

# EFEITO DE ABSORVEDOR DE ETILENO NO ARMAZENAMENTO DE MAMÃO (*Carica papaya* L.), EM DIFERENTES TEMPERATURAS, INVESTIGADO POR LASER FOTOACÚSTICO E COLORÍMETRO DE HUNTER

Luiz Fernando Ganassali Oliveira-Jr<sup>1</sup>  
Marcelo Gomes da Silva<sup>2</sup>  
Juliana Mendes de Oliveira<sup>3</sup>  
Fabrício Antonio dos Santos<sup>3</sup>  
Helion Vargas<sup>2</sup>

## RESUMO

Neste trabalho, foram estudados os efeitos da embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD), do absorvedor de etileno e das temperaturas de armazenagem na conservação pós-colheita de mamões. Observou-se a taxa de emissão dos gases CO<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> durante o período de armazenamento, no laboratório de Ciências Físicas (LCFIS) da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), tendo como parâmetros experimentais a temperatura ambiente de 10°C. Como forma de retardar o amadurecimento, foram utilizados a atmosfera modificada e o absorvedor de etileno em quatro diferentes tratamentos: frutos embalados com filme de PEBD sem absorvedor de etileno (sachê contendo 9 gramas de permanganato de potássio, KMnO<sub>4</sub>) em temperatura ambiente, “A”; frutos embalados com filme de PEBD com absorvedor de etileno em temperatura ambiente, “B”; frutos embalados com filme de PEBD sem absorvedor de etileno a 10°C, “C”; e frutos embalados com filme de PEBD com absorvedor de etileno a 10°C “D”. Foram utilizados mamões do grupo Solo, cultivar Golden, no estágio de maturação de uma e duas pintas, acondicionados em caixas de papelão contendo 9 frutos cada. Verificaram-se perda de massa fresca e desenvolvimento da cor da casca dos frutos da caixa. Os resultados obtidos mostraram que a maior eficiência do absorvedor de etileno ocorreu em frutos armazenados na temperatura ambiente, e o efeito da refrigeração sobrepostos ao do absorvedor de etileno. Foi possível também relacionar o início do pico climatérico com o desenvolvimento da cor.

Palavras-chave: Mamão Golden (*Carica papaya* L.), atmosfera modificada, absorvedor de etileno, laser fotoacústico, calorímetro de Hunter.

## ABSTRACT

### EFFECT OF ETHYLENE ABSORBERS IN PAPAYA (*Carica papaya* L.) STORAGE UNDER DIFFERENT TEMPERATURES INVESTIGATED BY LASER PHOTOACOUSTICS AND HUNTER COLORIMETER

This research studied the effect of low density polyethylene packaging (PEBD), ethylene absorbers and storage temperatures on the post-harvest preservation of papaya, by monitoring CO<sub>2</sub> and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> gas rate emission during the period of storage. These studies were carried out at the Laboratory of Physical Sciences (LCFIS) of the Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). The experimental parameters compared were storage at room temperature or at 10°C. Modified atmosphere and ethylene absorbers were used in different combination, generating four treatments: fruits involved with PEBD film and ethylene absorbers stored at 10°C (treatment A); fruits involved with PEBD film without ethylene absorbers stored at 10°C (treatment B); fruits involved with PEBD film and

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo. Av. Fernando Ferrari s/n Campus Universitário, Vitória-ES. E-mail: lfg@pesquisador.cnpq.br.

<sup>2</sup>Laboratório de Ciências Físicas. Universidade Estadual do Norte Fluminense.

<sup>3</sup>Laboratório de Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual do Norte Fluminense

ethylene absorbers stored at room temperature (treatment C); fruits involved with PEBD film without ethylene absorbers stored at room temperature (treatment D). Papaya fruit from the 'Solo' group cv. Golden were used, at the ripening stage of one to two black spots, conditioned in cardboard boxes containing 9 fruits each. The loss of fresh matter and the development of skin color were evaluated. The results indicate that ethylene absorbers performed better when the fruit were stored at room temperature, and that the effect of cold storage overlapped the effect of ethylene absorbers. It was also possible to correlate the initial of the climacteric peak with color development.

