

# Análises fisiológicas e enzimáticas em abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante

*Physiological and enzymatic analyses of pineapple subjected to ionizing radiation*

Josenilda Maria da SILVA<sup>1\*</sup>, Juliana Pizarro SILVA<sup>2</sup>, Marta Helena Fillet SPOTO<sup>2</sup>

## Resumo

As características fisiológicas e enzimáticas pós-colheita do abacaxi do cultivar Smooth Cayenne foram avaliadas após os frutos serem irradiados com doses de 100 e 150 Gy e armazenados durante dez, vinte e trinta dias sob temperatura de 12 °C (±1) e 85% (±5) de umidade relativa. Análises fisiológicas e enzimáticas foram realizadas a cada período de armazenamento com o objetivo de avaliar as alterações provocadas pela aplicação da radiação ionizante. Frutos controle apresentaram maiores valores das pectinas solúveis, pectinas totais, açúcares redutores, sacarose e açúcares totais e menores valores das atividades das enzimas polifenoloxidase e poligalacturonase. O tempo de armazenamento influenciou significativamente para todas as análises estudadas. Dose de 100 Gy e período de vinte dias de armazenamento apresentaram os melhores resultados do ponto de vista da conservação da maturação e qualidade dos frutos.

**Palavras-chave:** radiação gama; fisiologia pós-colheita; abacaxi.

## Abstract

The physiological and enzymatic post-harvest characteristics of the pineapple cultivar Smooth Cayenne were evaluated after the fruits were gamma-irradiated with doses of 100 and 150 Gy and the fruits were stored for 10, 20 and 30 days at 12 °C (±1) and relative humidity of 85% (±5). Physiological and enzymatic analyses were made for each storage period to evaluate the alterations resulting from the application of ionizing radiation. Control specimens showed higher values of soluble pectins, total pectins, reducing sugars, sucrose and total sugars and lower values of polyphenoloxidase and polygalacturonase enzyme activities. All the analyses indicated that storage time is a significantly influencing factor. The 100 Gy dosage and 20-day storage period presented the best results from the standpoint of maturation and conservation of the fruit's quality.

**Keywords:** gamma radiation; physiology post-harvest; pineapple.

## 1 Introdução

O abacaxi apresenta uma grande aceitação pelos consumidores brasileiros e estrangeiros devido a suas características físico-químicas. Segundo FRANK<sup>5</sup>, depois do mamão, o abacaxi é a fruta de maior crescimento em consumo per capita nos EUA. CUNHA<sup>4</sup> afirma que a cultura do abacaxi está em alta, com aumento na demanda interna e tentando conquistar cada vez mais o mercado internacional.

A espécie comercial, *Ananas comosus*, apresenta frutos com características próprias de cada cultivar. O Smooth Cayenne é o cultivar mais importante, com mais de 70% da produção mundial. Também conhecido como abacaxi havaiano, se caracteriza por possuir formato cilíndrico, apresentar espinhos apenas nas extremidades apicais das folhas, ter polpa de cor amarelo-pálida e possuir elevados teores de açúcares e ácidos. Essas características tornam esse cultivar adequado tanto para a indústria como para o consumo natural, com grande potencial para o mercado externo<sup>21,20</sup>.

As transformações que ocorrem nos frutos após sua colheita são importantes tanto nos aspectos bioquímicos como fisiológicos. Por esses motivos, o conhecimento da fisiologia pós-colheita é indispensável no armazenamento do produto

quando se deseja manter suas qualidades físico-químicas, organolépticas e nutricionais.

Nas últimas décadas, o uso da radiação ionizante como meio de segurança, economia e conservação dos alimentos tem recebido bastante atenção por órgãos governamentais, instituições de pesquisas e empresas privadas de todo o mundo. Sua aplicação é realizada como objetivo principal na desinfestação de grãos e frutos e, mais recentemente, como um tratamento alternativo para o aumento da vida útil de alguns frutos e hortaliças. Este último tem sido considerado promissor por alguns pesquisadores<sup>15,12</sup>.

