



Conservação de goiabas 'Pedro Sato' minimamente processadas e irradiadas¹

Conservation guavas 'Pedro Sato' minimally processed and irradiated

André José de Campos^{2*}, Érika Fujita³, Maria Rosa de Moraes⁴, Leandro Camargo Neves⁵, Rogério Lopes Vieites⁶, Edvan Alves Chagas⁷

Resumo - O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da irradiação gama associada à atmosfera modificada passiva na conservação refrigerada de goiabas 'Pedro Sato' minimamente processadas. Foram utilizadas goiabas provenientes da região de Vista Alegre do Alto/São Paulo/Brasil. Após a colheita, as goiabas foram imediatamente transportadas ao Laboratório de Frutas e Hortaliças, pertencente ao Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Campus de Botucatu/SP, onde foram mantidas a 10°C e 90-95%UR em câmara frigorífica, por 12 dias. No laboratório, as goiabas foram selecionadas quanto ao tamanho e ausência de defeitos, visando uniformizar o lote e, posteriormente foram cortadas em fatias com 0,5 cm de espessura. Foi utilizado o delineamento inteiramente aleatorizado, com esquema fatorial 5 x 5, com três repetições. O primeiro fator consistiu dos seguintes efeitos: controle 1 (sem embalagem e sem irradiação); controle 2 (embalagem de poliestireno/PS + embalagem de polietileno de baixa densidade/PEBD e sem irradiação); tratamento 1 (PS+PEBD e 0,2kGy); tratamento 2 (PS+PEBD e 0,6kGy) e tratamento 3 (PS+PEBD e 1,0kGy). O segundo fator consistiu dos períodos de avaliação, sendo: 0, 3, 6, 9 e 12 dias. As análises realizadas foram: firmeza, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), índice de maturação, pH, taxa de respiração. Concluiu-se que a menor dose de irradiação associada a atmosfera modificada passiva promoveu efeito positivo nas características físico-químicas da goiaba 'Pedro Sato', proporcionando frutos com maior durabilidade e qualidade, devido a maior manutenção da firmeza de polpa e aos mais elevados valores de pH e sólidos solúveis obtidos. Em relação aos dias de armazenamento, não foi verificado efeito benéfico dos tratamentos no decorrer do armazenamento, principalmente devido à sensibilidade dos frutos submetidos à irradiação gama, onde somente os dias iniciais promoveram os melhores valores para as variáveis estudadas.

Palavras-chave - *Psidium guajava* L. Doses. Gases. Processamento mínimo.

Abstract - The aim of this study was to evaluate the effect of gamma irradiation associated with modified atmosphere in cold storage of guava 'Pedro Sato' minimally processed, checking their physical-chemical characteristics. Were used guavas from the region of Vista Alegre do Alto/São Paulo/Brazil. After harvest, fruits were immediately transported to the Fruit and Vegetables Laboratory from the Agroindustrial Management and Technology Department, Agronomic Sciences College - UNESP - Botucatu / SP, where they were kept at 10 ° C and 90-95% RH in cold storage, for 12 days. In the laboratory, fruits were selected by size and lack of defects in order to standardize the lot and then were cut into slices 0.5 cm thick. We used the completely randomized design, with factorial design 5 x 5, with three replications. The first factor consisted of the following effects: control 1 (without package or irradiation), control 2 (polystyrene package/PS + package low density polyethylene/LDPE and without irradiation), treatment 1 (PS + LDPE and 0.2 kGy), treatment 2 (PS + LDPE and 0.6 kGy) and treatment 3 (PS + LDPE and 1.0 kGy). The second factor consisted of the evaluation periods: 0, 3, 6, 9 and 12 days. The analyses were: firmness, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), maturity index, pH, breathing behavior. In the end of this work it was concluded that the lower dose of radiation associated with modified atmosphere promoted positive effect on physical-chemical characteristics of guava 'Pedro Sato', providing fruits with higher quality and durability, due to higher maintenance of pulp firmness, the highest pH and soluble solids obtained. Regarding the storage days, there were no beneficial effect of the treatments during storage, mainly due to the sensitivity of fruits submitted to gamma irradiation, where only the early days provided better values for the variables.

Key words - *Psidium guajava* L. Doses. Gases. Minimal processing.

*Autor para correspondência.

¹Enviado para publicação em 30/03/2011 e aprovado em 12/04/2011.

²Pós doutorando PNPd/CAPES pela UFRR/CCA, andre_jc@hotmail.com

³Bolsista EXP-A/CNPq pela UFRR/CCA, erikafujita79@hotmail.com

⁴Mestranda em horticultura, UNESP/FCA-Botucatu-SP, mrmoraes@fca.unesp.br

⁵Departamento de fitotecnia do CCA/UFRR, rapelbtu@hotmail.com

⁶Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da UNESP/FCA-Botucatu-SP, vieites@fca.unesp.br