Keywords: Golden papaya, *Carica papaya*, modified atmosphere, ethylene absorbers, laser photoacoustics, hunter colorimeter.

## INTRODUÇÃO

Entre as mais importantes frutas tropicais atualmente cultivadas no mundo, o mamão ocupa, evidentemente, um lugar de destaque (Medina, 1995). Segundo a FAO (2000), o Brasil é o país que mais produz mamão em escala internacional, concentrando 31,6% da oferta mundial, seguido da Nigéria com 13,9%, México com 10,7%, Indonésia com 9,1% e Índia com 8,4%.

Pesquisas têm sido insatisfatórias para se estabelecerem estratégias eficazes de manutenção da qualidade pós-colheita de mamão por períodos relativamente longos. O etileno já está bem caracterizado como fitormônio regulador de vários aspectos do crescimento, como desenvolvimento e senescência da planta (Abeles *et al.*, 1992; Yang & Hoffman, 1984; Mator & White, 1991). Desde que a via biossintética do etileno foi estabelecida por Adams & Yang (1979), grandes progressos foram alcançados no estudo da bioquímica da biossíntese de etileno (Imazek, 1991; Kend, 1993). Embora exista um número considerável de trabalhos relacionando o amadurecimento de vários frutos na pós-colheita e a biossíntese de etileno (Yang, 1987; Yang & Hoffman, 1984), há informações limitadas disponíveis para alguns frutos tropicais como o mamão.

A respiração é, geralmente, um bom indicador metabólico da taxa de amadurecimento dos frutos e hortaliças. Conseqüentemente, seu controle pode ser um eficiente meio de regular o metabolismo geral e estender a vida de prateleira desses produtos. O efeito de níveis elevados de CO<sub>2</sub> reduz a respiração tanto de frutos como hortaliças, sendo este o principal interesse na utilização de atmosfera controlada e, ou modificada. Tais técnicas quando envolvem redução de O<sub>2</sub> e, ou aumento de CO<sub>2</sub> são comercialmente usadas para prolongar a vida de pós-colheita e para manter a qualidade de muitos produtos hortícolas frescos (Ke & Salveit, 1989).

Absorvedores de etileno associados à atmosfera modificada é também uma metodologia eficaz para

aumentar a vida de prateleira. Frutos acondicionados em embalagens de polietileno de baixa densidade, com atmosfera modificada passiva, ocasionam um aumento na concentração de CO<sub>2</sub>, proporcionando um atraso no amadurecimento (Oliveira Jr et al., 2004). Este atraso é aumentado quando se adiciona absorvedor de etileno (KMnO<sub>4</sub>) às embalagens (Mitchell *et al.*, 1982; Oliveira Jr *et al.*, 2004).

Certamente a percepção visual, assim como o tato, são as formas mais simples e intuitivas de se avaliar o estado de amadurecimento de uma fruta. Sabe-se também que o pico climatérico, ponto máximo de emissão de etileno (Yang, 1987), coincide também com outras mudanças físicas e químicas associadas ao amadurecimento, como mudança de cor, amaciamento, aumento da permeabilidade do tecido e desenvolvimento do aroma característico (Paull *et al.*, 1997). As transformações colorimétricas são facilmente observadas, podendo, também, serem quantificadas, de forma indireta por de medidas de reflectometria (Miller & McDonald, 1999).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de comparar a eficiência do absorvedor de etileno na embalagem de polietileno de baixa densidade, correlacionando com temperaturas ambiente e refrigerada.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de mamão foram cultivados pela empresa Caliman Agrícola S/A, em Linhares, ES, e colhidos manualmente no estádio de uma e duas pintas. Cada fruto pesava em média 400 g. Os frutos foram transferidos para o "packing house", lavados e submetidos a tratamento hidrotérmico (48-49°C por 20 min). Em seguida, foram mergulhados num tanque com água em

temperatura de 10-12°C, também por 20 minutos.