Os mecanismos atribuídos para explicar os efeitos da radiação no nível molecular ainda são estudados. Seus efeitos mais importantes são as modificações químicas ou estruturais dos ácidos nucléicos, alterações nas moléculas das membranas celulares e a inativação de enzimas, contudo, o principal efeito da radiação está sobre a alteração do ácido desoxirribonucléico (DNA), com resultado na incapacidade de reprodução<sup>10,16</sup>.

Os efeitos provocados no nível fisiológico e enzimático pela radiação ionizante nos frutos brasileiros são quase desconhecidos, sendo seu conhecimento de grande importância para que se possam prevenir reações metabólicas que afetem a qualidade comercial do fruto.

O presente trabalho teve como objetivo observar os efeitos da radiação ionizante com fonte de Cobalto-60, sobre as reações fisiológicas e enzimáticas do abacaxi após irradiados com doses de 100 e 150 Gy e armazenados sob temperatura de 12 °C durante os períodos de dez, vinte e trinta dias.

Recebido para publicação em 22/9/2006

Aceito para publicação em 18/7/2007 (001862)

<sup>1</sup> Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, Universidade de São Paulo – USP, Av. Centenário, 303, CEP 13416-000, CP 96, Av. Centenário, 303 CEP 13400-970, Piracicaba - SP, Brasil, E-mail: jmnilda@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP, Brasil

\*A quem a correspondência deve ser enviada

## 2 Material e métodos

Frutos colhidos com maturação fisiológica completamente desenvolvida foram conduzidos até a planta processadora com fonte de Cobalto-60, cuja taxa de dose se encontrava com 175 Gy/h e atividade mínima de  $2.189 \times 10^{10}$  Bq.

Os frutos foram separados em nove grupos, com doze frutos cada, três constituíram os frutos controle, três os frutos irradiados com dose de 100 Gy e três os frutos irradiados com dose de 150 Gy.

Depois de irradiados, foram acondicionados em caixas de papelão com capacidade para seis frutos na horizontal e armazenados sob temperatura de 12 °C ( $\pm 1$ ) e 85% ( $\pm 5$ ) de umidade relativa. As análises fisiológicas e enzimáticas foram realizadas nos intervalos de dez, vinte e trinta dias, avaliando-se um grupo de cada tratamento (controle, 100 e 150 Gy).

Todas as análises foram realizadas com a rodela da região mediana equatorial do fruto com  $\pm 2$  cm de largura. As rodela, depois de cortadas, foram colocadas imediatamente no freezer e posteriormente trituradas, sem o miolo central, em liquidificador doméstico. Foram realizadas três repetições para cada amostra.

### 2.1 Açúcares redutores, sacarose e açúcares totais (%)

Extração: Com solução de NaOH 0,5 N sob agitação durante 1 hora em pH 7,0. Para os açúcares totais foi realizada a hidrólise ácida da sacarose.

Doseamento: Utilizaram-se como soluções principais os reativos cúprico e arseno-molibdico.

Seguiu-se a metodologia especificada por SOMOGHY-NELSON, descrita por SOUTHGATE<sup>22</sup>, tendo como padrão a solução de glicose a 0,01%. As leituras foram realizadas no espectrofotômetro com absorvância de 510 nm.

### 2.2 Pectinas solúveis e totais (mg de ácido galacturônico.100 g<sup>-1</sup> de MF)

Extração das pectinas solúveis: Com água destilada, após extração dos açúcares com solução de álcool etílico a 95%.

Extração das pectinas totais: Com solução Versene sob agitação durante 1 hora. Depois de ajustar o pH para 5 a 5,5, foram acrescentadas  $\pm 100$  mg da Pectinase de fungo (origem: *Aspergillus niger*. Merck - 1,0 U.mg<sup>-1</sup> - EC 3.2.1.15. Atividade: pH 4,2; 40 °C) e a solução foi agitada por mais 1 hora.

Doseamento das pectinas: Com a solução contendo o ácido galacturônico extraído da polpa.

Seguiu-se a metodologia descrita por McCREADY e McCOMB<sup>14</sup> para a extração e, para o doseamento, a metodologia descrita por BLUMENKRANTZ e ASBOE-HANSEN<sup>2</sup>, que apresenta como solução principal o m-hidroxidifenil a 0,15% e como solução padrão o ácido galacturônico. As leituras foram realizadas no espectrofotômetro com absorvância de 520 nm.

