente para o transporte de frutas do Chile e da África do Sul para os EUA e Europa (Brackmann et al. 2003). As pressões parciais mínimas de O<sub>2</sub> e máximas de CO<sub>2</sub> variam de acordo com a sensibilidade dos tecidos à indução da respiração anaeróbica e injúrias causadas pelo CO<sub>2</sub>, sendo estas características variáveis entre as diferentes cultivares (Salvador et al. 1998; Jiang 2002).

#### ATMOSFERA MODIFICADA

A atmosfera modificada baseia-se na combinação das características de permeabilidade do filme de embalagem utilizado com a taxa de respiração e produção de etileno dos frutos. A correta combinação propicia uma atmosfera apropriada dentro da embalagem para um favorável consumo de O<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub> pela respiração (Kader 1998).

A atmosfera modificada é uma técnica bastante versátil e aplicável a vários tipos de frutos e vegetais, sendo relativamente simples e de baixo custo (Jiang et al. 2001). Podem ser usados filmes poliméricos que formam embalagens com permeabilidade diferencial para O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>,

$C_2H_4$  e vapor d'água, aumentando a vida útil de vários produtos vegetais (Chitarra & Prado 2002). Seu efeito pode ser potencializado pela incorporação de atmosfera inerte, com vácuo parcial ou com concentração de  $O_2$  reduzida (Nicolas et al. 1994), porém seu uso exige cautela devido aos riscos de desvios indesejáveis das vias metabólicas nos tecidos vegetais vivos causados por condições anaeróbicas (e.g., susceptibilidade à podridão, amadurecimento irregular, alterações de cor e odor). Associado à atmosfera modificada, absorvedores de etileno, tais como  $K_2MnO_4$ -amargosite, sílica gel permanganato, permanganato de potássio, *green keeper*, *clay*, *frubel* e *cycoce*, podem auxiliar na preservação do fruto, absorvendo e oxidando o etileno liberado durante o processo de amadurecimento (Resende et al. 2001).

A utilização de atmosfera modificada tem proporcionado sucesso na conservação de frutos e hortaliças. O uso de filmes poliméricos, como o cloreto de polivinil (PVC), que se caracteriza por apresentar boa barreira ao vapor d'água e permeabilidade seletiva a  $O_2$  e  $CO_2$ , é bastante indicado (Kader & Mitchell 1989). Esse tipo de filme permite que a concentração de  $CO_2$  proveniente do próprio produto aumente e a concentração de  $O_2$  diminua à medida que ele é utilizado na respiração (Chitarra & Chitarra 2005). Com isso, o metabolismo do fruto é reduzido e sua vida útil pós-colheita pode ser prolongada efetivamente. Agostini et al. (2009), por exemplo, verificaram que o uso de embalagens de PVC ou polietileno proporcionaram frutos de jabuticaba com qualidade visual satisfatória para o consumo ao final do período de armazenamento. Hall et al. (1975), por sua vez, recomendaram o uso de embalagem perfurada, pois a ventilação proporciona uma atmosfera gasosa mais adequada, importante quando o armazenamento é realizado sob temperaturas mais elevadas.

Embora a aparência dos frutos possa ser melhor nos filmes selados, há o risco do surgimento de sabores não característicos. Assim, além da utilização de filmes plásticos na conservação pós-colheita de frutos e hortaliças, a aplicação de recobrimentos comestíveis na superfície desses produtos tem sido bastante empregada. Essa estratégia advém da demanda crescente dos consumidores por produtos com elevada qualidade e vida útil prolongada (Chitarra & Chitarra 2005). Diversos materiais de revestimento, como óleo mineral, parafina, cera de carnaúba, cera de abelha, goma-laca e fécula de mandioca, são usados amplamente em frutos e algumas hortaliças. O uso desses materiais tem como objetivo dar ao fruto brilho, aparência atrativa, reduzir a perda de peso e a respiração normal dos frutos, sem provocar condições de anaerobiose (Mannheim & Soffer 1996).