Neste trabalho, utilizaram-se dois estádios de maturação dos mamões: fruto com duas pintas para armazenamento sob refrigeração, com casca verde-clara, com duas estrias amareladas, bem perceptíveis, partindo da base para o pedúnculo, e fruto com uma pinta para armazenamento em temperatura ambiente, com casca verde-clara, com uma estria amarelada localizada em sua base.

Após os procedimentos padrões, os frutos foram acondicionados em caixas de papelão (tipo exportação com nove frutos em cada uma). Todos os tratamentos foram mantidos em câmaras do tipo BOD e com umidade relativa de aproximadamente 77%. As caixas contendo os frutos foram submetidas aos seguintes tratamentos: frutos embalados com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD), sem absorvedor de etileno (sachê contendo 9 gramas de permanganato de potássio,  $\text{KMnO}_4$ ) em temperatura ambiente, “A”; frutos embalados com filme de PEBD e com absorvedor de etileno em temperatura ambiente, “B”; frutos embalados com filme de PEBD e sem absorvedor de etileno a 10°C, “C”; frutos embalados com filme de PEBD e com absorvedor de etileno a 10°C, “D”. Os frutos contidos nas embalagens foram armazenados por 10 dias. Os sacos de polietileno que envolveram as caixas de papelão possuíam a espessura de 30 $\mu\text{m}$  (PEBD-30 $\mu\text{m}$ ), com dimensão de 65x40 cm, com filme de permeabilidade ao oxigênio e ao gás carbônico, a 20°C, de 283,3 e 1,27  $\text{L x m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ , respectivamente.

A taxa de emissão de  $\text{CO}_2$  foi monitorada usando um analisador comercial de gás no infravermelho (Hartman & Braun, modelo URAS 14). O processo de detecção está baseado na excitação molecular, devido à absorção infravermelha, seguida por decaimento não-radioativo, resultando em aumento diferencial na pressão de dentro da câmara que contém a amostra do gás. Para obter uma detecção seletiva, a radiação emitida de um filamento aquecido é filtrada para um comprimento de onda específico da molécula em estudo, dentro de uma faixa próxima do infravermelho. O analisador de  $\text{CO}_2$  foi montado junto ao espectrômetro fotoacústico de modo que a amostra gasosa fosse analisada pelo URAS antes que este passasse pelo filtro de retirada de  $\text{CO}_2$ .

A taxa de etileno emitida pelas frutas foi monitorada por meio de um espectrômetro fotoacústico

(Voesenek et al., 1995; Silva et al., 2001), que utiliza a luz de um laser de  $\text{CO}_2$  (com 80 linhas de emissão sintonizáveis) como fonte de excitação. Ao absorver a luz laser nas linhas 10P14 ( $\lambda=10,532\text{mm}$ ) e 10P12 ( $\lambda=10,513\text{mm}$ ), as moléculas de etileno passam para um estado excitado e, ao decaírem para os seus estados fundamentais, por processos não-radiativos, fazem com que se aumente a pressão dentro da câmara onde estão sendo analisadas. A excitação provocada pelo laser é feita de forma periódica, uma vez que a luz laser é mecanicamente modulada por meio de um *chopper* a uma frequência de 1600Hz. Assim, as flutuações de pressão geram ondas mecânicas de som, que são detectadas por um microfone de alta sensibilidade, colocado no interior da câmara de análise. Esse conjunto, câmara de análise e microfone, é denominado célula fotoacústica. A intensidade do som detectado é proporcional à concentração do gás estudado, que, em particular para o etileno, é sensível a concentrações inferiores a 0,3  $\text{L h}^{-1}$ .

A avaliação do desenvolvimento da coloração da casca e suas medidas foram feitas empregando-se o colorímetro de Hunter, modelo MiniScan XE Plus (HunterLab, USA), sendo usada para o estudo uma escala de cor (escala de Hunter), composta dos seguintes índices: **L**, **a**, **b** e **YD**.

