

USO DE MISTURAS QUÍMICAS PARA A MANUTENÇÃO DA FIRMEZA DE BANANA 'PRATA' MINIMAMENTE PROCESSADA

Use of chemical mixtures for firmness maintenance of fresh-cut 'Silver' banana

Eduardo Valério de Barros Vilas Boas¹, Camila Martins Fonseca Reis², Anderson Adriano Martins Melo³

RESUMO

A banana constitui interessante alternativa para compor saladas de frutas. No entanto, possui curta vida de prateleira após o processamento mínimo em razão da rápida perda da firmeza. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito da mistura química contendo cloreto de cálcio, ácido ascórbico e L-cisteína e/ou com o uso de atmosfera modificada ativa (10 kPa CO₂ e 2 kPa O₂), enfatizando a perda de firmeza sobre a qualidade e vida de prateleira de banana 'Prata' minimamente processada. O conteúdo de pectina solúvel e a % de solubilização aumentaram significativamente ao longo do período de conservação. A perda de firmeza e o aumento das atividades das enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase apresentaram uma interação significativa entre os fatores estudados (Tratamento/Tempo). As fatias tratadas com misturas químicas permaneceram com boas características para o consumo por até 3 dias de conservação. Os tratamentos com injeção inicial de gases de forma isolada, ou junto ao tratamento com mistura química, não propiciaram maior retenção da firmeza de banana 'Prata' minimamente processada em relação ao tratamento contendo L-cisteína (1% p/v) + ácido ascórbico (1% p/v) + cloreto de cálcio (1% p/v) na mistura química.

Termos para indexação: *Musa sapientum*, poligalacturonase, pectinametilesterase, cloreto de cálcio, atmosfera modificada ativa, cisteína.

ABSTRACT

Banana constitutes an interesting alternative to make fruit salad. Nevertheless, they have short shelf life after cutting due to the fast loss of firmness. The objective of this work was to evaluate the effect of chemical mixtures containing calcium chloride, ascorbic acid and L-cysteine with the use of active modified atmosphere (10 kPa CO₂ and 2 kPa O₂), emphasizing the loss of firmness on the quality and shelf life of fresh-cut 'Silver' banana. Soluble pectin content and the percentage of solubilization increased significantly throughout the conservation period. The loss of firmness and the increase of pectinmethylesterase and polygalacturonase activities presented a significant interaction among the studied factors (treatment/time). The slices treated with chemical mixtures remained with good characteristics for consume until 3 days of conservation. The treatments with an isolated initial gas injection or together with the chemical mixture treatment didn't promote better firmness retention of fresh-cut 'Silver' banana in relation to the treatment containing 1% (w/v) L-cysteine + 1% (w/v) ascorbic acid + 1% (w/v) calcium chloride in the chemical mixture.

Index terms: *Musa sapientum*, polygalacturonase, pectinmethylesterase, calcium chloride, active modified atmosphere, cysteine.

(Recebido em 18 de maio de 2006 e aprovado em 8 de agosto de 2008)

INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) é a mais importante fruta cultivada no mundo em termos de produção e consumo, sendo atividade econômica importante, explorada na maioria dos países em desenvolvimento, nas regiões tropicais é alimento básico na dieta muitas pessoas. É considerado um fruto rico em energia, minerais e vitaminas, mas possui uma vida de prateleira muito curta (MANRIQUE-TRUJILLO et al., 2007).

Produtos minimamente processados são aqueles preparados para manter seu estado fresco, enquanto

propiciam a conveniência de consumo. O preparo destes produtos envolve limpeza, lavagem, descascamento, descaroçamento, fatiamento, trituração e outras etapas relacionadas que aumentam a perecibilidade dos produtos (CANTWELL & SUSLOW, 2002). O corte do tecido acelera processos enzimáticos, uma vez que descompartmenta células e coloca em contato enzimas e substratos, causando reações prejudiciais à qualidade do produto, principalmente o escurecimento enzimático e o amaciamento do tecido.

