

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

ANDRÉA CRISTINA FIALHO MOLINARI

**Métodos combinados para preservar a qualidade
pós-colheita do mamão 'Golden' tipo exportação**

PIRACICABA

2007

ANDRÉA CRISTINA FIALHO MOLINARI

**Métodos combinados para preservar a qualidade
pós-colheita do mamão ‘Golden’ tipo exportação**

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na
Agricultura da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Energia Nuclear na
Agricultura e no Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Marcos Melges Walder

In memoriam: Profa. Dra. Rachel Elisabeth
Domarco

PIRACICABA

2007

**AUTORIZO A DIVULGAÇÃO E REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA
FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Andréa Cristina Fialho Molinari

Métodos combinados para preservar a qualidade

pós-colheita do mamão 'Golden' tipo exportação

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na
Agricultura da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Energia Nuclear na
Agricultura e no Ambiente.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

A minha mãe Marlinda e a minha irmã Marluce, com amor, admiração e gratidão por sua compreensão, carinho e incansável apoio ao longo do toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço à Deus, por Seu amor, proteção e presença em todos os momentos da minha vida.

Em especial, *in memoriam*, à Profa. Dra. Rachel Elizabeth Domarco pela confiança, pelo apoio, orientação e amizade.

Ao Prof. Júlio Marcos Melges Walder, por sua orientação e compreensão.

À Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Ministério da Ciência e Tecnologia de Portugal, pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

Ao Prof. Dr. Roberto Hermínio Moretti pela orientação na execução dos trabalhos práticos e por colocar a disposição a área experimental e o laboratório do Departamento de Tecnologia de Alimentos, na Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Ao Prof. Dr. Lincoln de Camargo Neves Filho, do Laboratório de Refrigeração (FEA – UNICAMP), por ceder a câmara de refrigeração e laboratório para realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Marta Helena Fillet Spoto, do Departamento de Tecnologia de Alimentos (ESALQ), por ceder o Laboratório de Análises Sensoriais para realização das provas sensoriais.

À Agra Papaya, através do Sr. Roberto Paca e do Eng. Agrônomo Fabrício J. Falchetto, pela doação dos frutos e pelo cuidado especial na seleção dos mesmos.

À Companhia Brasileira de Esterilização S.A – Unidade São Pedro (CBE), em especial à Dra. Gilmara Caseri de Luca e ao Eng. Físico Paulo R. Rela, pela irradiação dos frutos utilizados neste trabalho.

Ao Dr. José Maria Sigrist, Instituto de Tecnologia de Alimentos, pela orientação na escrita do projeto de tese.

Aos colegas e funcionários do CENA e da FEA-UNICAMP pela atenção e orientação recebidas ao longo deste doutorado.

Ao Eng. Agrônomo Paulo Boute e Marluce Boute da Boute Expeditions, pelo apoio financeiro para execução da parte experimental desta tese.

Às minhas amigas Cristina, Filipa, Isabel e Margarida, por sua amizade, carinho e incentivo, que desde meu mestrado têm me acompanhado.

RESUMO

MOLINARI, A. C. F. **Métodos combinados para preservar a qualidade pós-colheita do mamão 'Golden' tipo exportação.** 2007. 128 f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