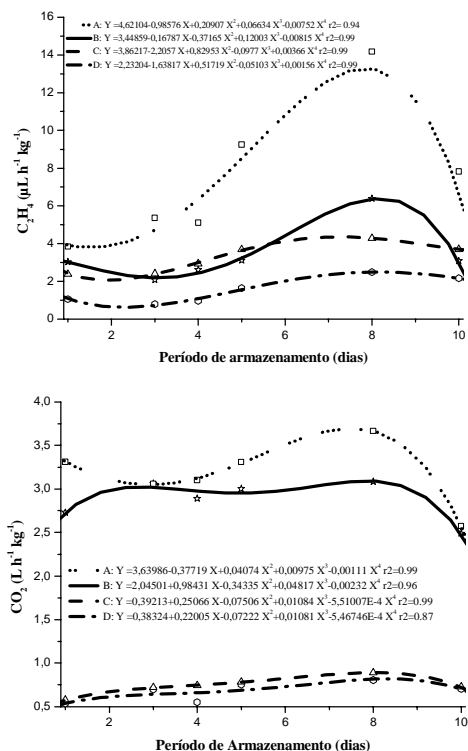
Na escala de Hunter, o índice “L” mede a luminosidade variando entre 0 (para uma amostra perfeitamente preta – mínima reflectância) e 100 (para uma amostra perfeitamente branca - máxima reflectância); “a” representa as transformações ocorridas do verde (sinal negativo) ao vermelho (sinal positivo) e “b” as transformações ocorridas do azul (sinal negativo) ao amarelo (sinal positivo). O índice “YD” apresenta a relação direta com a cor amarela (HunterLab, USA).

Determinou-se o peso dos frutos contidos na caixa a fim de verificar a perda de massa fresca durante o período de armazenamento e para normalizar as taxas de emissão de etileno e  $\text{CO}_2$ .

As análises estatísticas foram realizadas usando o software SAEG, para a descrição das variáveis em função do período de armazenamento. Foram feitas análise de regressão considerando-as como variáveis independentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em razão das características do filme de PEBD usado para embalar as caixas e da utilização de absorvedor de etileno e refrigeração, observaram-se o estabelecimento de microatmosferas distintas nas concentrações de  $\text{CO}_2$  e  $\text{C}_2\text{H}_4$  e alterações no metabolismo dos frutos, como a taxa respiratória, inibição da síntese e ação de etileno (Figura 1).



**FIGURA 1:** Taxas de emissão de etileno e de  $\text{CO}_2$  em mamão (*Carica papaya* L.) ao longo do período de armazenamento. A: mamões embalados com filme de PEBD e sem absorvedor de etileno mantidos em temperatura ambiente; B: mamões embalados com filme de PEBD e com absorvedor de etileno mantidos em temperatura ambiente; C: mamões embalados com filme de PEBD e sem absorvedor de etileno mantidos a  $10^\circ\text{C}$ ; mamões embalados com filme de PEBD e com absorvedor de etileno mantidos a  $10^\circ\text{C}$ .

Foi observado que, a partir do quarto dia, houve um grande incremento na concentração de  $\text{C}_2\text{H}_4$  no interior da embalagem armazenada em temperatura ambiente (Figura 1), sendo maior a concentração de etileno no tratamento A. Já no tratamento B, onde foi inserido o absorvedor de etileno, foram verificados níveis muito inferiores quando comparados aos de A, pelo fato de o absorvedor de etileno absorver e oxidar o etileno liberado pelo próprio fruto (Lin & Zhang, 1993;

Jiang *et al.*, 1997). O aumento da taxa de emissão de etileno, entre o quarto e o sétimo dia, nos tratamentos A e B e o decréscimo nas taxas de etileno nos períodos subsequentes podem ser identificados como pico climatérico, sendo o limiar entre a máxima maturação e o início da senescência (Yang, 1997; Matoro & White, 1991). Resultados semelhantes foram encontrados por Meir *et al.* (1997) estudando armazenamento de abacate em atmosfera modificada.