¹Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx.P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – evbvboas@ufla.br

²Nutricionista, Mestre – Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx.P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG

³Engenheiro Agrônomo, Mestre, Doutorando em Fisiologia Vegetal – Departamento de Biologia Vegetal – Universidade Federal de Viçosa/UFV – 36570-000 – Viçosa, MG – melo.anderson@yahoo.com.br

O amaciamento é um importante fator que afeta a qualidade estética e a vida de prateleira de frutos minimamente processados. Tal efeito está associado à degradação de substâncias pecticas na parede celular, causadas pela atividade de hidrolases, tais como a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG) (CHUNG et al., 2006).

As poligalacturonases catalisam a clivagem hidrolítica das ligações α -(1→4) entre dois resíduos adjacentes de ácido galacturônico e a PME catalisa a desmetilação de grupos carboxílicos do C₆ de resíduos de ácido metilgalacturônico. A poligalacturonase é mais ativa na degradação de pectinas desmetiladas, e assim, parece desempenhar um importante papel em determinar a extensão na qual a pectina é acessível à degradação pela PG (FISHER & BENNETT, 1991).

Aditivos químicos como L-cisteína e o ácido ascórbico têm sido utilizados para evitar o escurecimento enzimático, agindo de modo indireto sobre a manutenção da firmeza de frutos quando em misturas com o cloreto de cálcio. Esta combinação tem sido empregada com sucesso na prevenção do amaciamento de bananas minimamente processadas das cultivares Maçã (MELO & VILAS BOAS, 2007) e Grand Naine (VILAS BOAS & KADER, 2006).

O ácido ascórbico e seus vários sais neutros e outros derivados são os principais antioxidantes para o uso em frutos e hortaliças e seus sucos, para prevenir escurecimento e outras reações oxidativas (WILEY, 1994). Este composto pode agir de duas diferentes maneiras: sobre a fenolase, seqüestrando o cobre (cofator enzimático necessário à sua ação) e inativando-a; ou reduzindo quinonas produzidas pela ação da polifenoloxidase de volta ao composto fenólico precursor, antes de formarem pigmentos escuros (ESKIN et al., 1971).

Para a L-cisteína, há três mecanismos de inibição do escurecimento propostos: 1) redução das o-quinonas de volta a o-dehidroxifenóis (KAHN, 1985), 2) inibição direta da polifenoloxidase (DUDLEY & HOTCHKISS, 1989), 3) formação de um composto incolor cisteína-quinona (RICHARD-FORGET et al. 1992).

O cálcio tem sido amplamente empregado para manter a firmeza de produtos minimamente processados na forma de cloreto de cálcio. Este cátion é capaz de manter a estrutura das paredes celulares por se ligar às pectinas e formar pectato de cálcio (MORRIS, 1980). O cálcio estabiliza membranas e paredes celulares, preservando sua integridade e funcionalidade, protegendo-as da clivagem por enzimas hidrolíticas que causam o amaciamento dos frutos (POOVAIAH, 1986).

Conduziu-se este trabalho, com o objetivo de verificar a eficiência do tratamento por imersão em solução contendo compostos antioxidantes (ácido ascórbico e L-cisteína) e cloreto de cálcio (CaCl₂), isoladamente, ou juntamente com a injeção de uma concentração conhecida de gases sobre a prevenção do amaciamento de bananas 'Prata' minimamente processadas.

MATERIALE MÉTODOS

Bananas da cultivar Prata, obtidas do mercado de Lavras, MG foram utilizadas. Os frutos foram selecionados de acordo com homogeneidade de estágio de maturação (grau 5 de coloração da casca - KADER, 2008) e ausência de defeitos. Em seguida, foram transferidos para câmara fria a 8 °C e 85% UR, por um período de 24 horas até o início do processamento.

Os frutos inteiros foram lavados com água e sabão, e imersos em solução contendo NaOCl 500 ppm em água gelada (8 °C) durante 15 minutos. A seguir, foram submetidos ao descascamento e ao corte manual em fatias de aproximadamente 1 cm de espessura. As fatias foram mergulhadas em seus respectivos tratamentos por 3 minutos, drenadas sobre gaze durante 2 minutos para retirada de excesso de líquido e então acondicionadas em bandejas de polipropileno, as quais foram seladas com filme flexível de poliéster + polipropileno de 60 µm, utilizando-se seladora de bandejas AP-340 (Tec-Mac®).