⁷Pesquisador da EMBRAPA-Roraima, echagas@cpafrr.embrapa.br

Introdução

A goiabeira (*Psidium guajava* L.), planta da família das *Myrtaceae*, é originária da América Tropical e cultivada no Brasil desde o Rio Grande do Sul até o Maranhão. Os estados de São Paulo e Pernambuco destacam-se como os maiores produtores. A goiaba apresenta excelentes características organolépticas, elevado valor nutricional, conteúdos de açúcares, ferro, cálcio, fósforo e vitaminas A, B e C superiores à maioria dos frutos e alto rendimento em polpa. Tais características tornam o fruto adequado tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de goiaba, porém a expansão do mercado consumidor de goiaba está condicionada à qualidade dos frutos e ao aumento da vida útil pós-colheita (NEVES, 2009). Sendo considerada como climatérica, apresenta aumento na taxa respiratória e produção de etileno durante o amadurecimento, proporcionando ao fruto alta perecibilidade sob temperatura ambiente (SINGH; PAL, 2008). Os principais aspectos de deterioração envolvem o rápido amolecimento dos frutos, a perda de coloração verde e do brilho da casca, o murchamento e a incidência de podridões dos frutos. Tem como desvantagem ainda a sazonalidade, dificultando a oferta durante o ano inteiro, sendo necessário o emprego de processos de conservação que proporcionem tal durabilidade (REIS, 2007).

O processamento mínimo de frutos é uma das principais técnicas em ascensão no mercado, seguindo a tendência mundial do consumo de produtos *in natura* ou mais próximo possível destes. No entanto, as operações envolvidas na preparação das mesmas, geralmente, são responsáveis pela sua curta vida útil. O dano causado pelo corte ou descascamento é um dos maiores obstáculos na conservação dos produtos minimamente processados. Os tecidos fatiados, cuja superfície de exposição é maior, apresentam maiores taxas de respiração e, conseqüentemente, maiores alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas que o tecido inteiro, sendo necessário nesse caso a conservação sob baixas temperaturas (PORTE; MAIA, 2001).

A temperatura ideal para o armazenamento de goiabas é de aproximadamente 10°C. Abaixo desta temperatura os frutos não amadurecem satisfatoriamente, caracterizando o dano pelo frio. No entanto, estas temperaturas permitem um curto período de armazenamento, pois não ocorre uma grande redução no metabolismo dos frutos, havendo necessidade de se associar a outras técnicas pós-colheita (BRON *et al.*, 2005).

Diversos tratamentos pós-colheita têm sido testados em goiabas, embora muitos sejam eficientes em

retardar a maturação e conservar a qualidade dos frutos, alguns interferem nas características sensoriais do fruto. Outros estendem a vida útil de forma economicamente inexpressiva, ou deixam resíduos químicos (BASSETO, 2002).

A radiação gama, associada com procedimentos pós-colheita tem se mostrado bastante eficiente em prolongar a vida comercial de frutos frescos. Retardam os processos de amadurecimento e senescência, reduzindo o apodrecimento sem provocar alterações significativas em seu aspecto, sabor e qualidade nutritiva (DOMARCO *et al.*, 1996).

Nesse aspecto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da irradiação gama associada à atmosfera modificada passiva na conservação refrigerada de goiabas 'Pedro Sato' minimamente processadas, verificando suas características físico-químicas.

Material e métodos

Foram utilizadas goiabas 'Pedro Sato', provenientes da região de Vista Alegre do Alto/São Paulo/Brasil. Após a colheita, as goiabas foram imediatamente transportadas ao Laboratório de Frutas e Hortaliças, pertencente ao Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Campus de Botucatu/SP, aonde foram mantidas a 10°C e 90-95%UR em câmara frigorífica. No laboratório, as goiabas foram selecionadas quanto ao tamanho e defeitos, visando uniformizar o lote e, posteriormente foram cortadas em fatias com 0,5 cm de espessura, usando material cortante esterilizado para o processamento mínimo.

Os tratamentos, em um total de 25, consistiram da combinação dos seguintes efeitos: controle 1 (sem embalagem e sem irradiação); controle 2 (embalagem de poliestireno (PS) + polietileno de baixa densidade (PEBD) e sem irradiação); tratamento 1 (PS+PEBD e 0,2kGy); tratamento 2 (PS+PEBD e 0,6kGy) e tratamento 3 (PS+PEBD e 1,0kGy) a cinco períodos de avaliação (0, 3, 6, 9 e 12 dias). A radiação gama foi aplicada após o acondicionamento dos frutos nas embalagens e, no mesmo dia da instalação do experimento. As goiabas minimamente processadas, após serem submetidas aos tratamentos, foram armazenadas em câmara frigoríficas, a 10±1°C e 90-95% de UR, durante o período de 12 dias. A parcela consistiu de três goiabas.

Variáveis:

Firmeza - foi determinada pelo uso do texturômetro (STEVENS – LFRA texture analyser) com a distância de penetração de 15 mm e velocidade de 2,0 mm/seg.,

utilizando-se o ponteiro TA 9/1000. Procedendo-se a leitura em lados opostos da seção equatorial dos frutos, sendo que o valor obtido para se determinar a firmeza em cN (centinewton) foi definido como a máxima força requerida para que uma parte do ponteiro penetre na polpa do fruto.