O grau de escurecimento enzimático foi reduzido em fatias de maçã revestidas com filme composto por proteínas do leite e carboximetilcelulose (Le Tien et al. 2001). Podem ser efetuadas combinações com ácidos graxos, álcoois e pectinas nos filmes comestíveis (McHugh & Senesi 2003).

Películas feitas a partir de polissacarídeos apresentam baixa permeabilidade a gases e reduzem a respiração dos vegetais sem inibi-la (o que poderia ocasionar fermentação pela condição de anaerobiose), restringindo o acesso do oxigênio ao tecido e, por consequência, diminuindo a taxa de oxidação que leva ao escurecimento enzimático (Jiang et al. 2001).

Além dos cuidados com a embalagem, é necessária atenção à temperatura de armazenamento. A combinação de embalagem com uma temperatura inadequada pode causar entrada de  $O_2$  e/ou saída de  $CO_2$  insuficiente através da embalagem, criando uma atmosfera inapropriada ao fruto, o que pode provocar desde alterações de cor e textura até o desenvolvimento de sabor e odor atípicos (Miller 1986). O armazenamento refrigerado associado à utilização da atmosfera modificada destaca-se como uma possibilidade no prolongamento da vida útil dos frutos, refletindo na dilatação do período de comercialização. Cia (2002) descreve que a habilidade para regular a atmosfera estabelecida na embalagem dependerá da respiração do fruto e da permeabilidade da embalagem. Esses fatores, por sua vez, são dependentes da temperatura, já que a elevação da mesma promove aumento da atividade respiratória dos produtos e da permeabilidade do filme.

#### BANANA – FRUTO CLIMATÉRICO EM ATMOSFERA MODIFICADA E CONTROLADA

Segundo a FAO (2004), a Índia é o maior produtor mundial de banana, enquanto o Brasil ocupa o segundo lugar, com cerca de 9% do que é produzido mundialmente. A maior parte da banana produzida no Brasil abastece o mercado interno, enquanto que o mercado externo apresenta baixa movimentação comercial, devido aos danos sofridos pelo produto no transporte e comercialização, gerando perdas nas diferentes etapas, da colheita à comercialização.

As bananas são frutos climatéricos e apresentam um período de maturação caracterizado pelo consumo de  $O_2$  e produção de  $CO_2$ , que diminuem lentamente até o chamado “mínimo climatérico”. Após este mínimo inicia-se o processo de amadurecimento, que pode acontecer após a colheita e é acompanhado por um aumento rápido da taxa respiratória, que alcança um valor máximo no chamado “pico climatérico”. A senescência inicia-se em seguida e é caracterizada por processos que conduzem à morte dos tecidos. O ponto ideal de consumo da banana está situado no pico climatérico ou próximo deste. O tempo necessário para atingir este pico depende do grau de maturação do fruto na colheita e das condições de armazenamento.

Na etapa de amadurecimento da banana, ocorre o aumento nos teor de açúcares simples e ácidos orgânicos (predominando o ácido málico) e polimerização de compostos fenólicos, acarretando redução na adstringência e aumento da acidez, além da liberação de substâncias

voláteis, fatores responsáveis pelo aroma e sabor, que são características fundamentais para a aceitação do fruto (Soto Ballester 1992). Surendranathan & Nair (1980) citam os seguintes processos bioquímicos envolvidos no amadurecimento da banana: modificação da cor verde para amarela, como consequência da degradação hidrolítica e oxidativa da clorofila; hidrólise das moléculas de amido, hemicelulose e substâncias pécticas, levando ao amolecimento dos tecidos; produção de etileno, concomitante com a elevação da taxa respiratória; polimerização do tanino, com diminuição da adstringência do fruto e produção de substâncias voláteis responsáveis pelo aroma dos frutos. Desses processos, afirmam os autores, a hidrólise do amido representa um importante evento no processo de amadurecimento, por fornecer a energia (glicose) necessária à síntese de vários compostos característicos de cada fruto, como substâncias voláteis, pigmentos, ácidos orgânicos, etc.

