

MODIFICAÇÕES PÓS-COLHEITA DE BANANA 'PRATA' γ -IRRADIADA¹

EDUARDO VALÉRIO DE BARROS VILAS BOAS², ADIMILSON BOSCO CHITARRA³
e MARIA ISABEL FERNANDES CHITARRA⁴

RESUMO - Avaliou-se o efeito da radiação γ a 0,25 e 0,50 kGy sobre o desenvolvimento da coloração da casca da banana, a evolução de etileno e CO₂, a conversão de amido em açúcares, a relação polpa/casca, a solubilização pectínica e as atividades das enzimas relacionadas à degradação da parede celular, a pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG), na polpa da banana 'Prata' durante sua maturação. A radiação γ não afetou o desenvolvimento normal da coloração da casca; entretanto, incrementou o pico de etileno e reduziu o pico de CO₂. A radiação γ não afetou a degradação do amido, mas determinou um efeito retardador sobre o acúmulo de açúcares solúveis totais na polpa, nos graus 6 e 7 de coloração da casca. A dose 0,25 kGy determinou o maior incremento na relação polpa/casca, a partir do grau 5 de coloração, resultado de um possível efeito estressante dessa dose. Observou-se um aumento na solubilização de pectinas. A atividade da PME foi estimulada na polpa dos frutos γ -irradiados, embora a atividade da PG tenha sido reprimida. Os efeitos da radiação γ não se refletiram numa possível extensão da vida pós-colheita de bananas 'Prata'.

Termos para indexação: radiação γ , pós-colheita de banana.

POST HARVEST CHANGES OF γ -IRRADIATED BANANA 'PRATA'

ABSTRACT - The effect of the γ -irradiation was evaluated at 0.25 and 0.50 kGy, on the development of peel coloration, CO₂ and ethylene evolution, conversion of starch to sugars, pulp-to-peel ratio, pectic solubilization and activities of enzymes of the cell wall, pectinmethylesterase (PME), and polygalacturonase (PG), during maturation of 'Prata' bananas. The γ -irradiation did not affect the normal colour development of the fruits. An increase in the ethylene peak and a decrease in the CO₂ peak was observed. The γ -irradiation did not affect the degradation of starch, while a delay in soluble sugar accumulation was noted on the 6 and 7 colour grades. The fruits subjected to 0.25 kGy had the highest increase in the pulp-to-peel relation, beginning with colour grade 5, due to a possible stress effect of that dose. An increase of pectin solubilization was observed. Higher PME activities were exhibited by irradiated fruits, although the γ -irradiation suppressed the PG activity throughout the maturation period. The γ -irradiation did not extend the post-harvest life of 'Prata' bananas.

Index terms: γ -irradiation, banana post-harvest.

INTRODUÇÃO

A banana é um fruto climatérico, de considerável importância sócio-econômica nos países tropicais.

Prima por suas peculiaridades em termos de calorias, vitaminas e sais minerais, e por seu agradável aroma e sabor. O Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de bananas; porém, o manuseio inadequado dos frutos, tanto na fase pré como pós-colheita, determina altos índices de perdas e um produto de baixa qualidade, o que se reflete em insignificantes margens de exportação. Em face das rápidas mudanças durante a maturação, sua vida pós-colheita pode restringir-se a poucos dias, se medidas adequadas não forem adotadas no sentido de se estender seu estágio pré-climatérico.

¹ Aceito para publicação em 21 de maio de 1996.

Extraído da Dissertação de Mestrado do primeiro autor.

² Eng. Agr., M.Sc., Univ. Fed. Lavras (UFLA), Dep. de Ciência dos Alimentos, Câmpus Universitário, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

³ Eng. Agr., Ph.D., Prof. Titular, Dep. Ciência dos Alimentos da UFLA.

⁴ Bioquímica, Ph.D., Prof. Titular, Dep. Ciência dos Alimentos da UFLA.