### 2.3 Fenólicos – forma polimérica (mg de ácido tânico.100 g<sup>-1</sup> de MF)

Extração: Com água destilada e sob agitação durante 1 hora e 30 minutos, seguida de centrifugação a 700 rpm por 20 minutos e filtração em papel de filtro.

Doseamento: Com a solução anteriormente filtrada contendo o ácido tânico extraído da polpa.

Seguiu-se o método colorimétrico descrito por GOLDSTEIN e SWAIN<sup>6</sup>, tendo como solução padrão o ácido tânico e como reagente principal o de Follin-Denis. As leituras foram realizadas no espectrofotômetro com absorvância de 760 nm.

### 2.4 Atividade da enzima polifenoloxidase (U.g<sup>-1</sup> de MF em 1 minuto de incubação)

Extração: Com solução fosfato 0,05 M em pH 7 sob agitação durante 1 hora à temperatura de 4 °C.

Doseamento: Com o extrato enzimático, acrescentando 1,8 mL do tampão fosfato 0,1 M a pH 7 e 0,050 mL de catecol 10 mM. A reação foi interrompida após 30 min a 30 °C com adição de 0,8 mL de ácido perclórico 2 N.

Seguiu-se o método descrito por MATSUNO e URITANI<sup>13</sup>, com leitura no espectrofotômetro com absorvância de 395 nm.

### 2.5 Atividade da enzima poligalacturonase (nmol de glicose.g<sup>-1</sup> de MF em 1 minuto de incubação)

Extração: Com solução de NaCl 1 M e pH 6 sob agitação branda durante 1 hora à temperatura de 4 °C, após retirada dos açúcares com água destilada a 4 °C.

A incubação foi realizada durante 3 horas a 30 °C em 0,2 mL do filtrado final (extrato enzimático), mais 0,05 mL do substrato do ácido poligalacturônico na concentração 0,25% em tampão acetato de sódio; interrompeu-se a reação com banho em água fervente por 5 minutos.

Doseamento: Com 0,25 do extrato enzimático mais 1,75 mL de água destilada. Utilizou-se o método de SOMOGHY-NELSON, descrito por SOUTHGATE<sup>22</sup>, para determinação dos açúcares, e a atividade da enzima foi calculada de acordo com a quantidade dos açúcares produzidos.

Seguiu-se a metodologia descrita por PRESSEY e AVANTS<sup>19</sup> e JEN e ROBINSON<sup>9</sup>, com leitura no espectrofotômetro a 510 nm de absorvância.

## 2.6 Análise dos dados

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado e os valores obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e comparação das médias pelo teste de Tukey, conforme descrito por GOMES<sup>7</sup>.

## 3 Resultados e discussão

### 3.1 Açúcares redutores, sacarose e açúcares totais

Os açúcares redutores, constituídos pela glicose e frutose, apresentaram um aumento de 32, 22 e 30% nos frutos controle,

com 100 e 150 Gy, respectivamente, do ponto de colheita até o final do experimento (Figura 1a).

Independentemente das doses aplicadas, a média geral dos açúcares redutores representou um percentual de 31,82 e 47,83 dos açúcares totais no ponto de colheita e após trinta dias de armazenamento, respectivamente, com diferença significativa apenas para o fator tempo, em que o período de trinta dias diferenciou-se dos demais.

O valor médio da sacarose foi menor nos frutos com dose de 150 Gy (Figura 1b). Ao contrário do que aconteceu com os açúcares redutores, ocorreu uma redução da sacarose no final do armazenamento, em que frutos irradiados com dose de 100 Gy sofreram redução de cerca de 57,85% da sacarose no período de vinte dias.

As médias gerais das doses aplicadas representaram um percentual de 65 e 49 dos açúcares totais para os períodos no ponto de colheita e final do armazenamento, respectivamente, porém, o período de vinte dias resultou em maiores médias para todas as doses, com diferença significativa apenas para o período de trinta dias.