Sólidos solúveis (SS) - foi realizada através da leitura refratométrica direta, em graus Brix, com refratômetro tipo Palette de marca ATAGO PR-32, conforme recomendação do IAL (2008);

Acidez titulável (AT) - o conteúdo de acidez titulável, expresso em gramas de ácido cítrico por 100 gramas de polpa, foi determinado através da titulação de massa conhecida de polpa homogeneizada e diluída com água destilada ou bidestilada, com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 M, tendo como indicador a fenolftaleína, seguindo a recomendação do IAL (2008);

Índice de maturação - foi determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (IAL, 2008);

pH - foi realizado por potenciometria utilizando-se o potenciômetro Analyser, modelo pH 300, conforme recomendação do IAL (2008);

Taxa de Respiração - A determinação da taxa de respiração foi efetuada de forma indireta, pela medida do CO₂ liberado, de acordo com metodologia adaptada de Bleinroth *et al.* (1976). Onde a taxa respiratória foi calculada pela seguinte fórmula:

$$T_{CO_2} = 2,2.(B-A).V_1/P.T.V_2, \text{ onde:}$$

T_{CO_2} = taxa de respiração em ml de CO₂.kg de fruto⁻¹.hora⁻¹; B = volume gasto em ml de HCl padronizado para a titulação de Hidróxido de Potássio – padrão antes da absorção de CO₂; A = volume gasto em ml de HCl padronizado para a titulação de Hidróxido de Potássio após

a absorção do CO₂ da respiração; V₁ = volume de hidróxido de potássio usado na absorção de CO₂ (mL); P = peso dos frutos (kg); T = tempo das reações metabólicas (hora); V₂ = volume de hidróxido de potássio utilizado na titulação (mL); 2,2 = devido ao equivalente do CO₂ (44/2), multiplicado pela concentração do ácido clorídrico a 0,1 N.

Delineamento estatístico:

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 5 x 5 (tratamento x tempo), três repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05).

Resultados e discussão

Em relação a firmeza de polpa das goiabas ‘Pedro Sato’ minimamente processadas, visualizada na Tabela 1, observou-se interação significativa entre os fatores estudados. Para as médias das doses de irradiação dentro dos períodos de análise (0, 3, 6, 9 e 12 dias), observou-se que para o dia inicial e o sexto dia foi observada significância entre as médias, fato esse não observado nos demais dias, sendo o contrário do observado por Oliveira *et al.* (2006).

No dia zero, o tratamento controle mostrou as maiores médias dessa variável, diferindo dos tratamentos 0,6 kGy + AM e 1,0 kGy + AM, mas não diferindo dos demais. Para o 6º dia de análise, o tratamento 0,2 kGy + AM proporcionou as maiores médias de firmeza de polpa, diferindo estatisticamente apenas do controle + AM. O tratamento 0,2 kGy + AM proporcionou as maiores médias de firmeza de polpa ao longo do período experimental, sendo esse o tratamento que demonstrou os frutos minimamente processados mais firmes e com melhor aceitação ao final do armazenamento. Sendo diferente do encontrado por Oliveira *et al.* (2006) e Pimentel (2007), que observou que

Tabela 1 - Variação média de Firmeza de Polpa (cN) em goiabas ‘Pedro Sato’, minimamente processadas, irradiadas com Cobalto 60 e armazenados à 10±1°C e 90-95% UR, por 12 dias. Boa Vista, UFRR, 2010

Tratamentos	Firmeza de Polpa (cN)					Média
	controle	controle + AM	0,2 kGy + AM	0,6 kGy + AM	1,0 kGy + AM	
0 dia	151,58 Aa	111,08 Aabc	129,17 Aab	89,33 Abc	68,17 Ac	109,87
3 dias	46,22 BCa	33,11 Ba	47,94 BCa	73,50 Aa	37,28 Aba	47,61
6 dias	51,94 Bab	21,61 Bb	74,05 Ba	45,94 ABab	46,39 ABab	47,99
9 dias	0,00 Ca	10,61 Ba	15,61 Ca	18,94 Ba	24,00 Aba	13,83
12 dias	0,00 Ca	0,00 Ba	14,89 Ca	15,44 Ba	14,89 Ba	9,04
Média	49,95	35,28	56,33	48,63	38,14	

Letras minúsculas comparam médias de doses de irradiação gama para cada dia de análise (linha); Letras maiúsculas comparam médias de dias de análise para cada dose de irradiação gama (coluna); Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

todas as doses de irradiação gama testadas promoveram redução na firmeza das goiabas 'Pedro Sato' durante o armazenamento. A perda de firmeza dos frutos pode ser devido à atividade das enzimas hidrolíticas, como a poligalacturonase e pectinametilesterase, que promovem intensa solubilização das pectinas constituintes da parede celular (JAIN *et al.*, 2001).

Analisando as médias dos dias de análise dentro das doses de irradiação, observou-se a constante redução da firmeza de polpa até o final do período experimental para todos os tratamentos analisados, exceção apenas entre o 3º e 6º dia para os tratamentos controle, 0,2 kGy + AM e 1,0 kGy + AM.