O uso da radiação γ na preservação de alimentos tem sido aplicada com sucesso a inumeráveis produtos alimentícios, inclusive em frutos e hortaliças (Glidewell et al., 1993). De acordo com Loaharanu (1994), com base no "Comitê de Especialistas em Sanidade de Alimentos Irradiados" (composto pela Organização da Agricultura e Alimentação, Agência de Energia Atômica Internacional e Organização Mundial da Saúde), a irradiação não causa efeito toxicológico em nenhum produto alimentício até uma dose média de 10 kGy. A radiação γ a baixas doses tem sido utilizada com sucesso no prolongamento da vida pós-colheita de bananas pelo retardo do processo de amadurecimento e senescência (Thomas, 1986). Frutos irradiados no pré-climatério a doses de 0,15 a 0,50 kGy apresentam um notável retardo no amadurecimento, sem que sua qualidade seja afetada (Thomas et al., 1971; Strydom & Whitehead, 1990). Doses acima de 0,50 kGy, normalmente determinam escurecimento e rachaduras ocasionais na casca durante o armazenamento (Thomas et al., 1971; Broderick & Strydom, 1984). Segundo Thomas (1986) e Strydom & Whitehead (1990), níveis ótimos de radiação retardam o início da ascensão climática em termos de respiração e C_2H_4 , bem como a ocorrência dos respectivos picos. Postula-se que a inibição do amadurecimento causada pela irradiação envolva um decréscimo de sensibilidade à ação de seu C_2H_4 endógeno (Strydom & Whitehead, 1990). A conversão de amido em açúcares solúveis é uma das mais flagrantes características durante o amadurecimento das bananas. A utilização da radiação γ em doses adequadas determina, normalmente, uma redução na taxa de hidrólise do amido, embora, quando maduro, os níveis de açúcares do fruto possam alcançar valores semelhantes aos dos frutos não-tratados (Thomas, 1986). Existem evidências de que o amaciamento da banana durante o amadurecimento é acompanhado pelo aumento da solubilização das substâncias pécticas na parede celular e na lamela média, e que um aumento do teor de pectina solúvel em água é observado com o decorrer do amadurecimento (Lizada et al., 1990; Kojima et al., 1994). A γ -irradiação de bananas a doses de até 0,50 kGy afeta insignificamente a textura do fruto, enquanto doses acima deste nível determinam consideráveis perdas de firmeza da polpa, e de solubilização das

pectinas (Thomas et al., 1971). A solubilização das pectinas, acompanhada pelo amaciamento de frutos durante o amadurecimento tem sido associada à ação coordenada das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) (Pressey & Avants, 1982; Huber, 1983). A PME catalisa a desmetilação dos ésteres metílicos dos ácidos poligalacturônicos, facilitando a ação da PG, enzima que hidrolisa as ligações glicosídicas de galacturonanas parcialmente esterificadas (Pressey & Avants, 1982). Todavia, a escassez e divergência de informações sobre a atividade da PME e PG na polpa da banana sobressalta a necessidade de mais estudos a respeito. Somogyi & Romani (1964) e Thomas (1986) sugerem efeitos estimulantes da radiação γ sobre a atividade da PME em pêras, pêssegos e mangas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da radiação γ a 0,00, 0,25, 0,50 kGy sobre a evolução de CO_2 e etileno, a conversão do amido em açúcares, a relação polpa/casca, a solubilização das pectinas e a atividade das enzimas PME e PG em banana 'Prata' durante a maturação.

MATERIAL E MÉTODOS

Frutos da bananeira 'Prata' (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* grupo AAB) foram obtidos a partir da segunda e terceira penca de cachos com 138 dias de idade, a partir do completo lançamento floral, em Santo Antônio do Amparo, MG, município localizado a 20°56'40" de latitude Sul e 44°55' de longitude W.Gr., a 1.013m de altitude. As pencas foram lavadas com hipoclorito de sódio (0,3%) e detergente (1,5%) e tratadas com benomyl (0,1%/1min).

Foram transportadas ao Centro de Energia Nuclear de Piracicaba, SP, onde foram γ -irradiadas a 0,25 e 0,50 kGy, à taxa de dose de 0,997 kGy.h⁻¹, num irradiador "ammabean 650", fonte ⁶⁰Co. Os frutos foram, então, transportados para o Departamento de Ciência dos Alimentos, da Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG, e mantidos em sala com temperatura controlada de 19 a 20°C.

O experimento baseou-se em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial duplo, com três repetições, excetuando-se a variável relação polpa/casca, com seis repetições, sendo que os fatores consistiram de graus de coloração da casca (2-7), segundo Dole Bananas (19--) e doses de radiação (0,00, 0,25 e 0,50 kGy). A amostragem foi realizada aleatoriamente, sendo que cada parcela constituiu-se de dois frutos. Com relação às variáveis CO_2 e C_2H_4 , as respectivas médias, tomadas no tempo (horas), foram obtidas a partir de duas repetições. Cada parcela

constituiu-se de três buquês de quatro a cinco frutos acondicionados em cubas de maturação.

As cubas de maturação consistiram de dessecadores preparados com dispositivos para circulação contínua de ar, com volume interno de 9,2 litros. O fluxo de ar das cubas foi da ordem de 10 litros.h⁻¹ e o ar obtido de um compressor era purificado pela passagem por uma solução de KOH 20%, HgClO₄ 5% e KOH 7%.

As determinações de C₂H₄ foram realizadas em cromatógrafo a gás, modelo 2800 da Variam Aerograph, sob as condições a seguir: coluna de Porapak operada a 50°C; detector de ionização de chamas à 110°C, e injetor a 130°C. O fluxo de ar foi da ordem de 400 ml.min⁻¹ enquanto o fluxo de hidrogênio e nitrogênio girou em torno de 35 ml.min⁻¹. A sensibilidade utilizada durante o experimento foi de 10⁻¹², e a atenuação, 1. As amostras foram tomadas, nas cubas, através de uma seringa (10 ml), após uma hora de repouso, e injetadas diretamente no cromatógrafo. Os resultados foram obtidos a partir da comparação das áreas com o padrão de 0,86 ppm, nas mesmas condições, de acordo com Ciola (1973).