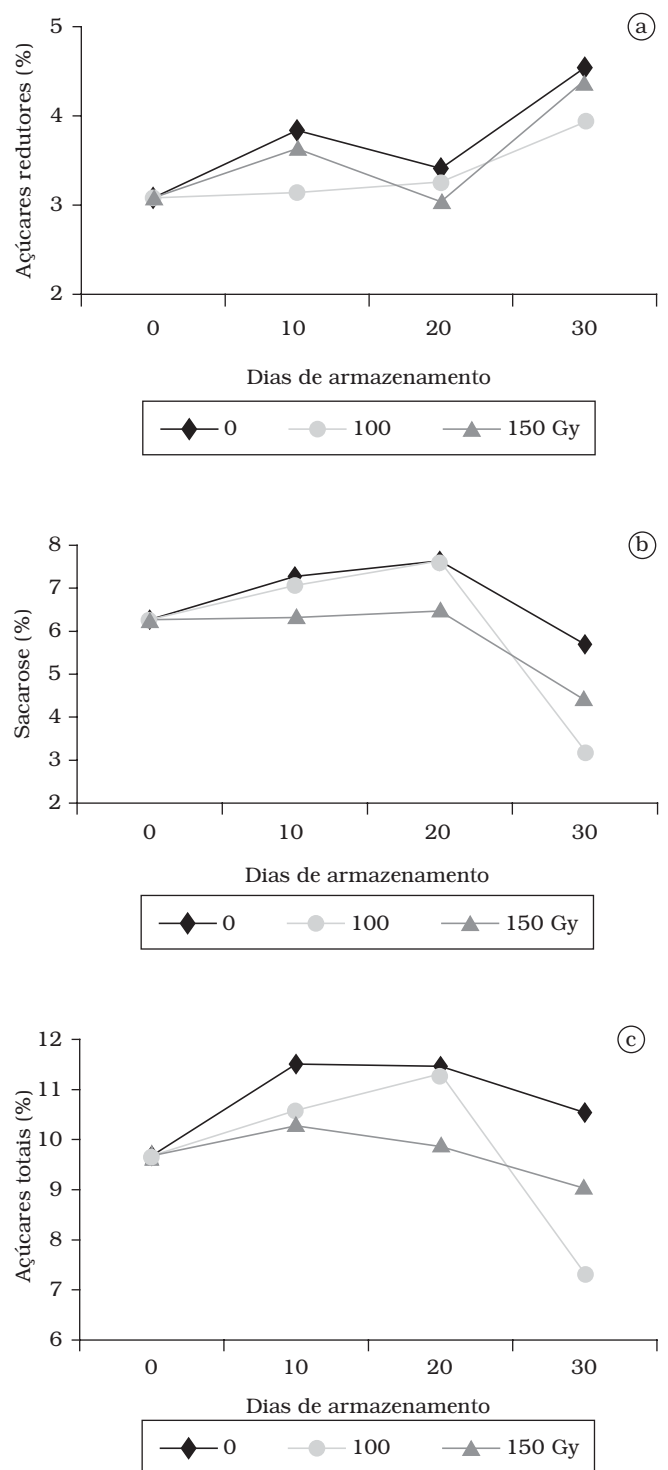
Variações próximas de 16, 14 e 6% dos açúcares totais foram encontradas entre o ponto de colheita, com 9,68%, e a maior quantidade dos açúcares durante o período de armazenamento para frutos controle e irradiados com doses de 100 e 150 Gy, respectivamente (Figura 1c).

Aumento nos teores dos açúcares totais durante os primeiros dias após colheita no presente trabalho pode ser atribuído à síntese dos açúcares pelo resultado da degradação do amido durante sua fase pré-climática<sup>8</sup>. Esses resultados revelam que, embora o abacaxi seja considerado por alguns autores como fruto não-climático<sup>3</sup>, ocorreram alterações nessas variáveis consideradas como uma das principais características de qualidade do fruto.