Os níveis máximos de  $\text{CO}_2$  também foram encontrados nesses mesmos períodos, seguidos também por forte decréscimo, assim reforçando a hipótese de ocorrência de pico climatérico nos tratamentos A e B, embora não tenha sido tão precisa a posição do pico por se tratar de nove frutos armazenados na mesma embalagem e não um único fruto, como apresentado por Silva *et al.* (2001). As menores taxas de  $\text{CO}_2$  apresentadas pelo tratamento B provavelmente foi devidas à redução da ação do etileno autocatalítico, que acelera o metabolismo do fruto e conseqüentemente o amadurecimento (Oliveira Jr et al., 2004), fazendo com que os frutos respirem menos, retardando o amadurecimento. Situação semelhante também foi verificada por Yahia & Gonzáles-Aguilar (1998) trabalhando com atmosfera modificada passiva em abacate e Wills & Kim (1995), trabalhando com morangos.

Com relação aos frutos armazenados sob refrigeração, observou-se um incremento muito pequeno nos níveis de etileno, quando comparados aos mamões armazenados em temperatura ambiente (Figura 1), e mantiveram-se praticamente constantes os níveis de  $\text{CO}_2$ . Verificou-se também que o tratamento C apresentou níveis mais altos tanto de etileno quanto de  $\text{CO}_2$  quando comparado ao tratamento D, em função do absorvedor de etileno. Hao & Hao (1993) também observaram menores taxas respiratórias e síntese de etileno em morangos sob refrigeração em embalagem com absorvedor de etileno.

Os resultados supracitados mostram claramente que a taxa de emissão de etileno dos frutos armazenados em temperatura ambiente apresentou o pico climatérico entre o sétimo e o nono dia, enquanto que os frutos armazenados, sob refrigeração, por 10 dias, não apresentaram pico climatérico, que deve aparecer em períodos subsequentes, em função da refrigeração que promoveu um retardamento no seu amadurecimento

(Oliveira Jr, 2002).

Durante o armazenamento de produtos perecíveis processados, podem ocorrer transformações colorimétricas (Sandi *et al.*, 2004). Já no armazenamento de frutos, ocorrem várias transformações que podem ser facilmente identificadas e quantificadas por espectroscopia de reflexão (Miller e McDonald, 1999), como a mudança da cor característica do fruto, utilizando para isso equipamentos como o colorímetro de Hunter. Com o amadurecimento, a coloração verde passa para alaranjada, que predomina na casca do mamão no estágio maduro, em razão de grande presença dos pigmentos carotenóides (Aziz *et al.*, 1975). Assim, mais objetivamente, selecionara-se dois índices na escala de Hunter para evidenciar essas transformações.

O índice “a” na escala de Hunter representa as transformações ocorridas no fruto partindo do verde para o vermelho, tendo como enfoque a perda da coloração verde (Vendramini & Trugo, 2000). Dessa forma, verifica-se, na Figura 2, que durante os quatro primeiros dias de armazenamento não foi possível observar nenhum tratamento com perda da cor verde. Após tal período, os frutos armazenados em temperatura ambiente apresentaram uma forte perda desta cor, sendo mais intensificada no tratamento A. Quanto aos frutos armazenados sob refrigeração, no período de 10 dias, não se verificou perda tão acentuada do verde.

O índice “YD”, que apresenta a relação direta com a cor amarela, demonstrou diferenças entre os dois estádios de desenvolvimento (uma pinta e duas pintas). Nos tratamentos C e D, foram utilizados frutos no estágio de duas pintas em função da refrigeração. Segundo Kader (2000), a temperatura ótima para o armazenamento do mamão depende do estágio em que o fruto se encontra, pois isso o torna mais ou menos susceptível ao “chilling”. Assim, a 10°C devem ser armazenados mamões mais maduros que aqueles armazenados em temperatura ambiente. Com base nessas informações, pode-se verificar, no período inicial, maior valor para o índice YD, ou seja, frutos menos verdes nos tratamentos C e D (Figura 2). Nos tratamentos A e B, que utilizaram frutos em estágio de uma pinta, mais verdes, apresentaram no período inicial valores de YD menores. Ao longo do armazenamento, verificaram-se incremento na coloração amarela dos frutos e uma inversão dos valores de YD, após o segundo dia de armazenamento,

nos tratamentos com refrigeração e sem refrigeração. Os tratamentos A e B, em função do maior amadurecimento, apresentaram maiores valores.