Durante o armazenamento o dia inicial proporcionou as maiores médias dessa variável diferindo estatisticamente dos demais dias, exceção somente para os tratamentos 0,6 kGy + AM e 1,0 kGy + AM, onde essa diferença ficou apenas para com os últimos dias de análise. Fato semelhante observado por Cavalini (2004), onde trabalhando com goiabas 'Kumagai' e 'Paluma', verificou queda da firmeza das goiabas durante os estádios de maturação do fruto. Nesse sentido, acredita-se que essa redução seja, provavelmente, devido ao processo natural de amadurecimento dos frutos.

O tempo de armazenamento e as doses de irradiação afetam significativamente a firmeza dos frutos. Com o aumento do armazenamento, ocorre perda na firmeza (MAHARAJ *et al.*, 1999). O processo de amadurecimento envolve mudanças que poderiam influenciar o desenvolvimento de doenças e o aumento a suscetibilidade dos frutos e vegetais durante o amadurecimento: frutos exibindo avançada maturidade, associada com uma redução na firmeza, resulta em alta suscetibilidade a podridões no armazenamento (ECKERT, 1978), fato esse observado neste experimento.

Na Tabela 2, referente à acidez titulável, observou-se a interação significativa entre os fatores doses x tempo. Com relação às médias das doses de irradiação gama dentro dos dias de análise, verificou-se a ocorrência de diferença estatística significativa no 0º, 9º e 12º dia de análise. No dia inicial, o tratamento controle proporcionou a maior média para essa variável em relação ao 1,0 kGy + AM, não diferindo dos demais tratamentos aplicados.

Para o nono dia de análise, o tratamento 0,6 kGy + AM evidenciou as maiores médias diferenciando significativamente apenas do controle, devido ao estado avançado de senescência observado no tratamento sem irradiação e sem atmosfera modificada, e, no caso do 12º dia, os frutos irradiados obtiveram as maiores médias de acidez titulável, diferindo dos frutos não irradiados por terem sido descartados. Esse descarte ocorreu devido ao estágio avançado de senescência e ao grande índice de doenças fúngicas encontradas nos frutos não irradiados minimamente processados. Esses resultados discordam do encontrado por Pimentel (2007) onde trabalhando com goiabas 'Pedro Sato' verificou que a irradiação gama não causou alteração na acidez titulável. A acidez titulável foi avaliada como indicador adicional do estágio de amadurecimento do fruto para cada tratamento. A diminuição da acidez ocorre devido à utilização do ácido cítrico como substrato respiratório, fato observado neste experimento.

Para as médias dos dias de análise nas doses de irradiação gama, observou-se a ocorrência de diferença estatística em todos os tratamentos, exceção somente para o 0,6 kGy + AM onde não foi verificada essa significância. Para o tratamento controle, o 6º dia de análise evidenciou os maiores valores de acidez titulável diferindo do 3º, 9º e 12º dias de avaliação. No caso do controle + AM, o terceiro dia propiciou os maiores valores diferenciando dos dois últimos dias de armazenamento. Em relação aos

Tabela 2 - Variação média de Acidez Titulável (g ácido cítrico 100g-1 p.f.) em goiabas 'Pedro Sato', minimamente processadas, irradiadas com Cobalto 60 e armazenados à 10±1°C e 90-95% UR, por 12 dias. Boa Vista, UFRR, 2010

Tratamentos	Acidez Titulável (g ácido cítrico 100g-1 p.f.)					Média
	controle	controle + AM	0,2 kGy + AM	0,6 kGy + AM	1,0 kGy + AM	
0 dia	0,86 ABa	0,79 ABab	0,81 ABab	0,75 Aab	0,65 Bb	0,77
3 dias	0,82 Ba	0,93 Aa	0,85 ABa	0,89 Aa	0,80 ABa	0,86
6 dias	1,03 Aa	0,89 ABa	0,94 Aa	0,90 Aa	0,90 Aa	0,93
9 dias	0,00 Cb	0,74 Ba	0,74 Ba	0,75 Aa	0,74 ABa	0,59
12 dias	0,00 Cb	0,00 Cb	0,77 ABa	0,77 Aa	0,77 ABa	0,46
Média	0,54	0,67	0,82	0,81	0,77	

Letras minúsculas comparam médias de doses de irradiação gama para cada dia de análise (linha); Letras maiúsculas comparam médias de dias de análise para cada dose de irradiação gama (coluna); Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. [letters compare mean Gamma doses for each day of analysis (line)]; [Capital letters compare mean of analysis days for each dose of Gamma (column)]; [Means followed by same letter do not differ significantly, at 5% probability, by Tukey test].

tratamentos 0,2 kGy + AM e 1,0 kGy + AM, o sexto dia de análise mostrou as maiores médias de acidez titulável diferindo do 9º e do dia inicial, respectivamente.

Um fato importante ocorrido, nas condições deste experimento, foi o aumento dos valores médios de acidez titulável até o sexto dia analisado, seguido de queda até o final do período experimental. Esse aumento até o sexto dia esta relacionado a variabilidade dos frutos usados na repetição, mas a queda observada dos valores médios de acidez titulável até o final do experimento pode ser explicado porque ao passo que o fruto amadurece ocorre degradação dos ácidos orgânicos. Esses resultados corroboram com Carvalho (1999) e Giannoni (2000), que observaram aumento na acidez titulável em goiabas armazenadas sob refrigeração.