Os tratamentos foram divididos em grupos não químicos [Controle (C), Atmosfera modificada ativa (ATM)] e grupos químicos (M1, M2 e M1+ATM), sendo: Grupo controle: imersão em água destilada e atmosfera modificada passiva; Grupo ATM: imersão em água destilada + injeção de atmosfera modificada ativa (10 kPa CO₂ e 2 kPa O₂); Grupo M1: imersão em solução química de L-cisteína (0,5% p/v), ácido ascórbico (1% p/v) e cloreto de cálcio (1% p/v = 0,36% p/v Ca²⁺); Grupo M2: imersão em solução química de L-cisteína (1% p/v), ácido ascórbico (1% p/v) e cloreto de cálcio (1% p/v); Grupo M1+ATM: imersão em solução química de L-cisteína (0,5% p/v), ácido ascórbico (1% p/v) e cloreto de cálcio (1% p/v) + injeção de atmosfera modificada ativa.

A Firmeza foi determinada com auxílio de analisador de textura modelo TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd.), utilizando a ponteira P/2N, sendo feitas medições diárias em dez fatias de bananas em cada bandeja, durante todo período de conservação.

As Pectinas Total e Solúvel foram extraídas segundo a técnica descrita por McCREADY & McCOMB (1952), e determinadas colorimetricamente, segundo BITTER &

MUIR (1962), sendo os resultados expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa. A razão entre as porcentagens de pectina solúvel e de pectina total foi expressa como solubilização de pectinas.

A extração da enzima Pectinametilesterase (PME) foi realizada, segundo a técnica de BUESCHER & FURMANSKI (1978). O doseamento foi realizado, 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 hmol de NaOH por grama de polpa fresca por minuto. Os resultados foram expressos em unidade por grama de polpa fresca por minuto.

A atividade da Poligalacturonase (PG) foi determinada, segundo técnica de MARKOVIC et al. (1975), na qual os grupos redutores oriundos da hidrólise de substâncias pectínicas são dosados pela técnica de SOMOGYI, adaptada por NELSON (1944). Uma unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 hmol de açúcar redutor por grama polpa fresca a cada minuto.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×6 , (3 tratamentos químicos - M1, M2 e M1+ATM) em 6 tempos (0, ¼, 1, 2, 3 e 4 dias) e com fatorial de 5×2 , ou seja, 5 tratamentos (Controle, ATM, M1, M2, M1+ATM) em 2 tempos (0h e 6h) ambos com 3 repetições. A parcela experimental foi constituída de uma bandeja, contendo aproximadamente 150 g de frutos. Os resultados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância, as médias de tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 1 e 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os tratamentos e os tempos estudados com relação à firmeza das bananas minimamente processadas (Figura 1). Logo nas primeiras 6 horas após o corte, os grupos que não receberam tratamento químico (controle e ATM) apresentaram uma maior perda de firmeza quando comparados aos demais tratamentos. Todos os tratamentos químicos continham 1% (p/v) de CaCl_2 o que pode explicar a melhor manutenção da firmeza dos mesmos, uma vez que o cálcio está diretamente envolvido no reforço das paredes celulares vegetais, pela sua capacidade de formar ligações cruzadas com pectinas por associação iônica entre grupos carboxílicos nos C_6 de resíduos intra e inter galacturonosil (DEMARTY et al., 1984) e estabilizar membranas celulares (POOVAIAH, 1986).

AGAR et al. (1999) constataram menor perda de firmeza em kiwis minimamente processados quando tratados com 1 e 2% (p/v) de CaCl_2 e conservados por 5 dias. Outros resultados semelhantes, com a utilização do cálcio para manter a firmeza em produtos minimamente processados, foram observados por GORNY et al. (1998) em fatias de pêra e LUNA-GUZMAN et al. (1999) em fatias de melão.

No 2º e 3º dias de conservação, fatias tratadas com o grupo M2 mostraram menor perda de firmeza que os grupos M1 e M1+ATM, que apresentaram resultados muito semelhantes. Isto sugere que a concentração de 1% (p/v) de L-cisteína foi a mais eficaz em manter a firmeza nestes períodos, e o uso da atmosfera modificada combinado com a mistura química também não teve efeito adicional em manter a firmeza dos frutos.