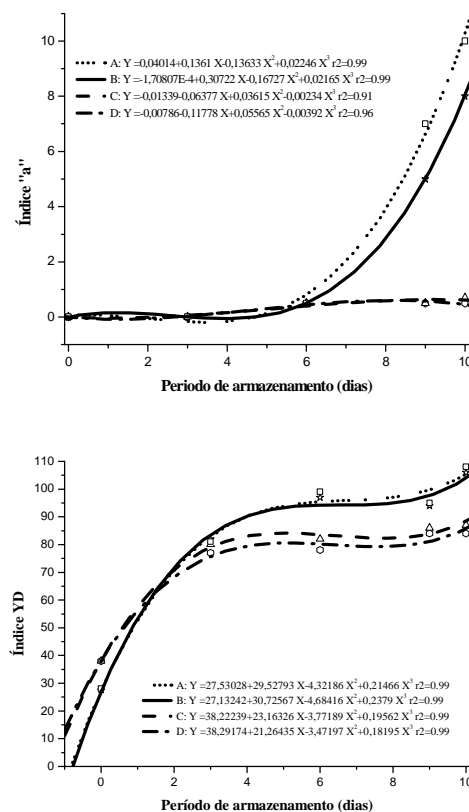
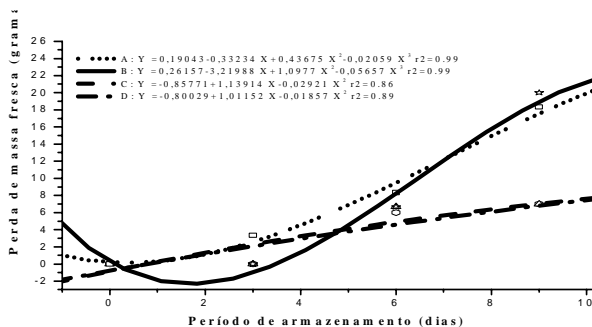


Figura 2. Índice calorimétrico “a” e “YD” em mamão (Carica papaya L.) ao longo do período de armazenamento. A: mamões embalados com filme de PEBD e sem absorvedor de etileno, mantidos em temperatura ambiente; B: mamões embalados com filme de PEBD e com absorvedor de etileno, mantidos em temperatura ambiente; C: mamões embalados com filme de PEBD e sem absorvedor de etileno, mantidos a 10°C; D: mamões embalados com filme de PEBD e com absorvedor de etileno, mantidos a 10°C.

Conforme pode ser notado, a principal característica de cada curva é a diminuição das áreas referentes à coloração verde e ao aumento das áreas referentes às colorações amarela e vermelha. Assim, verificou-se também que a variação ocorrida a partir do quarto dia de armazenamento praticamente coincidiu com o início do pico climatérico dos tratamentos A e B (Figura 1). Já nos tratamentos C e D, não se observou o aparecimento do pico climatérico dentro dos 10 dias de armazenamento, em função do retardamento do amadurecimento promovido pela refrigeração e pelo absorvedor de etileno.



No armazenamento, os fatores mais cruciais são a perda de água sofrida pelos frutos e o contato direto com a atmosfera rica em  $O_2$ , que acelera o amadurecimento. Assim, a embalagem de PEBD restringe o fruto a uma atmosfera rica em  $CO_2$ , proveniente da respiração deles. Quanto à perda de água, a embalagem mostrou-se mais eficiente quando associada a refrigeração (Figura 3), apresentando menor perda de massa fresca e melhor conservação do produto (Scalon *et al.*, 2000).



**Figura 3.** Perda de massa fresca de mamão (*Carica papaya* L.) ao longo do período de armazenamento. A: mamões embalados com filme de PEBD e sem absorvedor de etileno mantidos em temperatura ambiente; B: mamões embalados com filme de PEBD e com absorvedor de etileno mantidos em temperatura ambiente; C: mamões embalados com filme de PEBD e sem absorvedor de etileno mantidos a 10°C; D: mamões embalados com filme de PEBD e com absorvedor de etileno mantidos a 10°C.