Para Carvalho (1984), Mota et al. (1997), Pesis et al. (2001) e Vilas-Boas et al. (2001), uma das principais transformações químicas que ocorrem no amadurecimento da banana é a conversão do amido para açúcares solúveis, causando o acúmulo de sacarose, glicose e frutose na polpa do fruto. O uso da atmosfera modificada através da embalagem diminui a velocidade da atividade das enzimas amilases, glicosidases e fosforilases, que atuam nas reações de hidrólise dos carboidratos complexos em açúcares solúveis (Silva et al. 2009).

A temperatura mínima de armazenamento depende da sensibilidade da banana a danos pelo frio, sensibilidade esta que é afetada pela cultivar, condições de cultivo e tempo de exposição a uma dada temperatura e umidade relativa do ar (Marriot 1980). Soto Ballester (1992) e Bleinroth (1995) afirmam que a conservação da banana do subgrupo 'Cavendish' pode ser feita a 12°C externamente e 13°C na polpa. Temperaturas abaixo das indicadas causam distúrbios fisiológicos na casca, denominados coletivamente de injúria ou dano pelo frio (*chilling injury*), tornando-a de amarelacinzentada a marrom.

Segundo Jiang et al. (1999), o período de armazenamento de bananas em temperatura ambiente pode ser semelhante ao do armazenamento refrigerado, desde que os frutos estejam embalados em filmes de polietileno contendo permanganato de potássio para absorver o etileno. Entretanto, Antoniali et al. (1996) não verificaram a eficiência da utilização de embalagem plástica confeccionada com permanganato de potássio na conservação pós-colheita de banana 'Nanicão'.

Santos & Silva (2006) demonstraram a eficácia do uso da atmosfera modificada na extensão da vida de prateleira da banana 'Prata-anã'. As pressões parciais de gases utilizadas foram: controle (atmosfera regular); 2 kPa O<sub>2</sub> + 4 kPa CO<sub>2</sub> (2/4); 3 kPa O<sub>2</sub> + 7 kPa CO<sub>2</sub> (3/7); 4 kPa O<sub>2</sub> + 10 kPa CO<sub>2</sub> (4/10), durante 30, 35 e 40 dias de armazenamento. Foi observada a influência direta da atmosfera em

características como coloração da casca, onde a atmosfera controlada retardou o amarelecimento da casca quando comparado com o controle, que atingiu grau de coloração 7 em 24 dias. Houve, ainda, interação significativa entre os tratamentos e os períodos de armazenamento para as variáveis amido, açúcares solúveis totais (AST), redutores (AR) e não-redutores (ANR). O teor de amido nos frutos-controle foi sempre inferior e o teor de AST superior, quando comparados àqueles sob atmosfera controlada.

Em experimentos relatados por Brackmann et al. (2006), a absorção de etileno resultou em bananas com maior firmeza de polpa e menor escurecimento da casca. No entanto, a cor da casca ficou mais verde nos frutos armazenados em atmosfera modificada com absorção de etileno do que em atmosfera refrigerada AR, também com absorção de etileno. É possível que este resultado esteja relacionado ao efeito da modificação da atmosfera na diminuição da atividade das enzimas clorofilases e sistemas oxidantes, em função do baixo O<sub>2</sub> combinado com o alto CO<sub>2</sub>.

Segundo Kader (2002), bananas 'Cavendish' toleram um máximo de 5% de CO<sub>2</sub> e um mínimo de 2% a 5% de O<sub>2</sub>, quando armazenadas entre 12 e 16°C, podendo ser estes limites diferentes para outras cultivares. Geralmente, os frutos de banana contêm entre 70% e 85% de umidade. Parte desta umidade é perdida no processo de transpiração, que implica na perda da água dos tecidos dos frutos na forma de vapor d'água, proveniente dos espaços intercelulares. Em menor grau, a perda de água ocorre na respiração, durante a formação de CO<sub>2</sub> e água (Cantillano 1991). Portanto, a umidade relativa é um elemento indispensável no ambiente de maturação e de refrigeração. O fruto perde umidade constantemente, o que deve ser controlado para evitar o seu murchamento e a perda excessiva de massa, assim como a casca de se tornar enrugada e de coloração opaca (Bleinroth 1995).