Os valores médios de acidez titulável obtidos neste experimento encontraram-se na faixa entre 0,65 a 1,03 g ácido cítrico 100g⁻¹ p.f., sendo superiores aos encontrados por Silva *et al.* (2009), que relataram valores entre 0,50 e 0,53 g ácido cítrico 100g⁻¹ p.f. para a cultivar ‘Paluma’, e próximos aos encontrados por Evangelista e Vieites (2006), que verificaram valores entre 0,28 a 0,86 g ácido cítrico 100g⁻¹ p.f. para polpa congelada de goiaba. Dados esses semelhantes ao verificado por Lima *et al.* (2001) que caracterizando frutos de goiabeira, acharam uma acidez variando de 0,40 a 1,04 g ácido cítrico 100g⁻¹ p.f..

De acordo com a Tabela 3, referente ao pH, observou-se que houve interação significativa entre os fatores doses x tempo. As médias das doses de irradiação gama dentro dos dias de análise permitiram verificar a ocorrência de diferença significativa somente no 9º e 12º dias de análise, não sendo observada diferença para os demais dias.

Para o 9º dia, os tratamentos 0,2 kGy +AM e 0,6 kGy + AM proporcionaram as maiores médias de pH

diferindo apenas do controle. No 12º dia de avaliação, a maior dose de irradiação aplicada, 1,0 kGy + AM, evidenciou os maiores valores diferindo dos frutos não irradiados. Discordante do observado por Oliveira *et al.* (2006), onde não verificaram efeito significativo entre os tratamentos com irradiação gama para goiaba ‘Kumagai’, sendo diferente também do relatado por Pimentel (2007) onde verificou que a irradiação não causou alteração no pH das goiabas ‘Pedro Sato’.

Em relação às médias dos dias de análise nas doses de irradiação gama, observou-se diferença estatística significativa para todos os tratamentos aplicados. Para os tratamentos controle e controle + AM, o dia inicial e o 6º dia, respectivamente, evidenciaram os maiores valores de pH diferindo dos dois últimos dias de análise. No caso dos tratamentos 0,2 kGy + AM e 1,0 kGy + AM, o 6º dia propiciou as maiores médias desse parâmetro em relação ao 9º dia de avaliação, mas não diferindo dos demais dias.

Para o 0,6 kGy + AM, o dia inicial mostrou os maiores valores de pH, diferindo somente do 9º dia. Nesse aspecto, durante o armazenamento, foi observado redução dos valores de pH para todos os tratamentos do início até os últimos dias de avaliação. Esse efeito verificado no potencial hidrogeniônico dos frutos minimamente processados pode ser indesejável quando observamos aumento da acidez e conseqüentemente redução no índice de maturação dos mesmos, mas benéfico quando analisado como importante fator de restrição ao crescimento microbiano, fato não observado para os frutos não irradiados.

Em relação ao parâmetro sólidos solúveis das goiabas ‘Pedro Sato’, verificada na Tabela 4, observou-se interação significativa entre os fatores doses de irradiação x dias de análise. Para as médias das doses de irradiação dentro dos dias de análise, observou-se a ocorrência de diferença significativa entre as médias desse parâmetro

Tabela 3 - Variação média de pH em goiabas ‘Pedro Sato’, minimamente processadas, irradiadas com Cobalto 60 e armazenadas à 10±1°C e 90-95% UR, por 12 dias. Boa Vista, UFRR, 2010

Tratamentos	pH					Média
	controle	controle + AM	0,2 kGy + AM	0,6 kGy + AM	1,0 kGy + AM	
0 dia	3,97 Aa	3,88 Aa	3,91 Aa	3,91 Aa	3,86 Aa	3,91
3 dias	3,87 Aa	3,88 Aa	3,85 ABa	3,84 ABa	3,87 Aa	3,86
6 dias	3,85 Aa	3,90 Aa	3,92 Aa	3,88 Aa	3,90 Aa	3,89
9 dias	0,00 Bb	3,71 Ba	3,72 Ba	3,72 Ba	3,68 Ba	2,97
12 dias	0,00 Bb	0,00 Cb	3,84 ABa	3,83 ABa	3,87 Aa	2,31
Média	2,33	3,07	3,85	3,84	3,84	

Letras minúsculas comparam médias de doses de irradiação gama para cada dia de análise (linha); Letras maiúsculas comparam médias de dias de análise para cada dose de irradiação gama (coluna); Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 4 - Variação média de Sólidos Solúveis (°Brix) em goiabas 'Pedro Sato', minimamente processadas, irradiadas com Cobalto 60 e armazenados à 10±1°C e 90-95% UR, por 12 dias. Boa Vista, UFRR, 2010

Tratamentos	Sólidos Solúveis (°Brix)					Média
	controle	controle + AM	0,2 kGy + AM	0,6 kGy + AM	1,0 kGy + AM	
0 dia	10,10 Ba	9,90 Aa	10,00 ABa	9,90 Aa	9,57 Aa	9,89
3 dias	12,87 Aa	9,00 Ab	9,53 ABb	9,13 Ab	9,50 Ab	10,01
6 dias	13,53 Aa	8,67 Ab	8,57 Bb	8,60 Ab	9,07 Ab	9,69
9 dias	0,00 Cb	9,73 Aa	9,50 ABa	9,80 Aa	9,87 Aa	7,78
12 dias	0,00 Cb	0,00 Bb	10,43 Aa	10,00 Aa	9,77 Aa	6,04
Média	7,30	7,46	9,61	9,49	9,55	

Letras minúsculas comparam médias de doses de irradiação gama para cada dia de análise (linha); Letras maiúsculas comparam médias de dias de análise para cada dose de irradiação gama (coluna); Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

para todos os dias de avaliação, com exceção apenas para o dia inicial. No 3° e 6° dias, o tratamento controle mostrou as maiores médias desse parâmetro, diferindo dos demais tratamentos.