### 3.2 Pectinas solúveis, pectinas totais e fenólicos (Forma Polimérica)

Frutos irradiados com dose de 150 Gy apresentaram valores próximos de 40 mg.100 g<sup>-1</sup> de polpa fresca das pectinas solúveis, sendo os menores valores obtidos com dez e vinte dias de armazenamento (Figura 2a), o que pode ser justificado por um estado de menor maturação desses frutos, uma vez que, em fruto, um dos processos mais evidentes do amadurecimento é a degradação dos componentes celulares, a qual envolve as substâncias pécticas. Além disso, quanto menor maturação, maior será a quantidade das protopectinas, que é uma forma insolúvel presente na parede celular, e que no amadurecimento são convertidas na forma solúvel<sup>1</sup>. Os valores das pectinas solúveis no final do experimento corroboram com essas afirmações quando se observa um aumento considerável das pectinas solúveis, ao apresentarem maturação bem avançada, sendo o tempo de armazenamento o fator de maior influência nessa característica do fruto, enquanto que as diferentes doses não apresentaram influências significativas.

ZHOU, MOY e PAUL<sup>24</sup> estudaram os efeitos das doses de 0,25; 0,50; 0,75; 1,0 e 1,5 kGy nas frações das pectinas



**Figura 1.** Valores médios dos açúcares redutores (a), sacarose (b) e açúcares totais (c) em abacaxi submetido a diferentes doses de radiação gama e armazenado durante dez, vinte e trinta dias sob temperatura de 12 °C (±1) e 85% (±5) de UR. Estatística: a) tempo: F = 10,62\*\*, dose: F = 2,10 ns; b) tempo: F = 11,10\*\*, dose: F = 1,73 ns; e c) tempo: F = 7,00\*, dose: F = 4,15\*. ns = não significativo; \* = significativo a 5%; e \*\* = significativo a 1% pelo teste de Tukey).

solúveis em mamão e concluíram que a radiação impediu a despolimerização dos poliuronícos relacionados com o amadurecimento.

Valores das pectinas totais foram maiores nos frutos que receberam dose de 100 Gy, com diferença significativa para os que receberam dose de 150 Gy apenas com dez dias de armazenamento (Figura 2b). Também, o tempo se mostrou significativo para o período de trinta dias em relação aos demais períodos para frutos com 100 Gy, e com dez dias em relação aos demais para frutos com 150 Gy.

Aumento considerado alto nos primeiros dez dias de armazenamento pode ser observado em todos os frutos, principalmente nos com dose de 100 Gy, com 313,56 mg.100 g<sup>-1</sup> de polpa fresca, no ponto de colheita, para 928,24 mg do ácido galacturônico por 100 g de matéria fresca com dez dias de armazenamento. Isso sugere a ocorrência de síntese de novas substâncias pécicas durante esse intervalo<sup>1</sup>.

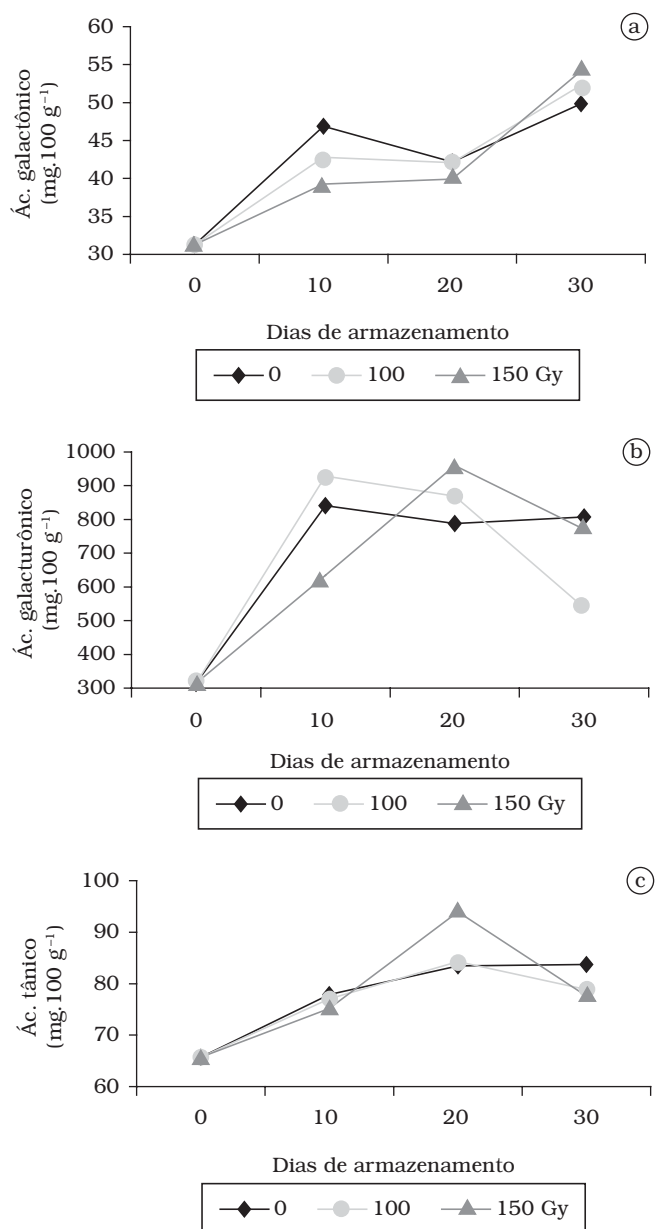
Os resultados encontrados neste trabalho revelam que a quantidade de até 959,54 mg.100 g<sup>-1</sup> de substâncias pécicas (pectina total) pode ser encontrada no abacaxi armazenado até vinte dias sob as condições descritas neste experimento, e que a quantidade de pectinas insolúveis foi consideravelmente maior que as pectinas solúveis durante o período de armazenamento.