De acordo com Silva & Lima (2006) e Kader (2002), a perda de massa da banana compromete de maneira considerável a sua qualidade sensorial, prejudicando sua comercialização. A perda de massa em atmosfera controlada foi estudada por Santos & Silva (2006). Eles verificaram que, independente das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, todos os frutos de pitanga submetidos à atmosfera controlada tiveram menor perda de massa quando comparados aos frutos-controle. Ao longo do período de armazenamento, não foram observadas diferenças significativas entre frutos tratados sob atmosfera controlada, comprovando a eficiência dessa técnica em minimizar a perda de massa dos frutos.

Lima et al. (2005) avaliaram o uso de atmosfera modificada combinada com um inibidor de etileno (1-Metilciclopropeno; 1-MCP) e refrigeração em banana 'Prata-anã'. Os resultados mostraram que o 1-MCP auxilia no retardamento do início do amadurecimento quando comparados com o tratamento da atmosfera modificada e

refrigeração sem aplicação do inibidor.

O uso de emulsões de cera e produtos a base de ésteres de sacarose permite estender o período pré-climatérico de bananas de uma a duas semanas, reduzir a perda d'água e a ocorrência de escurecimento da casca. O enceramento causa modificações na atmosfera interna do fruto, aumentando a concentração de CO<sub>2</sub> e reduzindo a de O<sub>2</sub>, daí o prolongamento do período pré-climatérico, como ocorre em câmaras com atmosfera controlada e nas embalagens plásticas (Cordeiro 2003).

#### ABACAXI – FRUTO NÃO-CLIMATÉRICO EM ATMOSFERA CONTROLADA E MODIFICADA

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de abacaxi, com uma produção estimada em 1,7 bilhão de frutos no ano de 2006. Em todo o país, são encontrados plantios comerciais, destacando-se os Estados do Pará, Paraíba, Minas Gerais, Bahia e Rio Grande do Norte, que contribuíram com quase 72% da produção nacional em 2006 (IBGE 2008). A maior parte do abacaxi produzido no Brasil, no entanto, é ainda destinada ao mercado doméstico, e o transporte para outras regiões é geralmente feito a granel e sem refrigeração (CEAGESP 2003).

A qualidade final do fruto é influenciada pelo manejo no cultivo, na colheita e na pós-colheita, dependendo do estágio de maturação. Colheitas realizadas antes que os frutos atinjam a completa maturação fisiológica prejudicam o seu processo de amadurecimento, afetando sua qualidade. Por isso, o abacaxi deve ser colhido no seu completo desenvolvimento fisiológico. Por outro lado, a colheita de frutos totalmente maduros reduz a vida útil deles, dificultando seu manuseio e transporte devido à baixa resistência física e levando a perdas quantitativas e qualitativas (Carvalho & Botrel 1996; Chitarra & Chitarra 2005). Com isso, para o consumo *in natura* em mercados distantes, é aconselhável se fazer a colheita antes que os frutos atinjam a maturação completa, ou seja, no estágio “de vez”, para que cheguem ao consumidor em boas condições (Cunha et al. 1999).

A melhor conservação da qualidade pós-colheita dos frutos é necessária para impulsionar o agronegócio do abacaxi brasileiro, seja pela possibilidade de abastecimento das mais diferentes regiões do país, seja para incrementar as exportações de frutas *in natura*. As condições ambientais desejadas para tal finalidade podem ser obtidas mediante controle da temperatura, umidade relativa e composição da atmosfera (Souto et al. 2004). No entanto, quando o abacaxi é exposto a temperaturas inferiores a 10°C por tempo prolongado, ele exhibe danos pelo frio (Teisson & Combres 1979), decorrentes do efeito das baixas temperaturas nas membranas celulares (Wang 1994).