GORNY et al. (2000), trabalhando com baixas concentrações de O_2 e altas concentrações de CO_2 em fatias de pêras 'Bartlett', constataram que o uso isolado de atmosfera modificada também não teve efeito significativo em prevenir a perda de firmeza, porém, em trabalho com uso de 1% (p/v) de lactato de cálcio, 2% (p/v) de ácido ascórbico e 0,5% (p/v) de cisteína, houve inibição da perda de firmeza e o escurecimento dos frutos (GORNY et al., 2002).

Observou-se aumento significativo no conteúdo de pectina solúvel e na solubilização de pectinas ao longo do período de conservação (Figura 2 e 3). O aumento no teor de pectina solúvel durante a maturação da banana 'Prata' é condizente com os estudos de VILAS BOAS (1995), com a cultivar Prata e de KOJIMA et al. (1994), com a cultivar Giant Cavendish. Este incremento se deve ao fato de que, durante o amadurecimento do fruto ocorre solubilização da protopectina das paredes celulares, produzindo ácidos pectínicos (esterificados com grupo metílico) ou ácidos pectínicos (sem esterificação) também chamados de pectinas solúveis (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Neste trabalho, os valores de pectina solúvel para fatias de bananas (que apresentavam grau de coloração da casca 5 no dia de seu processamento), armazenadas por quatro dias a 8 °C, foram de 0,21% a 0,31%, concordando com a amplitude apresentada por VILAS BOAS (1995), que encontrou valores de pectina solúvel de 0,043% a 0,443% em bananas 'Prata' verdes e maduras, respectivamente. O aumento da pectina solúvel e % de solubilização pode estar relacionado ao aumento da perda de firmeza da banana (Figura 1) ao longo do tempo verificado neste trabalho.

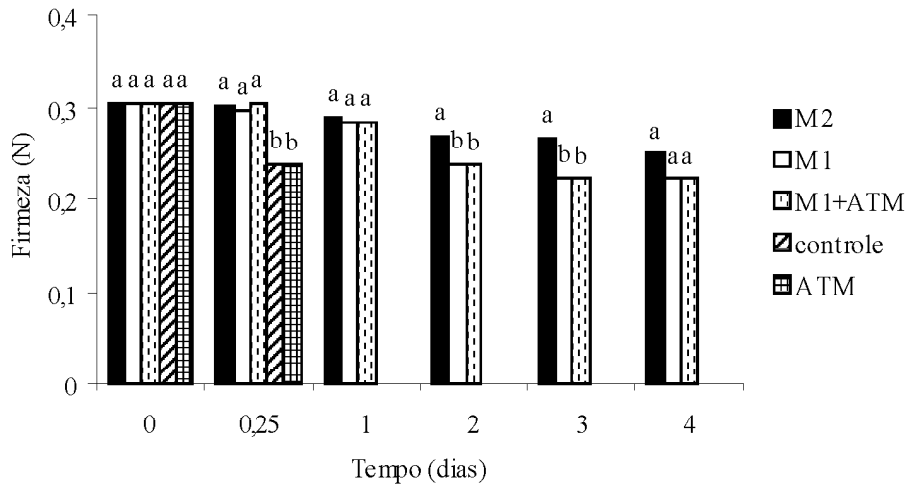


Figura 1 – Valores médios da Firmeza (N) observados em bananas ‘Prata’ minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos: Controle (H_2O); M1 [1% (p/v) ác. ascórbico + 1% (p/v) cloreto de cálcio + 0,5% (p/v) L-cisteína]; M2 [1% (p/v) ác. ascórbico + 1% (p/v) cloreto de cálcio + 1% (p/v) L-cisteína]; ATM (10 kPa CO_2 e 2 kPa O_2) e M1+ATM, e armazenadas a 8 °C, durante 4 dias. Letras iguais sobre as barras indicam médias iguais pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