A medição do CO₂ produzido pelos frutos foi realizada pela conexão da saída de gases das cubas à erlenmeyers contendo NaOH 1N, pelo período de uma hora, e posterior titulação com HCl 1N (Thomas et al., 1971). Os resultados foram expressos em mg CO₂.kg⁻¹ fruto.h⁻¹.

O amido presente nos frutos foi extraído e degradado enzimaticamente à glicose, segundo técnica de Arêas & Lajolo (1980), e doseado, espectrofotometricamente, pelo método de antrona (Dische, 1962). A determinação foi feita a 620 nm, e os resultados, expressos em g de glicose por 100 g de polpa fresca (x 0.9).

Os açúcares solúveis totais foram determinados, espectrofotometricamente, a 620 nm, pelo método de antrona (Dische, 1962), e apresentados como g de glicose por 100 g de polpa fresca.

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

As pectinas total (PT) e solúvel (PS) foram extraídas segundo técnica preconizada por McCready & McComb (1952). A determinação quantitativa dos ácidos urônicos foi feita pelo método do m-fenil-fenol, de acordo com Blumenkrantz & Asboe-Hansen (1973). A relação PS/PT foi obtida por divisão simples.

A extração enzimática foi feita segundo técnica de Buecher & Furmanski (1978), com algumas modificações. Dez gramas de polpa do fruto foram homogeneizadas em 40 ml de água destilada resfriada (em torno de 6°C), com polivinilpirrolidona, em politron. O homogenato foi filtrado em tecido fino (organza), e o resíduo foi ressuspensionado em 40 ml de NaCl 1M, resfriado (em torno de 6°C). O pH

foi ajustado para 6,0 com NaOH, e o novo homogenato foi incubado a 4°C, por uma hora. Fez-se nova filtragem em gase, e o filtrado foi centrifugado refrigeradamente a 5000 x g, por 30 min. Uma terceira filtragem foi realizada com papel de filtro, e o filtrado foi congelado e, posteriormente, utilizado para a determinação enzimática.

No doseamento para a determinação da atividade da pectinametilsterase (PME), foi utilizada a técnica de Hultin et al. (1966), com as seguintes modificações:

Quatro ml de extrato enzimático foram adicionados sobre 30 ml de pectina cítrica 1% em NaCl 0,1M. O pH da solução foi mantido na faixa de 7,0 por 10 min, com NaOH 0,01N. Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalizar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 nmol de NaOH por minuto, sob as condições do ensaio.

Para a determinação da atividade da poligalacturonase (PG), utilizou-se a técnica de Markovic et al. (1975), com modificações descritas a seguir: uma alíquota de 50 µl de pectina cítrica a 0,25% foi adicionada em um tubo de ensaio juntamente com 200 µl de extrato enzimático. O tubo foi incubado a 30°C, por três horas em banho maria, e a reação, interrompida, em banho fervente, por três minutos. Doseou-se, então, o teor de açúcares redutores, segundo método de Somogyi modificado por Nelson (1944). Uma unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 nmol de açúcar redutor por minuto, sob as condições de ensaio.

As conclusões foram obtidas através de análise de variância e teste de Tukey para comparação de médias, segundo métodos usuais. Possíveis análises de regressão foram descartadas, em face do reduzido número de níveis do fator dose de radiação (somente três níveis).

As variáveis CO₂, C₂H₄, PME e PG não foram analisadas estatisticamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A radiação γ nas doses estudadas não afetou o desenvolvimento normal de coloração da casca da banana 'Prata', fato concordante com os resultados de Thomas et al. (1971) e Broderick & Strydom (1984), que afirmam que doses abaixo de 0,50 kGy não afetam a aparência externa de bananas.

Pode-se observar, pela Fig. 1, o típico padrão climático da banana 'Prata' em termos de CO₂ e C₂H₄.

O início da evolução de C₂H₄ ocorreu um pouco antes da ascensão climática, sendo que o pico do C₂H₄ antecipou-se claramente ao pico de CO₂.

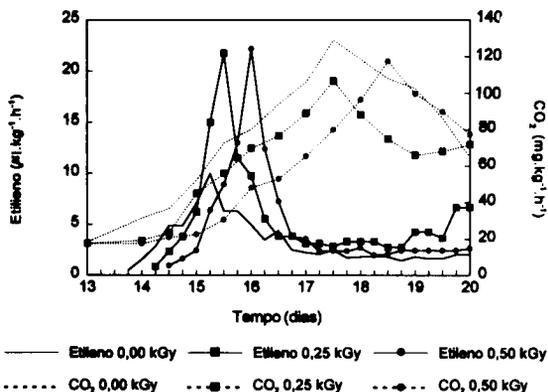


FIG. 1. Evolução de etileno x CO₂ durante o climatério de banana 'Prata' gama-irradiada.