Os danos pelo frio manifestam-se no abacaxi na forma de amadurecimento anormal, colapso da estrutura interna,

manchas escuras na polpa e na casca ou descoloração interna e perdas em sabor e odor (Paull & Rohrbach 1985). A incidência de danos pelo frio é agravada na presença de etileno (Pesis et al. 2002). A modificação e o controle da atmosfera associada à refrigeração, técnicas bastante simples, podem trazer efeitos benéficos, como redução da taxa respiratória e conseqüente redução da degradação metabólica e ampliação do período de conservação do fruto (Hadlich 1991).

Pico & Pólit (2000) utilizaram cera para proteger abacaxis ‘Champaka’ da injúria causada por armazenamento a 8°C, tendo a evolução da coloração sido inibida pela sua aplicação. Eles observaram que o armazenamento dos frutos em sacos plásticos perfurados não teve influência no desenvolvimento da cor externa dos frutos, mas não foi eficiente para diminuir o escurecimento interno (EI). Eles também observaram que a aplicação conjunta de sacos perfurados e cera protegeu os frutos contra o EI, retardando a perda de vitamina C e diminuindo a perda de massa fresca, sem apresentar efeito sobre a integridade da coroa, os teores de sólidos solúveis totais e a acidez titulável. Abreu et al. (1998), utilizando embalagens de polietileno de 0,07 mm, observaram redução de 68,75% no número de frutos afetados pelo EI, o que foi atribuído à redução na disponibilidade de O<sub>2</sub>, diminuindo as reações oxidativas que levam ao escurecimento do produto.

Abreu (1995) constatou decréscimo na acidez de abacaxis refrigerados e embalados em polietileno, quando comparados aos frutos não embalados ou acondicionados em embalagens com perfuração. Thé et al. (2005) e Abreu (1995) constataram que abacaxis armazenados sob atmosfera modificada apresentaram uma maior relação SST (sólidos solúveis totais) / ATT (acidez titulável total).

Souto et al. (2004), avaliando abacaxi ‘Pérola’ sob atmosfera modificada, verificaram que o teor de SST não foi alterado pelo tempo de armazenamento ou pelo uso das diferentes embalagens, o que também foi relatado por Pico & Pólit (2000). Abreu (1995) reporta que frutos embalados e armazenados em temperatura ambiente e sob refrigeração tem uma tendência à diminuição de SST apenas no final do período de armazenamento. Para Souto et al. (2004), as embalagens e ceras não influenciaram a ATT enquanto os frutos foram mantidos a 8°C. Eles observaram, também, que o teor de ácido ascórbico na polpa dos frutos não sofreu influência das embalagens, mas aumentou durante o tempo de armazenamento a 8°C, diminuindo quando os frutos foram levados para condição ambiente (25°C e 75–80% UR). Essa redução ocorreu com maior intensidade nos frutos protegidos com filme plástico.

Finalmente, Prado et al. (2004) avaliaram a influência da atmosfera modificada em diferentes concentrações de oxigênio e dióxido de carbono sobre a qualidade do abacaxi ‘Smooth cayenne’ minimamente processado. Eles obtiveram vida de prateleira média de 6 dias sob refrigeração a 5°C e atmosferas modificadas, sofrendo menor degradação da

parede celular com menor solubilização das hemiceluloses, comparando com o tratamento controle.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de atmosfera controlada e modificada consistem no controle e na modificação da atmosfera de armazenamento dos frutos com o objetivo de retardar o amadurecimento para que eles cheguem ao seu destino em ótima qualidade. Sabe-se que os frutos possuem dois padrões respiratórios, os climatéricos e os não climatéricos, dependendo a sua maturação destes padrões. Relatou-se

que, em banana (climatérico), os efeitos da atmosfera controlada e da atmosfera modificada são maiores do que no abacaxi (não climatérico). As bananas apresentam modificações positivas na maioria dos atributos pós-colheita, podendo ocorrer variações a depender do potencial genético. Já para o abacaxi, as modificações, principalmente aquelas referentes aos sólidos solúveis totais e acidez titulável total, não sofreram interferência significativa com o uso de atmosfera modificada e atmosfera controlada, apesar do decréscimo no escurecimento interno dos frutos. Dessa forma, conclui-se que as atmosferas modificada e controlada auxiliam na manutenção da qualidade dos frutos durante a conservação tanto da banana como do abacaxi.