Para o 9° dia de análise, o tratamento 1,0 kGy + AM proporcionou as maiores médias de sólidos solúveis, diferindo apenas do controle. Com relação ao 12° dia, o tratamento 0,2 kGy + AM propiciou as maiores médias de sólidos solúveis diferindo dos tratamentos não irradiados, mas não dos demais tratamentos. Nesse contexto, observou-se que o 0,2 kGy + AM evidenciou as maiores médias, sendo o melhor tratamento para a variável sólidos solúveis no decorrer do período experimental, diferindo dos tratamentos controle e controle + AM. Diferindo do relatado por Oliveira *et al.* (2006), onde observaram que os frutos tratados com as menores doses de radiação propiciaram os menores valores desse parâmetro no início do período experimental. Este aumento dos valores médios é devido a perda de água por transpiração dos frutos armazenados, onde os tratamentos que sofreram a aplicação da irradiação + atmosfera modificada conseguiram manter a qualidade do fruto por mais tempo, em comparação aos frutos controle, evitando a perda de água das goiabas 'Pedro Sato'.

Analisando as médias dos dias de análise dentro das doses de irradiação, observou-se a ocorrência de diferença estatística nos tratamentos controle, controle + AM e 0,2 kGy + AM, não sendo verificada tal ocorrência nos demais tratamentos. Para o tratamento controle, o 6° dia de análise proporcionou as maiores médias em comparação aos demais dias, mas não diferindo do terceiro dia. No caso do tratamento controle + AM, o dia inicial diferiu estatisticamente somente do último dia, mostrando as maiores médias desse parâmetro.

E para o 0,2 kGy + AM, o 12° dia de avaliação evidenciou as maiores médias diferenciando do sexto

dia, onde foram observados os menores valores. Nesse aspecto, verificou-se redução dos valores médios de sólidos solúveis do 3° dia até o final do experimento. Essa redução ocorre porque os frutos utilizam os açúcares no processo de respiração promovendo uma diminuição do teor de sólidos solúveis (ALI; LAZAN, 1997), fato esse observado também por Mattiuz e Durigan (2003) e Pimentel (2007), que verificaram esse comportamento em goiabas 'Pedro Sato'.

Os valores médios de sólidos solúveis encontrados nesse experimento situam-se entre 8,57 a 13,53 °Brix, sendo valores superiores aos encontrados por Silva *et al.* (2009), onde observaram valores entre 8,18 a 8,89 °Brix para a cultivar 'Paluma' e Azzolini *et al.* (2004), que relataram valores na faixa de 7,60 °Brix para a cultivar 'Pedro Sato'.

Observando a Tabela 5, referente a Taxa Respiratória dos frutos, verificou-se que houve interação significativa entre os fatores doses de irradiação x dias de análise. Analisando-se as médias das doses de irradiação gama dentro dos dias de análise, observou-se interação significativa para todos os dias avaliados, exceção feita apenas para o 3° e 6° dias. Para o dia inicial, o tratamento 0,2 kGy + AM diferiu do 0,6 kGy + AM, mostrando as maiores médias desse parâmetro. No 3° dia, ocorreu o pico climático em todos os tratamentos, exceção apenas para o controle + AM que evidenciou esse fato no sexto dia; nesse mesmo dia o tratamento 0,6 kGy + AM mostrou as maiores taxas respiratórias diferindo de todos os tratamentos.

Para o 9° dia de análise, o tratamento controle + AM propiciou as maiores médias diferindo apenas do controle. Nesse aspecto, o tratamento 0,6 kGy + AM evidenciou as maiores médias durante todo o experimento. Esses resultados corroboram com o observado por Pimentel (2007), onde trabalhando com goiabas 'Pedro Sato' verificaram que os frutos irradiados

Tabela 5 - Variação média da Taxa Respiratória (mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) em goiabas ‘Pedro Sato’, minimamente processadas, irradiadas com Cobalto 60 e armazenados à 10±1°C e 90-95% UR, por 12 dias. Boa Vista, UFRR, 2010

Tratamentos	Taxa Respiratória (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)					Média
	controle	controle + AM	0,2 kGy + AM	0,6 kGy + AM	1,0 kGy + AM	
0 dia	25,14 Aab	26,52 Aab	35,14 Ba	14,23 CDb	21,93 BCab	24,59
3 dias	39,53 Ad	37,89 Ad	78,83 Ac	141,05 Aa	120,53 Ab	83,56
6 dias	27,66 Aa	44,66 Aa	43,75 Ba	44,91 Ba	28,61 Ba	37,92
9 dias	0,00 Bb	35,22 Aa	31,02 Ba	28,80 BCa	28,04 Ba	24,61
12 dias	0,00 Ba	0,00 Ba	7,04 Ca	4,09 Da	3,89 Ca	3,00
Média	18,46	28,86	39,15	46,61	40,60	