Observações similares foram obtidas por Dominguez & Vendrell (1993). Segundo Brady & Speirs (1991), o climatério respiratório é uma consequência direta das concentrações aumentadas de C₂H₄ endógeno. O pico de C₂H₄ de 10 µl.kg⁻¹.h⁻¹ nos frutos-controle é condizente com o apresentado por Strydom & Whitehead (1990), da mesma magnitude.

A ascensão respiratória dos frutos aqui estudados iniciou-se na passagem do grau 2 para 3 de coloração da casca, e o pico foi atingido no grau 4.

Os valores da ordem de 12 a 20 mg de CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ e 107 a 129 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, observados na fase pré-climatérica e pico climatérico, se encaixam muito bem na amplitude apresentada por Palmer (1971) de 8 a 50, e 60 a 250 mg de CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente.

A radiação γ nas doses (0,25 e 0,50 kGy) e taxa de dose (0,997 kGy.h⁻¹) estudadas não estenderam, aparentemente, a fase pré-climatérica dos frutos, em comparação com os frutos-controle, visto que o início da ascensão de C₂H₄ e CO₂ e seus respectivos picos ocorreram em épocas próximas. Tais resultados divergem dos apresentados por Thomas (1986), em sua vasta revisão sobre irradiação em bananas, de que a radiação γ estende a vida pós-colheita de bananas pelo retardo na ascensão climatérica e respectivos picos (CO₂ e etileno). Todavia, os resultados apresentados por Thomas (1986) referem-se a variedades outras que não a 'Prata' e a taxas de dose superiores à utilizada no presente trabalho.

As doses de radiação de 0,25 e 0,50 kGy

incrementaram o pico de C₂H₄ dos frutos a elas submetidas em torno de 120% e reduziram o pico de CO₂ de 129 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ nos frutos-controle para 117 e 107, respectivamente. Fatos semelhantes foram obtidos por Strydom & Whitehead (1990), sugerindo-se uma redução na sensibilidade ao C₂H₄ endógeno estimulada pela radiação γ.

Concomitantemente com a ascensão respiratória, observou-se uma rápida conversão de amido em açúcares mais pronunciada entre os graus 2 e 3 de coloração da casca (Figs. 2, 3, 4). Com relação ao amido, as doses de radiação estudadas não interagiram sig-

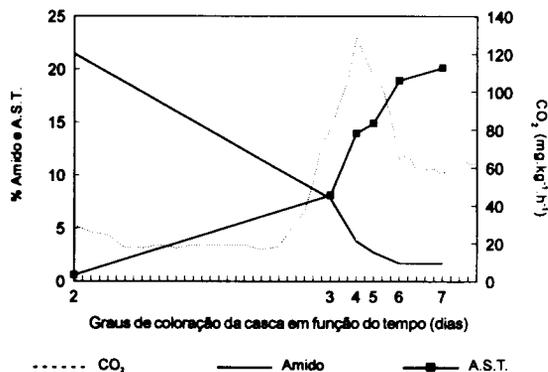


FIG. 2. Amido e açúcares solúveis totais (AST) x CO₂ durante o climatério de banana 'Prata' gama-irradiada (controle).

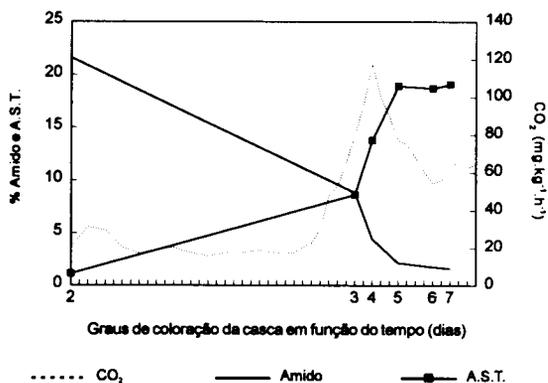


FIG. 3. Amido e açúcares solúveis totais (AST) x CO₂ durante o climatério de banana 'Prata' gama-irradiada (0,25 kGy).

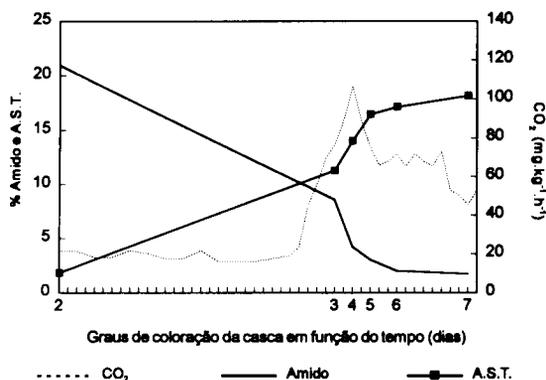


FIG. 4. Amido e açúcares solúveis totais (AST) x CO₂ durante o climatério de banana 'Prata' gama-irradiada (0,50 kGy).

nificativamente com os graus de coloração da casca.