### REFERÊNCIAS

- Abreu, C.M.P.** 1995. *Efeito da Embalagem de Polietileno e da Refrigeração no Escurecimento Interno e Composição Química Durante a Maturação do Abacaxi cv. Smooth Cayenne*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras.
- Abreu, C.M.P.; Carvalho, V.D.; Santos, D.S.; Chagas, S.R. & Costa, L.** 1998. Efeito da embalagem de polietileno e da refrigeração no escurecimento interno, na atividade da fenilalanina amônio liase (PAL) e fenólicos durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne. *Revista Brasileira de Fruticultura* 20: 80–86.
- Agostini, J.S.; Candido, A.C.S.; Teodosio, T.K.C.; Rodrigues, J.N.; Garcete, G.J. & Scalon, S.P.Q.** 2009. Atmosfera modificada e condições de armazenamento nas características físico-químicas de jaboticabas da cultivar 'paulista'. *Ciência Rural* 39: 2601–2608.
- Antoniali, S.; Durigan, J.F.; Kaneshiro, M.A.B.; Marques, M.O. & Tostes, D.R.D.** 1996. Conservação pós colheita de banana Nanicão associando-se a embalagem em saco plástico contendo  $KMnO_4$  com refrigeração. In: *Anais do 14º Congresso Brasileiro de Fruticultura*, Curitiba, p. 93.
- Bleinroth, E.W.** 1995. *Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos*. 2 ed. ITAL, Campinas.
- Brackmann, A.; Steffens, C.A. & Giehl, R.F.H.** 2003. Armazenamento de pêssego Chimarrita em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. *Ciência Rural* 33: 431–435.
- Brackmann, A.; Steffens, C.A.; Sestari, I.; Neuwald, D.A. & Giehl, R.F.H.** 2006. Armazenamento em atmosfera modificada e controlada de banana "prata" com absorção de etileno. *Ciência e Agrotecnologia* 30: 914–919.
- Brackmann, A.; Weber, A.; Sestari, I.; Peterle, M.E.; Both, V.; Pavanello, E.P. & Pinto, J.A.V.** 2009. Manejo do etileno e sua relação com a maturação de maçãs 'Gala' armazenadas em atmosfera controlada. *Bragantia* 68: 519–525.
- Cantillano, R.F.F.** 1991. Armazenamento refrigerado de frutas e hortaliças: importância da transpiração. *HortiSul* 1: 23–31.
- Carvalho, H.A.** 1984. *Qualidade de Banana Prata Previamente Armazenada em Saco de Polietileno, Amadurecida em Ambiente com Elevada Umidade Relativa*. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- Carvalho, V.D. & Botrel, N.** 1996. Características da fruta de exportação. In: A. Gorgatti Netto, V.D. Carvalho, N. Botrel, E.W. Bleinroth, M. Matallo, A.E. Garcia, E.F.G. Ardito, E.E.R. Sitientibus série Ciências Biológicas 11(1): 1–7. 2011.
- Garcia & M.R. Bordin (eds), *Abacaxi para Exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita*. Embrapa/SPI, Brasília.
- CEAGESP.** 2003. *Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura: normas de classificação do abacaxi*. CQH/CEAGESP, São Paulo.
- Chitarra, A.B. & Prado, M.E.T.** 2002. *Utilização de Atmosfera Modificada e Controlada em Frutos e Hortaliças*. UFLA/FAEPE, Lavras.
- Chitarra, M.I.F. & Chitarra, A.B.** 2005. *Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2 ed. UFLA, Lavras.
- Cia, P.** 2002. *Efeito da Atmosfera Modificada no Controle de Podridões Pós-colheita e na Qualidade de Caqui cv. Fuyu*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista.
- Cordeiro, Z.J.M.** 2003. *Sistema de Produção de Banana para o Estado do Pará*. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaPara/colheita.htm>; acesso em 30 nov. 2009.
- Cunha, G.A.P.; Cabral, J.R.S. & Souza, L.F.S.** 1999. *O Abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia*. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Brasília.
- FAO – Food and Agriculture Organization.** 2004. Disponível em <http://apps.fao.org>; acesso em 10 fev. 2010.
- Hadlich, E.** 1991. *Frigoconservação Contínua e Intermitente de Pêssegos (Prunus persica (L.) Batsch) Cultivares Diamante e Eldorado*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.
- Hall, C.W.; Hardenburg, R.E. & Pantastico, E.B.** 1975. Consumer packaging with plastics. In: E.B. Pantastico (ed.), *Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables*. AVI, Westport, p. 303–313.
- IBGE.** 2008. *Sistema IBGE de Recuperação Automática – Sidra: levantamento sistemático da produção agrícola*. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br>; acesso em 16 out. 2009.
- Jiang, A.L.** 2002. Effects of controlled atmospheres with high- $O_2$  or high  $CO_2$  concentrations on postharvest physiology and storability of "Napoleon" sweet cherry. *Acta Botanica Sinica* 44: 925–930.
- Jiang, Y.; Joyce, D.C. & Macnish, A.J.** 1999. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. *Postharvest Biology and Technology* 16: 187–193.
- Jiang, Y.; Joyce, D.C. & Terry, L.A.** 2001. 1-

- Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. *Postharvest Biology and Technology* 23: 227–232.
- Kader, A.A.** 1986. Biochemical and physiological basis for the effect of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology* 40: 99–105.
- Kader, A.A.** 1998. Advances in controlled atmosphere applications for quality maintenance of fresh fruits. In: *Anais do 15º Congresso Brasileiro de Fruticultura*, Poços de Caldas. p. 136–150.
- Kader, A.A.** (ed.). 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 3 ed. Division of Agricultural and Natural Resources, Oakland.
- Kader, A.A. & Mitchell, F.G.** 1989. Maturity and quality. In: J.H. Laurue & R.S. Johnson (eds), *Peaches, Plums and Nectarines-growing and Handling for Fresh Market*. Division of Agricultural and Natural Resources, Oakland, p. 191–196.
- Koblitz, M.G.B.** 2008. *Bioquímica de Alimentos: teoria e aplicações práticas*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Le Tien, C.; Vachon, C.; Mateescu, M.A. & Lacroix, M.** 2001. Milk protein coatings prevent oxidative browning of apples and potatoes. *Journal of Food Science* 66: 512–516.
- Lima, L.C.; Costa, S.M.; Dias, M.S.C.; Martins, R.N. & Ribeiro, J.P.M.** 2005. Controle do amadurecimento de banana ‘Prata-Anã’ armazenada sob refrigeração e atmosfera modificada passiva com o uso do 1-Metilciclopropeno. *Ciência e Agrotecnologia* 29: 476–480.
- Mannheim, C.H. & Soffer, T.** 1996. Permeability of different wax coatings and their effect on citrus fruit quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44: 919–23.
- Marriot, J.** 1980. Bananas: physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. *Journal of Food Sciences and Nutrition* 13: 41–88.
- McHugh, T.H. & Senesi, E.** 2003. Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science* 65: 480–485.
- Miller, W.R.** 1986. Film wrapping mangos at advancing stages of postharvest ripening. *Tropical Science* 26: 9–17.
- Mota, R.V.; Lajolo, F.M. & Cordenunsi, B.R.** 1997. Composição de carboidratos de algumas cultivares de banana (*Musa* spp.) durante o amadurecimento. *Ciências e Tecnologia de Alimentos* 17: 94–97.
- Nicolas, J.J.; Richard-Forget, F.C.; Goupy, P.M.; Amiot, M.J. & Aubert, S.Y.** 1994. Enzymatic browning reaction in apple and apple products. *Journal of Food Sciences and Nutrition* 34: 109–157.
- Oliveira, M.A.B.** 2008. *Introdução à Pós-colheita de Frutos*. Autor independente, Cachoeiro de Itapemirim.
- Paull, R.E. & Rohrbach, K.G.** 1985. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 110: 100–105.
- Pesis, E.; Copel, A.; Ben-Arie, R.; Feygenberg, O. & Aharoni, Y.** 2001. Low-oxygen treatment for inhibition of decay and ripening in organic bananas. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 75: 648–652.
- Pesis, E.; Ackerman, M.; Ben-Arie, R. Feygenberg, O.; Feng, X.; Apelbaum, A.; Goren, R. & Prusky, D.** 2002. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 24: 171–181.