Com o propósito de avaliar o efeito da combinação de tecnologias de conservação pós-colheita no armazenamento do mamão 'Golden', foram testados os seguintes tratamentos: embalagens de caixas de papelão (CP); CP + embalagem de PEBD - filme de polietileno de baixa densidade com 0,05mm de espessura (PE); CP + PEBD com 0,025m de espessura contendo mineral absorvedor de etileno (PEAbs); radiação gama nas doses de 0,4 kGy e 0,7 kGy; armazenamento refrigerado (10°C e 90% de umidade relativa) por 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 dias. Em cada um destes períodos, as amostras foram colocadas sob condições ambiente por cinco dias para amadurecimento fora das embalagens, simulando a etapa de comercialização do produto. Para avaliar o efeito dos tratamentos sobre a qualidade dos frutos foram estudados os seguintes parâmetros: - no primeiro ensaio experimental, incidência de doenças, cor da casca e perda de turgidez (análise visual); cor da casca e da polpa, perda de peso, firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH, β -caroteno e licopeno; e no segundo ensaio, análise sensorial para as combinações que obtiveram melhores resultados na primeira etapa da pesquisa. A principal causa de descarte de amostras foi incidência de doenças, principalmente a antracnose. As perdas de peso foram maiores nas amostras sem embalagens plásticas. O fator tempo foi a principal causa de variação sobre a firmeza da polpa, havendo interação significativa do mesmo com os tratamentos, embora não tenha havido efeito das combinações quando comparadas entre si. Observou-se efeito significativo ($F = 95\%$) na interação das doses de irradiação (0,4 e 0,7 kGy) com o tempo de armazenamento, na coloração da casca dos mamões, independente do tipo de embalagem utilizado. Os frutos irradiados ao atingirem ao ponto de consumo, apresentavam coloração com maior uniformidade e um amarelo / alaranjado mais característico. Os valores médios variaram de 1,27 a 1,79 $\mu\text{g/ml}$ de polpa para beta-caroteno e de 19,16 a 23,90 $\mu\text{g/ml}$ de polpa para o licopeno, estas substâncias não foram afetadas significativamente (F a 95%) pelos tratamentos ou intervalos de estocagem. O mesmo foi observado para sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH que apresentaram as seguintes médias: 11,53 e 12,20 °Brix, 0,117 e 0,136 g de ácido cítrico/100g de polpa, 4,91 e 5,04, respectivamente. Na avaliação sensorial, os provadores não conseguiram detectar diferenças significativas nas amostras de mamões submetidas as diferentes combinações de tratamentos. Observou-se a ocorrência de sinergismo na combinação das técnicas utilizadas, sendo o maior período total de armazenamento (35 dias) obtido com a utilização do conjunto: caixa de papelão+PEAbs+irradiação a 0,4 kGy, sem perda da qualidade pós-colheita dos frutos. Sendo, portanto, este o tratamento recomendado para os mamões 'Golden' destinados à exportação para países com restrições quarentenárias para mosca das frutas.

Palavras-chave: pós-colheita, *Carica papaya*, armazenamento, embalagem, irradiação γ

ABSTRACT

MOLINARI, A. C. F. **Hurdle technology to preserve the ‘Golden’ papaya postharvest quality.** 2007. 128 l. Thesis (Doctoral) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

With the purpose of evaluating a combination of postharvest techniques on papaya ‘Golden’ storage, the following treatments were investigated: carton boxes packaging (CP); CP + plastic bag of PEBD - low density polyethylene film, with 0.05mm of thickness (PE); CP + PEBD with 0.025mm of thickness impregnated with mineral ethylene scavenger (PEAbs); γ -irradiation (0.4 kGy and 0.7 kGy); and refrigerated storage at 10°C e 90% of relative humidity for 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 days plus five days under environmental conditions to allow ripening and to simulate the product marketing. To evaluate the effects on fruit quality the following measurements were taken: - first experiment, disease incidence, skin color and loss of turgidity (as visual variables); skin and flesh color, weight loss, flesh firmness, total soluble solids, total titratable acidity, pH, lycopene and β -carotene composition; - second experiment, sensorial analysis on samples submitted to the treatments with better results from the first experiment. Postharvest diseases were the main factor responsible for discarding fruits. Percentage of weight loss was higher on papayas stored without plastic packaging. Time affected the flesh firmness ($F = 95\%$). However, there wasn’t influence of the treatments on that parameter. A significant effect on skin color was observed with interaction between irradiation (0.4 and 0.7 kGy) and storage period. Once reached the edible stage, irradiated papayas presented more uniformity on skin color. For β -carotene and Lycopene, the mean values were 1.27 to 1.79 and 19.16 to 23.90 $\mu\text{g/ml}$ of flesh, respectively. But those substances weren’t affected by the combined methods or the time. The same behavior were observed for total soluble solids, total titratable acidity and pH (mean values of 11.53 to 12.20 °Brix, 0.117 to 0.136 g of citric acid/100g of flesh and 4.91 to 5.04, respectively). On sensory evaluation, the judges didn’t get to detect significant differences among papayas submitted to different treatments. A synergism was verified on the techniques combination, with the best results obtained from the association of CP + PEabs + γ -irradiation at 0.4 kGy, which reached a total storage period of 35 days. Thus, that is the posharvest hurdle technology recommend for exporting ‘Golden’ papayas to markets with quarantine restrictions to fruit-flies.