Segundo pesquisas de Carvalho (1984), Fernandes et al. (1979) e Rossignoli (1983), o teor de amido da polpa da banana 'Prata' decresce de 19,2 a 23,9% para 0,63-3,46%, em frutos verdes e maduros, respectivamente, dados condizentes com os encontrados no presente trabalho, da ordem de 21,33 a 1,71%.

Concomitante à degradação do amido, observou-se um incremento na concentração de açúcares solúveis totais da ordem de 1,2 para 19,1%, o que confirma a afirmação de que com o amadurecimento o amido é hidrolisado, resultando em enriquecimento no teor de açúcares da polpa madura (Lizada et al., 1990).

Tais resultados são coerentes com os apresentados por Fernandes et al. (1979), que observaram que o teor de açúcares solúveis totais de banana 'Prata' oscilou de valores traços, no fruto verde, para cerca de 20,4% no fruto maduro, valores esses também confirmados por Carvalho (1984) e Rossignoli (1983).

As doses de radiação afetaram diferentemente os teores de açúcares totais nos graus 3, 5, 6 e 7 de coloração da casca ($P=0,01$). A dose 0,50 kGy estimulou um maior acúmulo de açúcares nos graus 3 e 5 de coloração, em relação ao controle. Logo, um efeito estressante da radiação γ a 0,50 kGy é sugerido até o grau 5 de coloração da casca, e a partir daí um efeito tardio sobre a redução do acúmulo de açúcares começa a se visualizar. Já os frutos irradiados a 0,25 kGy apresentaram um acúmulo de açúcares solúveis totais semelhante aos frutos-controle, exceto

no grau 5 de coloração da casca, onde o acúmulo foi mais pronunciado. Segundo observações de Thomas et al. (1971), o teor de açúcares totais em bananas 'Red' e 'Fill Basket' mostrou íntima correlação em frutos irradiados a 0,25 e 0,40 kGy e não-irradiados. Já frutos 'Giant Cavendish' irradiados a 0,35 kGy, apresentaram menor concentração de açúcares solúveis totais que frutos-controle, em graus similares de coloração. Segundo Thomas (1986), uma diminuição na velocidade de degradação do amido pode ser determinada pela radiação γ , a despeito do fato de que frutos irradiados e não-irradiados possam ter seus níveis de açúcares solúveis totais equiparados no estágio completamente maduro.

Um paralelo entre a relação polpa/casca e a evolução de CO₂ é observado nas Figs. 5, 6 e 7. A degradação de polissacarídeos de reserva, com consequente liberação de CO₂ e H₂O, resulta na redução do potencial osmótico das células da polpa. O aumento na relação polpa/casca, determinado pelas perdas transpiracionais e osmóticas de água da casca, se correlacionam bem com a evolução de CO₂, manifestando-se de maneira mais pronunciada após o pico climatérico. Observou-se uma significativa interação ($P=0,01$), na relação polpa/casca entre as doses de radiação e os graus de coloração da casca. Um previsível aumento na relação polpa/casca foi notado durante a maturação da banana 'Prata', em decorrência da perda de umidade da casca (Lizada

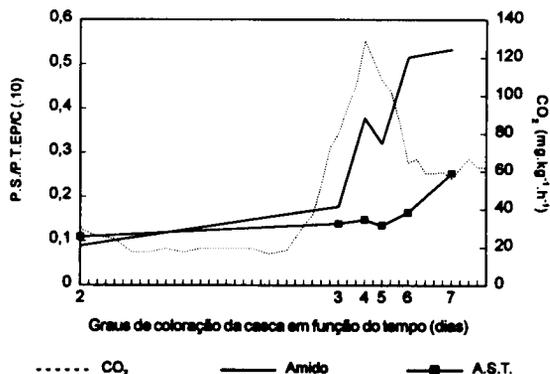


FIG. 5. Relação pectina solúvel/pectina total (PS/PT) e relação polpa/casca (P/C) x CO₂ durante o climatério de banana 'Prata' gama-irradiada (controle).

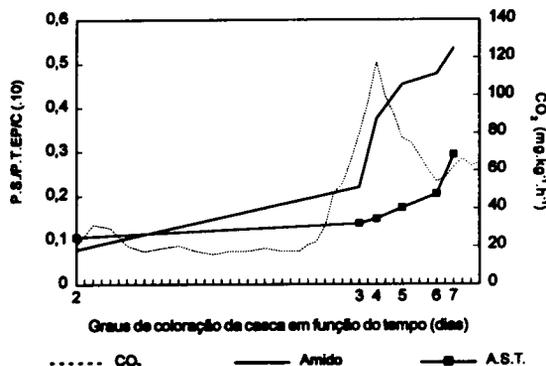


FIG. 6. Relação pectina solúvel/pectina total (PS/PT) e relação polpa/casca (P/C) x CO_2 durante o climatério de banana 'Prata' gama-irradiada (0,25 kGy).