- Pico, D. & Pólit, P.** 2000. Efecto del uso de recubrimientos y fundas plásticas sobre a calidad de piña durante um armazenamento que simula um proceso de exportação. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 2: 130–138.
- Prado, M.E.T.; Chitarra, A.B.; Bonnas, D.S. & Pinheiro, A.C.M.** 2004. Transformações bioquímicas de abacaxi minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. *Revista Brasileira de Fruticultura* 26: 428–432.
- Resende, J.M.; Vilas Boas, E.V.B. & Chitarra, M.I.F.** 2001. Uso de atmosfera modificada na conservação pós-colheita do maracujá amarelo. *Ciência e Agrotecnologia* 25: 159–168.
- Salvador, M.E.; Lizana, L.A.; Luchsinger, L.E. & Alonso, E.** 1998. Locality effect on some fruit quality parameters in peaches and nectarines. *Acta Horticulturae* 2: 447–451.
- Santos, A.F. & Silva, S.M.** 2006. Armazenamento de pitanga sob atmosfera modificada e refrigeração: I- transformações químicas em pós-colheita. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28: 36–41.
- Silva, C.S. & Lima, L.C.** 2006. Amadurecimento da banana-prata climatizada em diferentes dias após a colheita. *Ciência e Agrotecnologia* 30: 103–111.
- Silva, N.M.; Mizobutsi, G.P. & Silva, J.M.** 2009. Qualidade pós-colheita da banana “Tropical” com utilização de embalagens de polietileno de baixa densidade. In: *III Fórum Gestão, Pesquisa, Ensino, Extensão*, Montes Claros. Disponível em <http://www.fepeg.unimontes.br/evento2009/index.php/fepeg/fepeg2009/paper/viewFile/127/537>; acesso em 1 set. 2009.
- Soto Ballester, M.** 1992. *Bananos: cultivo y comercialización*. 2 ed. Litografia e Imprenta LIL, San José.
- Souto, R.F.; Durigan, J.F.; Souza, B.S.; Donadon, J. & Menegucci, J.L.P.** 2004. Conservação pós-colheita de abacaxi ‘pérola’ colhido no estádio de maturação “pintado” associando-se refrigeração e atmosfera modificada. *Revista Brasileira Fruticultura* 26: 24–28.
- Surendranathan, K.K. & Nair, P.M.** 1980. Carbohydrate metabolism in ripening banana and its alteration on gamma irradiation in relation to delay in ripening. *Journal of the Indian Institute of Science* 62: 63–80.
- Taiz, L. & Zeiger, E.** 2004. *Fisiologia Vegetal*. 3 ed. Editora Artmed, Porto Alegre.
- Teisson, C. & Combres, J.C.** 1979. Le brumissement interne de l’ananas. III – Symptomatologie. *Fruits* 34: 315–329.
- Thé, P.M.P.; Gonçalves, N.B.; Nunes, R.P.; Morais, A.R.; Pinto, N.A.V.D.; Fernandes, S.M. & Carvalho, V.D.** 2005. Efeitos de tratamentos pós-colheita sobre fatores relacionados à qualidade de abacaxi cv. Smooth Cayenne. *Revista Brasileira de Agrociência* 9: 163–170.
- Vilas-Boas, E.V.B.; Alves, R.E.; Filgueiras, H.A.C. & Menezes, J.B.** 2001. Características da fruta. In: F.C.A.U. Matsuura & M.I.S. Folegatti (eds), *Banana Pós-colheita*. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Brasília, p. 15–19.
- Wang, C.Y.** 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities. *HortScience* 29: 986–988.