Letras minúsculas comparam médias de doses de irradiação gama para cada dia de análise (linha); Letras maiúsculas comparam médias de dias de análise para cada dose de irradiação gama (coluna); Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

produziram significativamente mais gás carbônico que os não irradiados. Este aumento da taxa respiratória dos frutos irradiados observado nesse experimento foi um dos motivos para a antecipação do amadurecimento das goiabas, evidenciado pela rápida perda de firmeza em comparação aos frutos não irradiados. Thomas (1986) descreve que este aumento da taxa de respiração depois da radiação gama é uma resposta fisiológica do fruto para fornecer energia necessária para o reparo das lesões causadas pela irradiação.

Para as médias dos dias de análise nas doses de irradiação gama, foi observado pico de respiração dos frutos no 3º dia de análise para todos os tratamentos, exceção apenas para o tratamento controle + AM onde o pico ocorreu no sexto dia. Esse pico observado no terceiro dia de avaliação foi confirmado após análise das médias gerais dos dias de análise. Os dados observados nesse experimento mostram padrão típico dos frutos climatéricos, por evidenciar a fase pós-climatérica, ou seja, decréscimo da taxa respiratória que corresponde

ao início da senescência dos frutos, fase essa que ocorre logo após o climatério (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Diferente do relatado por Cavalini (2004), onde verificou aumento da atividade respiratória para todos os estádios de maturação da goiaba ‘Kumagai’.

Na Tabela 6, referente ao índice de maturação dos frutos, observou-se a interação significativa entre os fatores doses de irradiação gama x dias de análise. Com relação às médias das doses de irradiação gama dentro dos dias de análise, verificou-se a ocorrência de diferença estatística durante todo o período experimental, exceção somente para o dia inicial onde não foi observada essa diferença.

Para o 3º e 6º dias, o controle evidenciou as maiores médias desse parâmetro, diferindo dos demais, fato esse relacionado aos maiores teores de sólidos solúveis encontrados. No 9º dia, o tratamento 1,0 kGy + AM propiciou maiores índices de maturação para os frutos, diferindo somente dos frutos controle; essa diferença ocorreu devido os frutos controle terem sido descartados

Tabela 6 - Variação média do índice de maturação em goiabas ‘Pedro Sato’, minimamente processadas, irradiadas com Cobalto 60 e armazenados à 10±1°C e 90-95% UR, por 12 dias. Boa Vista, UFRR, 2010

Tratamentos	Índice de Maturação					Média
	controle	controle + AM	0,2 kGy + AM	0,6 kGy + AM	1,0 kGy + AM	
0 dia	11,90 Ba	12,56 Aa	12,50 ABa	13,63 Aa	15,02 Aa	13,12
3 dias	15,81 Aa	9,75 Ab	11,29 ABb	10,29 ABb	11,96 ABb	11,82
6 dias	13,59 ABa	9,80 Ab	9,15 Bb	9,62 Bb	10,18 Bab	10,47
9 dias	0,00 Cb	13,12 Aa	12,78 Aa	13,16 ABa	13,41 ABa	10,49
12 dias	0,00 Cb	0,00 Bb	13,59 Aa	13,04 ABa	12,62 ABa	7,85
Média	8,26	9,05	11,86	11,95	12,64	

Letras minúsculas comparam médias de doses de irradiação gama para cada dia de análise (linha); Letras maiúsculas comparam médias de dias de análise para cada dose de irradiação gama (coluna); Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

pelo aparecimento de podridão fúngica sobre as fatias da goiaba minimamente processada. O descarte dos frutos ocorreu também no último dia de avaliação, onde as goiabas não irradiadas foram eliminadas, promovendo diferença estatística em relação às goiabas irradiadas, sendo que o tratamento 0,2 kGy + AM propiciou as maiores médias desse parâmetro, observando interação positiva entre as doses e a variável estudada.

Para as médias dos dias de análise dentro das doses de irradiação gama, observou-se a ocorrência de diferença estatística em todos os tratamentos testados. No tratamento controle, o terceiro dia propiciou as maiores médias diferindo dos demais dias, com exceção somente para o 6º dia de análise. Para o controle + AM, o penúltimo dia de avaliação diferiu apenas do último dia, mostrando os maiores índices de maturação.

No caso do tratamento 0,2 kGy + AM, o 12º dia evidenciou as maiores médias, sendo significativo quando comparado ao 6º dia. Em relação aos tratamentos 0,6 kGy + AM e 1,0 kGy + AM, o dia inicial proporcionou os maiores índices de qualidade dos frutos, ocorrendo queda deste parâmetro até o sexto dia. Essa queda se estendeu até o final do período, sendo verificada significância entre o dia inicial e os demais dias, exceto para o 3º dia. Nas condições que foram instaladas esse experimento, foi possível constatar a oscilação dos valores médios para esse parâmetro, sendo similar ao observado por Oliveira *et al.* (2006), onde verificaram a diminuição do índice de maturação das goiabas 'Kumagai' no decorrer do armazenamento. Os valores médios desse parâmetro se encontram entre 9,15 e 15,81, sendo próximo do valor 16,12 encontrado por Azzolini *et al.* (2004) para goiabas 'Pedro Sato'.