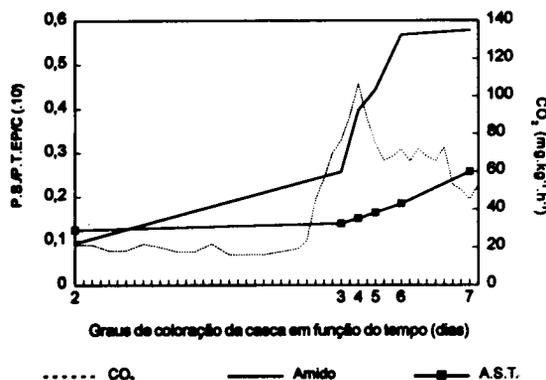


FIG. 7. Relação pectina solúvel/pectina total (PS/PT) e relação polpa/casca (P/C) x CO_2 durante o climatério de banana 'Prata' gama-irradiada (0,50 kGy).

et al., 1990). A relação variou, em média, de 1,1 a 2,7, valores semelhantes aos apresentados pela banana 'Prata' de 1,2 a 2,7 (Pinto, 1978; Rossignoli, 1983; Carvalho, 1984). A dose 0,25 kGy determinou o maior incremento na relação polpa/casca a partir do grau 5 de coloração. Os frutos γ -irradiados a 0,50 kGy apresentaram um incremento imediato, ainda no grau 2 de coloração, devido, provavelmente, à ação estressante da dose, em face da sua magnitude.

O comportamento da relação pectina solúvel/pectina total é apresentado nas Figs. 5, 6 e 7. Obser-

vou-se, com o decorrer da maturação, um incremento e uma tendência de maior solubilização relativa nos frutos γ -irradiados, embora respaldada estatisticamente apenas no grau 5 de coloração da casca, sendo que a dose 0,50 kGy determinou, aparentemente, o maior índice relativo de solubilização. Isto sugere um possível efeito da radiação γ sobre a perda da firmeza dos frutos, embora Kojima et al. (1994) afirmem que o amaciamento da polpa da banana seja o resultado da degradação coordenada de polissacarídeos pécticos, hemicelulósicos e amido. Segundo Thomas (1986), doses acima de 0,50 kGy determinam despolimerização e conversão de protopectina em pectina solúvel.

As Figs. 8, 9 e 10 permitem associar, a despeito do complexo comportamento enzimático, a ativação da PME e PG, enzimas relacionadas à degradação da parede celular, e o climatério respiratório. Os frutos γ -irradiados e não-irradiados mostraram comportamentos semelhantes, durante a maturação, no que diz respeito à atividade da pectinametilesterase (PME). Observou-se um incremento na atividade enzimática entre os graus 2 e 3 de coloração da casca, seguido por um declínio até o grau 5, nova ascensão até o grau 6, e finalmente uma queda até o grau 7. Tal comportamento é análogo ao apresentado por Smith et al. (1990), que observaram a presença de dois picos de PME ao estudarem a casca da banana 'Saba'. Entretanto, a literatura tem apresentado da-

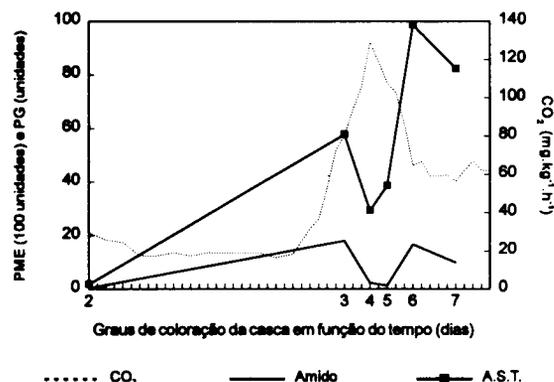


FIG. 8. Atividades de pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) x CO_2 durante o climatério de banana 'Prata' gama-irradiada (controle).

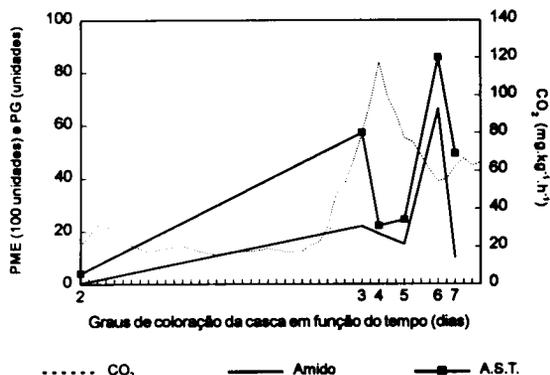


FIG. 9. Atividades de Pectinametilsterase (PME) e Poligalacturonase (PG) x CO₂ durante o climatério de banana 'Prata' gama-irradiada (0,25kGy).