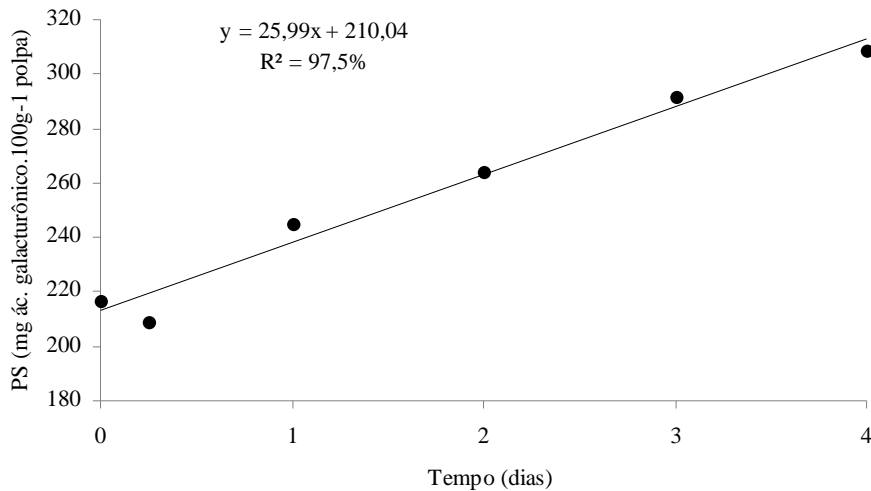


Figura 2 – Valores médios observados, equação de regressão e coeficiente de determinação de Pectina Solúvel em bananas ‘Prata’ minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos: Controle (H_2O); M1 [1% (p/v) ác. ascórbico + 1% (p/v) cloreto de cálcio + 0,5% (p/v) L-cisteína]; M2 [1% (p/v) ác. ascórbico + 1% (p/v) cloreto de cálcio + 1% (p/v) L-cisteína]; ATM (10 kPa CO_2 e 2 kPa O_2) e M1+ATM, e armazenadas a 8 °C, durante 4 dias.

Houve efeito significativo da interação entre os fatores tratamento e tempo de conservação sobre as atividades das enzimas PME e PG. As fatias não tratadas com os banhos químicos, sob atmosfera modificada ou não, apresentaram um aumento considerável na atividade de PME, após seis horas do processamento (Figura 4).

O banho químico com 1% de L-cisteína (M2) foi mais efetivo no controle da ascensão da atividade da PME, do primeiro ao quarto dia de conservação seguido do banho químico com 0,5% de L-cisteína sob atmosfera modificada (M1+ATM), eficiente no 2º e no 4º dia de conservação.

VILAS BOAS (1995) observou um aumento da atividade da PME em bananas 'Prata' durante a passagem da coloração da casca de 5 para 6, e um declínio até atingir o grau de coloração 7. Neste experimento, os tratamentos M2 e M1+ATM apresentaram seu pico de atividade no 3º dia, o que pode ter sido ocasionado pela aceleração da senescência provocada pelo corte do tecido. MELO & VILAS BOAS (2007) observaram a mesma tendência de aumento na atividade da PME até o 4º dia e redução no 5º dia de conservação de bananas 'Maçã' minimamente processadas.

WU et al. (2002) ressaltam a importância do incremento na atividade da PME para a maturação do fruto, que resulta no amaciamento da polpa de bananas 'Rubbery', cujo declínio causa surgimento de massas endurecidas na polpa destes frutos.

Fatias tratadas com os banhos químicos contendo 1% de L-cisteína (M2) e 0,5% de L-cisteína em conjunto com a atmosfera modificada (M1+ATM) apresentaram as menores atividades de PG, a partir do 3º dia de conservação (Figura 5). O aumento da PG, durante o período de conservação, pode ser associado à elevação na solubilização de pectinas (Figura 3) e também à perda de firmeza (Figura 1), principalmente do

tratamento M1 que apresentou maiores atividades de PG. Trabalhos anteriores com pêssegos inteiros (PRESSEY & AVANTS, 1978) e mamões minimamente processados (KARAKURT & HUBER, 2003) também reportaram uma correlação positiva entre a atividade da PG e o amaciamento.