Os fenólicos da forma polimérica em frutos com dose de 150 Gy apresentaram maiores valores, com aumento de 66 para 94 mg do ácido tânico por 100 g de matéria fresca, entre o ponto de colheita e o período de vinte dias de armazenamento (Figura 2c). Esse resultado pode ser considerado um fator positivo, visto que os frutos ainda se apresentavam com aparência externa e interna satisfatória, e alguns trabalhos têm relatado os efeitos antioxidante e anticarcinogênico dos produtos vegetais como estando associados aos teores dos compostos fenólicos<sup>11,23</sup>. Apenas a média geral do período de vinte dias se mostrou significativa em relação aos demais períodos. OUFEDJIKH et al.<sup>18</sup> também encontraram resultados semelhantes ao trabalharem com citros do cultivar Clementina irradiados com dose de 0,3 kGy e armazenados durante 14 dias sob 3 °C.

O aumento de 66 para 94 mg.100 g<sup>-1</sup> dos fenólicos entre o ponto de colheita até vinte dias de armazenamento para frutos irradiados com dose de 150 Gy também pode estar relacionado com o amadurecimento dos frutos, uma vez que ocorre aumento da forma polimérica, enquanto em menor maturação a quantidade da forma dímera é maior, por isso o sabor adstringente em alguns frutos<sup>6,17</sup>. A redução para 77,57 mg.100 g<sup>-1</sup> para esses mesmos frutos no final do armazenamento pode ser justificada pela transformação dos fenólicos em outros compostos relacionados com a pigmentação.

### 3.3 Atividades das enzimas polifenoloxidase e poligalacturonase

A atividade da enzima polifenoloxidase apresentou um comportamento semelhante para todas as doses durante o armazenamento, no entanto, frutos irradiados apresentaram maior atividade durante todo armazenamento (Figura 3a), com diferença significativa na média geral dos três intervalos avaliados ao ser comparado com valor de 32,60 U.g<sup>-1</sup>/min para frutos com dose de 150 Gy e de 27,78 U.g<sup>-1</sup>/min para



**Figura 2.** Valores médios das pectinas solúveis (a), pectinas totais (b) e fenólicos da forma polimérica (c) em abacaxi submetido a diferentes doses de radiação gama e armazenado durante dez, vinte e trinta dias sob temperatura de 12 °C (±1) e 85% (±5) de UR. Estatística: a) tempo: F = 12,17\*\*, dose: F = 0,32 ns; b) tempo x dose: F = 4,04\*; e c) tempo: F = 10,75\*\*, dose: F = 0,47 ns. ns = não significativo; \* = significativo a 5%; e \*\* = significativo a 1% pelo teste de Tukey).

frutos controle. Esses resultados não podem ser atribuídos ao estado de maturação dos frutos, uma vez que esses estavam com maturação aparentemente menor até vinte dias de armazenamento, mas sim ao efeito direto da radiação ionizante sobre essa enzima.