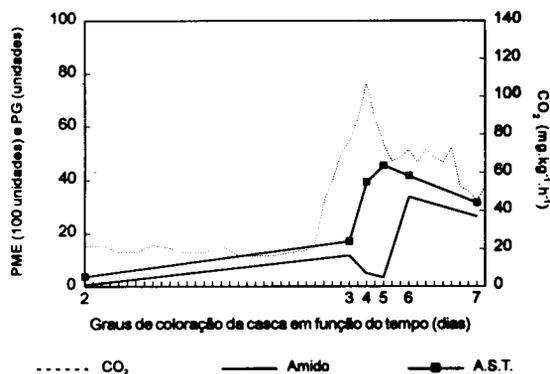


FIG. 10. Atividades de pectinametilsterase (PME) e poligalacturonase (PG) x CO₂ durante o climatério de banana 'Prata' gama-irradiada (0,50 kGy).

dos divergentes com relação ao comportamento da PME na polpa de bananas em termos de incremento (Palmer, 1971), constância (Brady, 1976) e declínio (Smith et al., 1990). Observou-se, ainda, maior atividade da PME nos frutos irradiados, em comparação com os não-irradiados, o que sugere um possível efeito estimulante da radiação- γ sobre a de-esterificação de pectinas. Efeitos estimulantes da radiação- γ sobre a atividade da PME também foram

observadas por Somogyi & Romani (1964), para pêras e pêssegos, e por Thomas (1986), para mangas.

Frutos irradiados a 0,25 kGy e não-irradiados apresentaram comportamentos semelhantes com relação à atividade da poligalacturonase (PG), podendo-se visualizar um incremento na atividade até o grau 3 de coloração da casca, seguido de queda até o grau 4, ascensão até o grau 6, e um declínio final até o grau 7, comportamento semelhante ao apresentado com relação à PME, sugerindo-se um efeito coordenado entre ambas as enzimas. Já os frutos γ -irradiados a 0,50 kGy apresentaram uma única ascensão na atividade da PG entre os graus 2 e 5 de coloração da casca, seguida por uma queda. Observou-se um efeito supressivo da radiação γ sobre a atividade da PG, sendo que a dose 0,50 kGy suprimiu por completo o pico relativo ao grau 6 de coloração, que corresponderia ao segundo e mais pronunciado pico da PME. Pode-se correlacionar o incremento na atividade da PG durante a maturação da banana com uma elevação na solubilização de pectinas, observável pela relação pectina solúvel/pectina total. Todavia, o efeito supressivo da radiação γ sobre a atividade da PG não foi suficiente para inibir a despolimerização de pectinas. A detecção de PG na polpa da banana 'Prata' ratifica a presença de tal enzima em bananas, sugerida por Markovic et al. (1975) e Wade et al. (1993). A radiação γ nas doses estudadas não prolongou a vida pós-colheita de bananas 'Prata'.

CONCLUSÕES

1. A radiação γ nas doses 0,25 e 0,50 kGy e taxa de dose 0,997 kGy.h⁻¹ não interfere na aparência externa de bananas 'Prata', permite um desenvolvimento normal da coloração da casca, incrementa a produção de etileno, e reduz a produção de CO₂.
2. A radiação γ não afeta a degradação do amido.
3. A relação polpa/casca é afetada pela radiação γ .
4. Os frutos submetidos à radiação γ apresentam maior índice de solubilização de pectinas.
5. Os frutos submetidos a 0,50 kGy apresentam-se, em média, com menores teores de pectina total.
6. A radiação γ estimula a atividade da pectinametilsterase, mas afeta supressivamente a atividade da poligalacturonase.