Keywords: postharvest, *Carica papaya*, storage, packaging, γ irradiation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1 Mamão	03
2.2 Pós-Colheita do Mamão	05
<i>2.2.1 Controle Fitossanitário</i>	07
2.3 Tecnologia Pós-Colheita	09
<i>2.3.1 Refrigeração</i>	09
<i>2.3.2 Atmosfera Modificada (AM)</i>	10
<i>2.3.3 Irradiação Gama</i>	13
<i>2.3.4 Associação de Tratamentos</i>	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 Matéria-Prima	17
<i>3.2 Preparação das Amostras</i>	18
<i>3.3 Irradiação Gama</i>	20
<i>3.4 Armazenamento</i>	21
<i>3.5 Avaliação Visual</i>	22
<i>3.6 Determinações Físicas e Químicas</i>	23

<i>3.7 Análise Sensorial</i>	26
<i>3.8 Delineamento Experimental</i>	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Caracterização da matéria prima	27
4.2 Avaliação Visual	28
4.3 Parâmetros Físicos	37
<i>4.3.1 Perda de Peso</i>	37
<i>4.3.2 Cor da Casca</i>	39
<i>4.3.3 Cor da Polpa</i>	41
<i>4.3.4 Firmeza</i>	43
4.4 Parâmetros Químicos	45
<i>4.4.1 Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável e pH</i>	45
<i>4.4.2 Licopeno e β-caroteno</i>	46
4.5 Análise Sensorial	48
5. CONCLUSÕES	49
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
7. REFERÊNCIAS	51
ANEXOS	56

1. INTRODUÇÃO

Características como o formato e fragilidade do fruto, comportamento climatérico, sensibilidade a temperaturas extremas, e suscetibilidade às doenças pós-colheita, fazem com que o mamão seja um produto altamente perecível, com curto período de comercialização. Além disso, a cultura é sujeita ao ataque da mosca-das-frutas, fato que dificulta a exportação para países com restrições quarentenárias. Estes fatores, as grandes distâncias do mercado consumidor e da falta de cuidados especiais no manuseio, transporte e armazenamento, impedem uma maior representatividade do fruto brasileiro no comércio exterior.

Apesar dos obstáculos encontrados na produção e comercialização do mamão, o Brasil é responsável por 29% do fornecimento ao mercado externo, sendo o maior produtor e segundo exportador mundial. Contudo, esta quantidade é muito pequena ao se considerar o potencial produtivo brasileiro. Atualmente, 80% do total das exportações brasileiras de mamão são direcionadas para a Comunidade Européia. Volumes significativos também são vendidos para o Canadá e Estados Unidos (FAO, 2003).

Os mamões do grupo Solo são os preferidos pelo mercado importador devido ao tamanho (peso entre 350 e 550 g), firmeza dos frutos, casca lisa sem manchas externas e, principalmente, às características sensoriais e nutricionais (BALBINO; COSTA, 2003). Uma vez que o Brasil já produz esse mamão, é de extrema importância para o país adotar tecnologias que permitam o controle da mosca-das-frutas, e o atraso do amadurecimento e da senescência deste fruto. Esta iniciativa permitirá conquistar novos mercados, além de

viabilizar o transporte marítimo (4,5 vezes mais baixo quando comparado ao transporte aéreo), que juntamente com o aumento de produtividade alcançado pela cultura nos últimos anos, tornará o preço do mamão brasileiro muito mais competitivo.