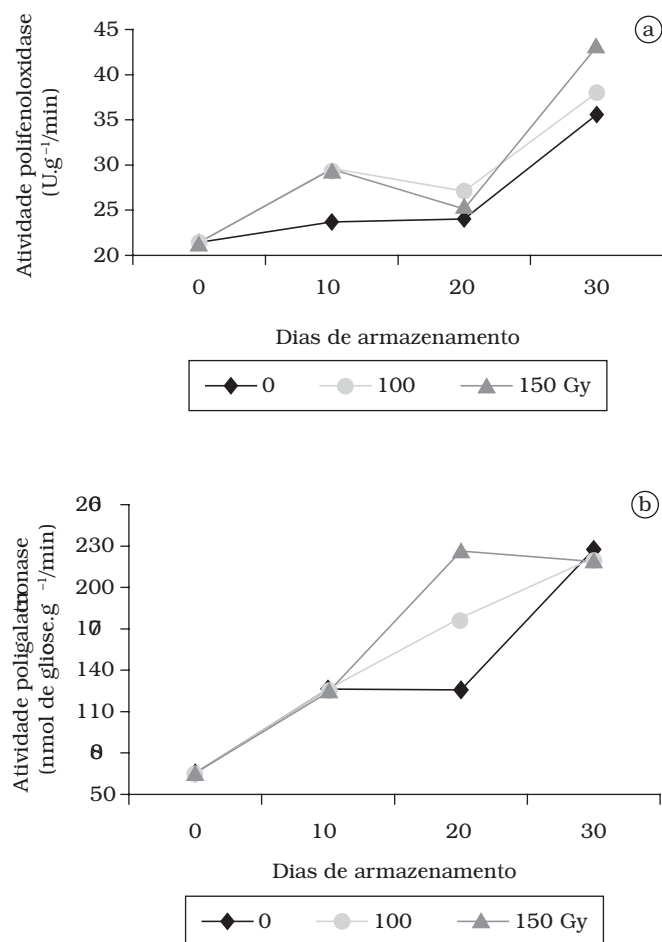
Aumento da atividade na ordem de 40, 44 e 50% foi encontrado nos frutos controle e irradiados com doses de 100 e 150 Gy, respectivamente, entre o ponto de colheita e após trinta dias de armazenamento. O que pode ter contribuído para uma maior deterioração da aparência interna dos frutos

quanto ao aparecimento de manchas escuras na polpa no final do experimento<sup>25</sup>.

A enzima poligalactoranase apresentou aumento considerável da atividade com o tempo de armazenamento para todas as doses estudadas (Figura 3b). Esse resultado tem sido associado com a maturação e redução da consistência da polpa devido à ação dessa enzima na degradação da parede celular<sup>1</sup>, o que também foi observado no presente trabalho.

Embora com vinte dias de armazenamento frutos irradiados apresentassem aspecto visual com estágio de maturação inferior à amostra controle, atividades bem maiores foram encontradas nesses frutos, com diferenças significativas entre todas as doses.

Valores da atividade de 65 para 226 nmol de glicose produzida por grama de matéria fresca durante um minuto de incubação entre os intervalos do ponto de colheita e vinte dias de armazenamento foram encontrados nos frutos com dose de 150 Gy, o que representou um aumento de 71%.



**Figura 3.** Valores médios das atividades das enzimas Polifenoloxidase (a) e poligalactoranase (b) em abacaxi submetido a diferentes doses de radiação gama e armazenado durante dez, vinte e trinta dias sob temperatura de 12 °C. a) tempo: F = 35,05\*\*, dose: F = 4,33\*; b) tempo x dose: F = 8,08\*\*. \* = significativo a 5%; e \*\* = significativo a 1% pelo teste de Tukey).

As maiores atividades encontradas no período de trinta dias nos frutos controle e irradiados com dose de 100 Gy se mostraram significativos para os demais períodos estudados, enquanto que nos frutos com dose de 150 Gy a diferença foi só para o período de dez dias.