7. Tal supressão é insuficiente para inibir a despolimerização de pectinas.

8. A radiação γ , às doses 0,25 e 0,50 kGy e à taxa de dose 0,997 kGy.h⁻¹ não prolonga a vida pós-colheita de bananas 'Prata'.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- ARÊAS, J.A.G.; LAJOLO, F.M. Determinação enzimática específica de amido, glicose, frutose e sacarose em bananas preclimatéricas e climatéricas. *Anais de Farmácia e Química de São Paulo*, São Paulo, v.20, n.1/2, p.307-318, 1980.
- BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. *Analytical Biochemistry*, New York, n.54, p.484-489, 1973.
- BRADY, C.J. The pectinesterase of the pulp of the banana fruit. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v.3, p.163-172, 1976.
- BRADY, C.J.; SPEIRS, J. Ethylene in fruit ontogeny and abscission. In: MATTOO, A.K.; SUTTLE, J.C. *The plant hormone ethylene*. Boston: CRC Press, 1991. Cap. 13, p.235-258.
- BRODERICK, H.T.; STRYDOM, G.J. The radurisation of bananas under commercial conditions. Part 1; increased storage life. *Citrus and Subtropical Fruit Journal*, Johannesburg, v.602, p.4-6, 1984.
- BUECHER, R.W.; FURMANSKI, R.J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. *Journal of Food Science*, Chicago, v.43, p.264-266, 1978.
- CARVALHO, H.A. de. *Qualidade de banana 'Prata' previamente armazenada em saco de polietileno, amadurecida em ambiente com elevada umidade relativa*. Lavras: ESAL, 1984. 92p. Tese de Mestrado.
- CIOLA, R. *Introdução à cromatografia em fase gasosa*. São Paulo: Edgard Blucher, 1973. 231p.
- DISCHE, E. Color reactions of carbohydrates. In: WHISTLER, R.L.; WOL FROM, M.L. *Methods in carbohydrates chemistry*. New York: [s.n.], 1962. v.1. cap.11, p.477-512.
- DOLE BANANAS. *Banana handling manual*. San Francisco: Dole and the Red S. Castle & Cooke, [19--]. 36p.
- DOMINGUEZ, M.; VENDRELL, M. Ethylene biosynthesis in banana fruit: evolution of EFE activity and ACC levels in peel and pulp during ripening. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.68, n.1, p.63-70, 1993.
- FERNANDES, K.M.; CARVALHO, V.D.; CAL-VIDAL, J. Physical changes during ripening of Silver bananas. *Journal of Food and Science*, Chicago, v.44, n.4, p.1254-1255, 1979.
- GLIDEWELL, S.M.; DEIGHTON, N.; GOODMAN, B.A.; HILLMAN, J.R. Detection of irradiated food: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v.61, p.281-300, 1993.
- HUBER, D.J. Polyuronide degradation and hemicelulose modifications in ripening tomato fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount, VA, v.108, n.3, p.405-409, 1983.
- HULTIN, H.O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterase of the banana. Purification and properties. *Journal of Food Science*, Chicago, v.31, n.3, p.320-327, 1966.
- 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, 1994.
- LIZADA, M.C.C.; PANTASTICO, E.B.; SHUKOR, A.R.A.; SABARI, S.D. Ripening of banana; changes during ripening in banana. In: HASSAN, A.; PANTASTICO, Er. B.(Eds.). *Banana fruit development, postharvest physiology, handling and marketing*, in ASEAN. Boston: [s.n.], 1990. cap.5, p.65-84.
- LOAHARANU, P. Status and prospects of food irradiation. *Food Technology*, Chicago, v.48, n.5, p.124-131, 1994.
- MARKOVIC, O.; HEINRICHOVÁ, K.; LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. *Collection Czechoslovak Chemistry Community*, London, v.40, p.769-774, 1975.
- McCREADY, P.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic material. *Analytical Chemistry*, Washington, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.

- NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, p.375, 1944.
- PALMER, J.K. The banana. In: HULME, A.C. **Biochemistry of fruits and their products**. New York, Academic Press, 1971. v. 2. cap.2, p.65-105.
- PINTO, A.C. de Q. **Influência do ácido giberélico, do permanganato de potássio e da embalagem de polietileno na conservação e qualidade da banana "Prata"**. Lavras: ESAL, 1978. 80p. Tese de Mestrado.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v.6, n.1, p.57-74, 1982.
- ROSSIGNOLI, P.A. **Atmosfera modificada por filmes de polietileno de baixa densidade com diferentes espessuras para conservação de banana "Prata" em condições ambientes**. Lavras: ESAL, 1983. 81p. Tese de Mestrado.
- SMITH, N.J.; SEYMOUR, G.B.; JEGER, M.J.; TUCKER, G.A. Cell wall changes in bananas and plantains. **Acta Horticulturae**, Wageningen, Holanda, v.269, p.283-289, 1990.
- SOMOGYI, L.P.; ROMANI, R.J. Irradiation-induced textural change in fruits and its relation to pectin metabolism. **Journal of Food Science**, Chicago, v.29, n.3, p.366-371, 1964.
- STRYDOM, G.J.; WHITEHEAD, C.S. The effect of ionizing radiation on ethylene sensitivity and postharvest ripening of banana fruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.41, p.293-304, 1990.
- THOMAS, P. Radiation preservation of foods of plant origin. III- Tropical fruits: bananas, mangoes, and papayas. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Bombay, v.23, n.2, p.147-205, 1986.
- THOMAS, P.; DHARKAR, S.D.; SREENIVASAN, A. Effect of gamma irradiation on the postharvest physiology of five banana varieties grown in India. **Journal of Food Science**, Chicago, v.36, p.243-247, 1971.
- WADE, N.L.; SATYAN, S.; KAVANAGH, E. Increase in low molecular size uronic acid in ripening banana fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.63, p.257-259, 1993.