Conclusões

Nas condições que foi instalado o experimento, conclui-se que a menor dose de irradiação associada à atmosfera modificada passiva promoveu efeito positivo nas características físico-químicas da goiaba 'Pedro Sato', proporcionando frutos com maior durabilidade e qualidade, devido a maior manutenção da firmeza de polpa e aos mais elevados valores de pH e sólidos solúveis obtidos. Em relação aos dias de armazenamento, não foi verificado efeito benéfico dos tratamentos no decorrer do armazenamento, principalmente devido à sensibilidade dos frutos submetidos à irradiação gama, onde somente os dias iniciais promoveram os melhores valores para as variáveis estudadas.

Literatura científica citada

- ALI, Z.M.; LAZAN, H. Guava. In: MITRA, S. K. **Postharvest of physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 145-165.
- AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; SPOTO, M. H. F. Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.29-31, 2004.
- BASSETO, E. **Conservação de goiabas "Pedro Sato" tratadas com 1-metilciclopropeno: concentrações e tempos de exposição**. Piracicaba, 2002, 71 f. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP.
- BLEINROTH, E. W.; ZUCHINI, A. G.; POMPEO, R. M. Determinação das características físicas e mecânicas de variedade de abacate e sua conservação pelo frio. **Coletânea ITAL**, Campinas, v.7, n.1, p.29-81, 1976.
- BRON, I. U. et al. Temperature-related changes in respiration and Q10 coefficient of guava. **Scientia Agricola**, 62 (5): 458-463, 2005.
- CARVALHO, H. A. de. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita da goiaba "Kumagai"**. Lavras, 1999. 115 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**, 2 ed., Lavras: Editora UFLA, 2005. 783p.
- CAVALINI, F. C. **Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas 'Kumagai' e 'Paluma'**. 2004, 69f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
- DOMARCO, R. E. *et al.* Inibição do amadurecimento de bananas por radiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.16, n.2, p.137-142, 1996.
- ECKERT, J. W. Pathological diseases of fresh fruits and vegetables. In: MILNER, H. (Ed.). **Postharvest biology and biotechnology**. Westport, Conn.: Food & Nutrition Press, 1978. p.161-175.
- EVANGELISTA, R. M.; VIEITES, R. L. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba congelada, comercializada na cidade de São Paulo. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, p. 76-81, 2006.
- GIANNONI, J. A. **Efeito da radiação gama e do cálcio na conservação pós-colheita da goiaba branca armazenada sob refrigeração**. Botucatu, 2000. 181 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea – São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 1020. versão eletrônica.

- JAIN, N. *et al.* Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava L.*) fruits during ripening. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.23, p. 357-362, 2001.
- LIMA, M. A. C.; ASSIS, J. S.; GONZAGA NETO, L. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do Submédio São Francisco. *Rev. Bras. Frutic.*[online]. 2002, v.24, n.1, pp. 273-276. ISSN 0100-2945. doi: 10.1590/S0100-29452002000100061.
- MAHARAJ, R.; ARUL, J.; NADEAU, P. Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence. **Postharvest Biol. Technol.**, v.15, p.13-23, 1999.
- MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F. Fisiologia e qualidade pós-colheita de goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, submetidas à injúria mecânica por impacto. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.28, n.1, p. 46-50, 2003.
- NEVES, L. C. (Org.). **Manual Pós-Colheita da Fruticultura Brasileira**, Londrina: EDUEL, 2009. 1ed., 494 p.
- OLIVEIRA, A. C. G. de *et al.* Conservação pós-colheita de goiaba branca ‘kumagai’ por irradiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 375-396, jul./dez. 2006.
- PIMENTEL, R. M. A. **Qualidade pós-colheita da goiaba vermelha (*Psidium guajava L.*) submetida ao tratamento quarentenário por irradiação gama**. 2007, 112f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.
- PORTE, A; MAIA, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v.19, p.105-118, 2001.
- REIS, K. C. dos *et al.* Avaliação físico-química de goiabas desidratadas osmoticamente em diferentes soluções. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 781-785, maio/jun., 2007.
- SILVA, E. C.; MAGALHÃES, C. H.; GONÇALVES, R. A. **Obtenção e avaliação de parâmetros físico-químicos da polpa de goiaba (*Psidium guajava L.*), cultivar ‘Paluma’**. In: Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG, 2, **Anais...II Jornada Científica** 19 a 23 de Outubro de 2009.
- SINGH, S. P.; PAL, R. K. Controlled atmosphere storage of guava (*Psidium guajava L.*) fruit. **Postharvest Biol. Technol.**, 47, 296–306, 2008.
- THOMAS, P. Radiation preservation of foods of plant origin. Part V. Temperate fruits: pome fruits, stone fruits, and berries. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.24, n.4, p. 357-400, 1986.