Verificou-se que os tratamentos A e B apresentaram maior perda de matéria fresca em função do amadurecimento e da respiração, enquanto nos frutos que se encontravam sob refrigeração a perda de água foi menor, assim como o amadurecimento e a respiração, também observado por Lee *et al.* (1991) e Scalon *et al.* (2000). As condições experimentais utilizadas por vários autores (Hong *et al.*, 1996; Bhadra & Sem, 1997; Kader, 1993; Kim & Wills, 1998; Hao & Hao, 1993; Scalon *et al.*, 2000) são bastante variáveis no que se refere ao uso de embalagem, absorvedores de etileno e refrigeração. No entanto, todos concordam que a embalagem associada ao absorvedor de etileno e refrigeração promove aumento da concentração de  $CO_2$ , redução da taxa respiratória, perda de água e inibição da ação do etileno.

## CONCLUSÃO

Eficiência do absorvedor de etileno em retardar o amadurecimento.

O efeito da refrigeração sobrepôs-se ao do absorvedor de etileno.

Com a utilização de espectroscopia fotoacústica (laser fotoacústico) e espectroscopia de reflexão (colorímetro de Hunter), foi possível relacionar a taxa de emissão de etileno e o início do pico climatérico com as transformações colorimétricas ocorridas nos frutos durante o amadurecimento.

## REFERÊNCIAS

- Abeles F B, Morgan P W & Salveit M E Jr (1992) Ethylene in Plant Biology. Academic Press, New York, N.Y. 414p.
- Adams D O & Yang S F (1979) Ethylene Biosynthesis: identification of laminocyclopropane-1 carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Proceedings of the National Academy Sciences* 76: 170-174.
- Aziz A B A, El-Nabawy S M & Zaki H A (1975) Effect of different temperatures on the storage of papaya fruits and respiration activity during storage. *Scientia Horticulturae*, 3: 173-177.
- Bhadra S & Sen S K (1997) Post-harvest storage of custard apple (*annona squamosa* L.) fruit var. Local Green under various chemical and wrapping treatments. *Journal of Inter Academia* 1 (4): 322-328.
- FAO Statistical Databases. <http://www.cnpmf.embrapa.br/planilhas/mmffc99.xls>. Atualizado em 05/04/2000. Consultado em 15/11/2003.
- Hao H P & Hao L (1993) Study on storing strawberry at a temperature near the freezing point of water. *Journal of Fruit Science* 10 (1): 21-24.
- Hong Y P, Hong S S, Kim Y B & Kim S B (1996) Effect ethylene absorbent (Frubel) on quality of "Hayward" kiwi fruit during cold storage. *RDA Journal of Agricultural Science* 38 (1): 922-926.
- Imasek H (1991) The biochemistry of ethylene biosynthesis. In: A. K. Mattoo J. C. Suttle (Eds), *The*