ASIF & NATH (2005), avaliando as atividades da PG e da PME em bananas inteiras tratadas com etileno, verificaram ascensão da PME até o 2º dia, com posterior queda e acentuado aumento na atividade da PG após o 3º dia. Este comportamento é semelhante ao encontrado neste trabalho. Segundo estes autores, a PME atua removendo os grupos metil éster do ácido poligalacturônico, para subsequente atividade da PG e, deste modo, parece haver uma relação temporal entre os picos das atividades das referidas enzimas.

DOMINGUEZ-PUIGJANER et al. (1992) e VILAS BOAS (1995), também observaram o envolvimento da PG na degradação de pectinas em bananas no acréscimo nos teores de pectina solúvel durante o amadurecimento. PATHAK & SANWAL (1998) e SALES (2002) notaram que a atividade de PG aumentou progressivamente com o amadurecimento de bananas, declinando no fruto muito maduro.

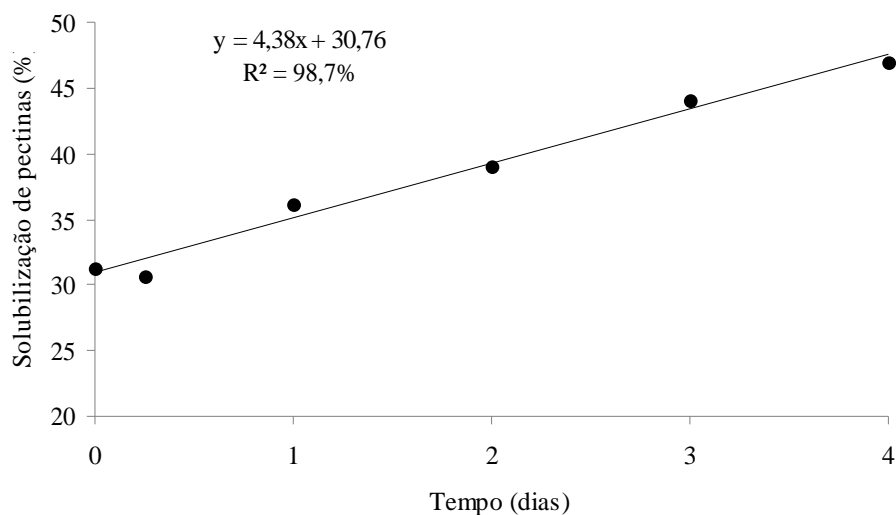


Figura 3 – Valores médios observados, equação de regressão e coeficiente de determinação de Solubilização de Pectinas (%) em bananas 'Prata' minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos: Controle (H₂O); M1 [1% (p/v) ác. ascórbico + 1% (p/v) cloreto de cálcio + 0,5% (p/v) L-cisteína]; M2 [1% (p/v) ác. ascórbico + 1% (p/v) cloreto de cálcio + 1% (p/v) L-cisteína]; ATM (10 kPa CO₂ e 2 kPa O₂) e M1+ATM, e armazenadas a 8 °C, durante 4 dias.