#### 4 Conclusões

Em resumo, os resultados encontrados neste trabalho permitem as seguintes conclusões:

- As diferentes doses estudadas tiveram influências significativas apenas nas análises de açúcares totais e atividades das enzimas polifenoloxidase e poligalactoranase; e
- Observados do ponto de vista da conservação do amadurecimento e da qualidade do fruto, a dose de 100 Gy e o período de vinte dias de armazenamento obtiveram os melhores resultados.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo apoio financeiro para a realização do presente trabalho; ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP; e à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/Universidade de São Paulo – USP, pela oportunidade de realização da pesquisa.

#### Referências bibliográficas

1. AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993.
2. BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, n. 2, p. 484-489, 1973.
3. CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESALQ, FAEP, 1990.
4. CUNHA, G. A. P. Abacaxi on-line. **Toda Fruta**, edição de 17 de dez. de 2003. Disponível em [http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=4859](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=4859). Acesso em junho de 2006.
5. FRANK, R. Exportadores brigam por versão superior e supostamente patenteada da fruta. **Toda Fruta**, edição de 07 de nov. De 2003. Disponível em [http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=4555](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=4555). Acesso em: 12 de dez. 2004.
6. GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v. 2, n. 4, p. 371-383, 1963.
7. GOMES, F. P. **Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002.
8. HAYASHI, T.; KAWASHIMA, K. Effect of irradiation on the carbohydrate metabolism responsible for sucrose accumulation in potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 33, n. 1, p. 14-17, 1985.
9. JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic enzymes in sweet Bell Peppers (*Capsicum annum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 9, n. 4, p. 1045-1087, 1984.
10. JESSUP, A. J.; RIGNY, C. J.; WILLS, P. A. Effects of gamma irradiation combined with hot dipping on quality of "Kensington

- Pride" mangoes. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 5, p. 1486-1489, 1988.
11. LIMA, V. L. G.; MELO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 447-450, 2002.
  12. LODGE, N.; HOGG, M. G.; FLETCHER, G. C. Gamma-irradiation of frozen kiwifruit pulp. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, n. 5, p. 1224-1226, 1985.
  13. MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isosymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 13, n. 6, p. 1091-1101, 1972.
  14. McCREADY, P. M.; McCOMB, E. A. Extration and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.
  15. MORAES, L. C. Irradiação de alimentos. **Alimentos & Tecnologia**, São Paulo, v. 14, n. 87, p. 34-36, 2000.
  16. MOY, J. H. Potential of gamma radiation of fruits: A review. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 12, n. 5, p. 449-457, 1977.
  17. NASCIMENTO, L. M.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Fisiologia pós colheita de frutos de quatro cultivares de ameixeira (*Prunus* sp.) armazenados em diferentes condições. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 155-171, 1990.
  18. OUFEDJIKH, H. et al. The influence of gamma irradiation on flavonoïds content during storage of irradiated clementina. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 52, n. 1-6, p. 107-112, 1998.
  19. PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Separation and characterization the exopoligalacturonase and endopoligalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, Rockville, v. 52, n. 2, p. 252-256, 1973.
  20. REINHARDT, D. H. R.; MEDINA, V. M. Crescimento e qualidade do fruto do abacaxi cvs. Pérola e Smooth Cayenne. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 435-447, 1992.
  21. REINHARDT, D. H., SOUZA, L. F.; CABRAL, J. R. S. **Abacaxi: Aspectos técnicos da Produção**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2000. 77 p.
  22. SOUTHGATE, D. A. T. **Determination of food carbohydrates**. London: Elsevier Applied Science, 1991. 232 p.
  23. VELIOGLU, Y. S. et al. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, n.10, p. 4113-4117, 1998.
  24. ZHOU, M.; MOY, J.; PAUL, R. E. Effect of gamma-irradiation on ripening papaya pectin. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 8, n. 3, p. 209-222, 1996.
  25. ZHOU, Y. et al. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. **Food Chemistry**, Champaign, v. 80, n. 4, p. 565-572, 2003.