- Plant Hormone Ethylene. CRC Press, Boca Raton, p.1-20.
- Jiang Y M, Chen F, Liu S X & Li Y Y B (1997) Effect of pre- and post-harvest treatments on the keeping quality of banana. *Journal of Fruit Science* 14 (2): 115-116.
- Kader A A (1993) Modified atmosphere storage of tropical fruits. In: Kader A.A. (Ed.) *Postharvest Technology Horticultural Crops*. ed. Okland: University of California p.15-20.
- Kader A A. (2000) Recommendations for maintaining postharvest quality "papaya". Davis: University of Califórnia. p.1-3.
- Ke D & Salveit M E Jr (1989) Carbon dioxide-induced brown stain development as related to phenolic metabolism in iceberg lettuce. *Journal American Society Horticultural Science* 114: 789-794.
- Kend H (1993) Ethylene biosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology. Plant Molecular Biology* 44: 283-307.
- Kim G H & Wills R B H (1998) International of enhanced dioxide and reduced ethylene on the storage life of strawberries. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73 (2): 181-184.
- Lee DS, Haggart P E, Lee J & Yam K L (1991) Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principle of enzyme kinetics. *Journal of Food Science* 56(6): 1580-1585.
- Lin RL & Zhang Q C (1993) Preliminary report on study of treating banana with freshness-preserving agent K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>-amargosite. *Fujian Agricultural Science and Technology* 3: 15-16.
- Mattoo A K & White W B (1991) Regulation of ethylene biosynthesis. In: A.K. Mattoo and J.C. Suttle (Eds), *The Plant Hormone Ethylene*. CRC Press, Boca Raton, pp. 21-42.
- Medina J C (1995) *Cultura. Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos*. Campinas: ITAL, p. 1-177. (Frutas tropicais, 7).
- Meir S, Naiman D, Akerman M, Hyman J Y, Zauberger G & Fuchs Y (1997) Prolonged storage of 'Hass' avocado fruit using modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology* 12: 51-60.
- Miller W R & McDonald R E (1999) Irradiation, stage of maturity at harvest, and storage temperature during ripening affect papaya fruit quality. *HortScience* 34(6):1112-1115.
- Mitchell F G, Arapia M L & Mayer G (1982) Modified atmosphere storage of kiwifruit (*Actinidia chinensis*). In: *Controlled Atmospheres for Storage and Transport of Perishable Agricultural Commodities*, p.235, Richardson, D.G. and Meheriuk., Oregon State University School of Agronomy.
- Oliveira JR L F G (2002) Conservação pós-colheita de mamão (*Carica Papaya* L.) utilizando atmosfera modificada em diferentes temperaturas de armazenamento. Dissertação de Mestrado. Campos dos Goytacazes, UENF. 82 p.
- Oliveira Jr L F G, Coelho E M & Coelho F C (2004) Armazenamento de mamão 'golden', em condições de atmosfera modificada. *Revista Brasileira de Armazenamento* 29 (2): 139-142.
- Paull R E, Nyishijima W & Reyes M (1997) Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology* 11: 165-179.
- Sandi D, Chaves J B P, Sousa A C G, Parreiras J F M, Silva M T C & Constant P B L (2004) Hunter Color Dimensions, Sugar Content and Volatile Compounds in Pasteurized Yellow Passion Fruit Juice (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) during Storage. *Brazilian Archives of Biology and Technology*: 47 (2): 233-245.
- Scalon S P Q, Scalon Filho H, Sandre T A, Silva E F & Krewer E C D (2000) Quality Evaluation and Sugar Beet Postharvest Conservation under Modified Atmosphere. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 43 (2): 181-184.

- Silva M.G, Lima J A P, Sthel M, Marin E, Gattes C E N, Cardoso S L, Camostrini E, Pereira MG, Campos A C, Mussanaga M S O & Vargas H (2001) Ethylene and CO<sub>2</sub> emission rates in tropical fruits investigated by infrared absorption techniques. *Analytical Science* 17:534-537.
- Vendramini A L & Trugo L C (2000) Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. *Food Chemistry* 71:195-198.
- Voesenek L.A.C.J, Banga M, Rijnders J H G M, Visser E J W, Harren F J M, Brailsford R W, Jackson M B & Blom C W P M (1995) Laser-driven photoacoustic spectroscopy: What we can do with it in flooding research. *Annual Botany* 79:57-65.
- Wills R B H & Kim G H (1995) Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 6: 249-255.
- Yahia E M & Gonzales-Aguilar G (1998) Use of passive and semi-active atmospheres to prolong the post-harvest life of avocado fruit. *Lebensm.-Wis Technologie* 31:602-606.
- Yang S F & Hoffman N E (1984) Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annual Reviews of Plant Physiology* 35: 155-198.
- Yang S F (1987) The role of ethylene and synthesis fruit ripening. In: W W Thompson, E A Nothnagel and RC Huffaker (Eds). *Plant Senescence: Its Biochemistry and Physiology*. American Society of Plant Physiology p. 156-166

*Aceito para publicação em 03/07/2006*