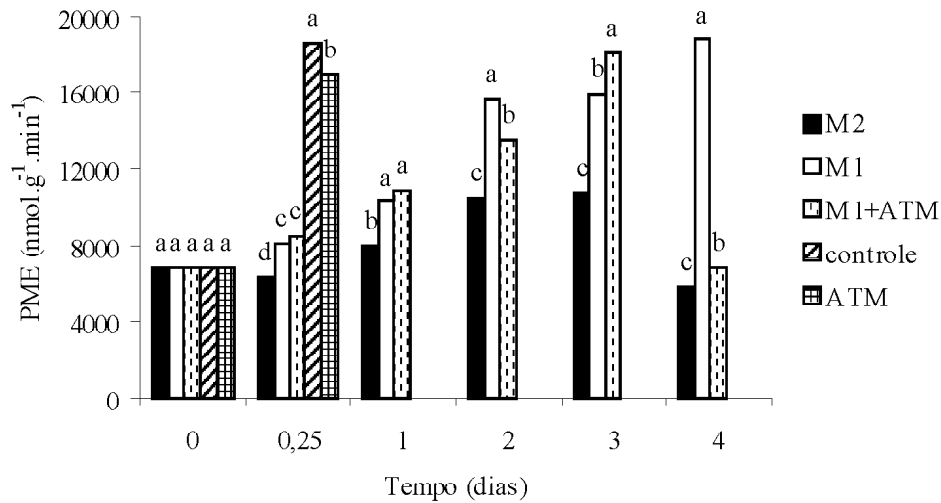


Figura 4 – Valores médios observados da atividade da PME em bananas ‘Prata’ minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos: Controle (H₂O); M1 [1% (p/v) ác. ascórbico + 1% (p/v) cloreto de cálcio + 0,5% (p/v) L-cisteína]; M2 [1% (p/v) ác. ascórbico + 1% (p/v) cloreto de cálcio + 1% (p/v) L-cisteína]; ATM (10kPa CO₂ e 2kPa O₂) e M1+ATM, e armazenadas a 8°C, durante 4 dias. Letras iguais sobre as barras indicam médias iguais pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

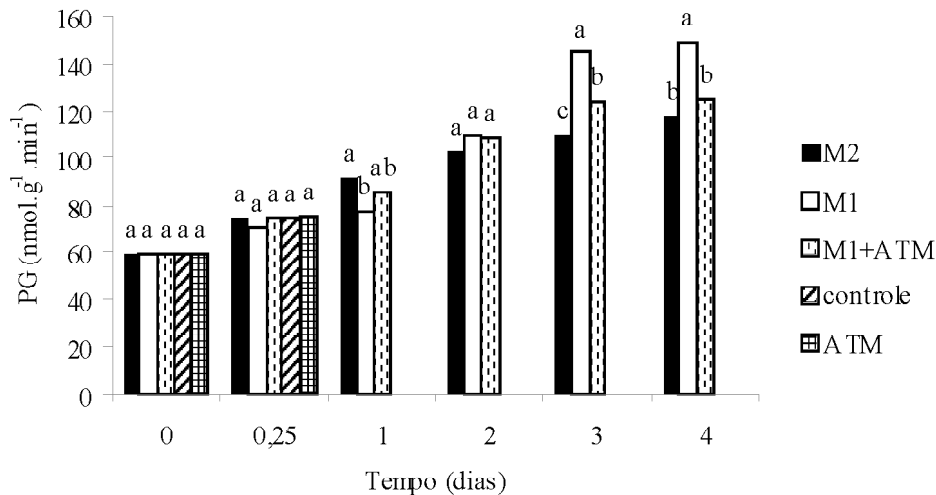


Figura 5 – Valores médios observados da atividade da PG em bananas ‘Prata’ minimamente processadas submetidas a diferentes tratamentos: Controle (H₂O); M1 [1% (p/v) ác. ascórbico + 1% (p/v) cloreto de cálcio + 0,5% (p/v) L-cisteína]; M2 [1% (p/v) ác. ascórbico + 1% (p/v) cloreto de cálcio + 1% (p/v) L-cisteína]; ATM (10kPa CO₂ e 2kPa O₂) e M1+ATM, e armazenadas a 8°C, durante 4 dias. Letras iguais sobre as barras indicam médias iguais pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÃO

A vida de prateleira de bananas minimamente processadas não tratadas ou submetidas à atmosfera modificada (10 kPa CO₂ e 2 kPa O₂) é inferior a seis horas. A

imersão da banana minimamente processada em 1% p/v CaCl₂ + 1% p/v de ácido ascórbico + 0,5 ou 1% p/v de L-cisteína é efetiva na prevenção de seu amaciamento e extensão de sua vida de prateleira, a 8 °C, por 3 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGAR, I. T. et al. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwi fruit slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v.64 n.3, p. 433-440, 1999.
- ASIF, M. H.; NATH, P. Expression of multiple forms of polygalacturonase gene during ripening in banana fruit. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v.43, n.2, p.177-184, 2005.
- BITTER, T. MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v.4, n.4, p.330-334, 1962.
- BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, n.1, p.264-266, Jan./Feb. 1978.
- CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3 ed. California, University of California, 2002. Chap. 36, p.445-463.
- CHITARA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora de Universidade Federal de Lavras, 2005, 785 p.
- CHUNG, T. T.; WEST, G. TUCKER, G. A. Effect of wounding on cell wall hydrolase activity in tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.40, n.3, p.250-255, June 2006.
- DEMARTY, M.; MORVAN, C.; THELLIER, M. Calcium and the cell wall. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.7, p.441-448, 1984.
- DOMINGUEZ-PUIGJANER, E.; VENDRELL, M.; LUDEVID, M. D. Differential protein accumulation in banana fruit during ripening. **Plant Physiology**, Washington, v.98, n.1, p.157, 1992.
- DUDLEY, E. D.; HOTCHKISS, J. H. Cysteine as an inhibitor of polyphenol oxidase. **Journal of Food Biochemistry**, Connecticut, v.13, n.1, p.65-75, Feb.1989.
- ESKIN, N. A. M.; HENDERSON, H. M.; TOWNSED, R. J. **Biochemistry of Foods**. New York: Academic Press, 1971, 292p.
- FISHER, R. L.; BENNETT, A. B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.675-703, 1991.
- GORNY, J. R.; GIL, M. I.; KADER, A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut pears. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.464, p.231-236, 1998.
- GORNY, J. R. et al. Quality changes in fresh-cut pear slices affected by controlled atmospheres and chemical preservation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.65, n.3, p.541-544, Apr.2000.
- GORNY, J. R. et al. Quality changes in fresh cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.24, n.3, p.271-278, Apr. 2002.
- HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterases of the banana. Purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June, 1966.
- KADER, A. A. **Banana ripening chart**. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Disponível em <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/full_banana_ripeningchart.shtml>. Acesso em: 03 jun. 2008.
- KAHN, V. Effect of proteins, protein hydrolyzates and amino acids on o-dihydroxyphenolase activity of polyphenoloxidase of mushroom, avocado and banana. **Journal of Food Science**, v.50, p.111-115, 1985.
- KARAKURT, Y.; HUBER, D. J. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, n.2, p.219-229, 2003.
- KOJIMA, K.; SAKURAI, N.; KURAISHI, S. Fruit softening in banana: correlation among stress-relaxation parameters, cell wall components and starch during ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.90, p.772-778, apr.1994.
- LUNA-GUZMAN, I.; CANTWELL, M.; BARRETT, D. M. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, n.3, p.201-213, 1999.

- MANRIQUE-TRUJILLO, S. M.; RAMÍREZ-LÓPEZ, A. C.; IBARRA-LACLETTE, E; GÓMEZ-LIM, M. A. Identification of genes differentially expressed during ripening of banana. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.164, n.8, p.1037-1050, Aug. 2007.
- MARKOVIC, O.; HEINRICOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, London, v.40, p.769-774, 1975.
- McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruit. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.
- MELO, A. A. M.; VILAS BOAS, E. V. de B. Redução do amaciamento de banana ‘Maçã’ minimamente processada pelo uso de tratamentos químicos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p.821-828, maio/jun., 2007.
- MORRIS, E. R. Physical probes of polysaccharide conformations and interactions. **Food Chemistry**, London, v.6, p.15-39, 1980.
- NELSON, N.A. A photometric adaptation os Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, p.375, 1944.
- PATHAK, N.; SANWAL, G. G. Multiple forms of polygalacturonase from banana fruits. **Phytochemistry**, New York, v.48, n.2 p.249-255, 1998.
- POOVAIAH, B. W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food technology**, Chicago, v.10, n.1, p.86-89, Jan.1986.
- PRESSEY, R., AVANTS, J. K. Difference in polygalacturonase composition of clingstone and freestone peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, n.5, p.1415-1423, Sept./Oct.1978.
- 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.
- RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; NICOLAS, J. J. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. kinetic studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.40, n.11, 1992.
- SALES, A. N. **Aplicação de 1-Metilciclopropeno em banana “Prata-Anã” armazenadas sob baixa temperatura seguida de climatização**. 2002, 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- VILAS BOAS, E. V. de B.; KADER, A. A. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, p.155-162, 2006.
- VILAS BOAS, E. V. de B. **Modificações pós—colheita de bananas ‘Prata’ (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* Grupo AAB) g-irradiada**. 1995. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**, London: Chapman & Hall, 1994, 357p.
- WU, M. C. et al. Pectinesterase inhibitor in Rubbery banana (*Musa sapientum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v.67, n.4, p.1337-1340, 2002.