Um incremento na exportação brasileira de mamão, não só trará divisas ao país, como implicará em impacto social positivo e direto, por duas razões principais: (1) o mamoeiro produz o ano inteiro, exigindo mão-de-obra constante; e (2) é cultivado em regiões que necessitam reduzir o êxodo rural e promover o desenvolvimento sócio-econômico.

Até o momento, nenhuma das tecnologias aplicadas na conservação de frutos frescos conseguiu, isoladamente, controlar os problemas de armazenamento do mamão sem prejudicar a qualidade do mesmo. É indispensável determinar a combinação de métodos mais adequada à sua preservação, a fim de prolongar a vida pós-colheita e atender as exigências internacionais.

Com a finalidade de aperfeiçoar a aplicação de tecnologias combinadas visando melhorar a conservação do mamão *in natura*, este trabalho investigou a associação de diferentes técnicas de preservação. Juntamente, foram avaliados os efeitos das combinações de tratamentos sobre alguns aspectos bioquímicos e sensoriais de frutos do grupo Solo, variedade Golden. Para compor os vários conjuntos de operações desta pesquisa, foram selecionados: (1) tratamento térmico, a fim de controlar microorganismos, diminuindo a incidência de doenças; (2) embalagens plásticas, para reduzir injúrias causadas pelo frio, atrasar o amadurecimento e evitar re-contaminação; (3) irradiação, para controle quarentenário e retardar o processo de amadurecimento; e (4) refrigeração, a qual auxiliará

na redução da taxa respiratória (diminuindo a velocidade de amadurecimento) e no controle das doenças pós-colheita.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mamão

Pertencente ao grupo Solo, a cultivar Golden se originou através de mutação natural ocorrida em lavoura comercial da variedade ‘Sunrise Solo’ nos anos 90. O ‘Golden’ apresenta características bem distintas do cultivar original, são frutos mais claros, com menor ocorrência de manchas fisiológicas na casca, sabor não tão adocicado, polpa de coloração avermelhada e indícios de vida pós-colheita superior.

Nos itens a seguir, são apresentadas algumas das características físico-químicas e fisiológicas do mamão, não sendo considerada nenhuma variedade em particular; o cultivar Golden é recente, e são poucos os trabalhos científicos de caracterização realizados com seus frutos.

Na Tabela 1 é mostrada a composição química do mamão, a qual pode variar, em função da cultivar, práticas culturais, da fertilidade do solo, da época do ano, do grau de maturação, e de outros fatores.

Tabela 1 - Composição química do mamão, valores mínimos e máximos obtidos em trabalhos realizados por diferentes autores com diversas variedades.

Elementos	Quantidade / 100g de polpa
Calorias	25 – 48
Proteínas	0,39 – 0,81%
Gorduras	0,06 – 0,10%
Fibras	0,58 – 1,02%
pH	5,20 – 6,21
Açúcares Totais	8,42 – 12,60%
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	10,63 – 13,83
Fósforo	13,00 – 23,00 mg
Potássio	21,00 – 109,00 mg
Cálcio	18,00 – 40,90 mg
Magnésio	2,00 – 10,00 mg
Ferro	0,19 – 0,46 mg
Zinco	5,00 mg
Vitamina A	1.093 – 3.100 mg/ml
Tiamina	0,02 – 0,05 mg
Niacina	0,24 – 0,40 mg
Riboflavina	0,03 – 0,04 mg
Ácido ascórbico	35 – 84 mg

Fonte: Manica et al. (2006).

Sob o aspecto nutritivo o mamão é considerado uma excelente fruta, importante fonte de carotenóides, vitamina C e sais minerais; atributos de interesse do consumidor, uma vez que a comunidade médico-científica tem enfatizado a importância dos carotenóides na alimentação, devido às suas propriedades anti-oxidante e anti-cancerígena (CHANDRIKA et al., 2003).

2.2 Pós-Colheita do Mamão

Como muitas frutas, o mamão está sujeito a uma variedade de alterações físicas e químicas após a colheita, como modificações da textura, aroma, sabor e cor. Por isso, requer muita atenção no manuseio pós-colheita, pois sua susceptibilidade a vários fatores como: temperaturas extremas, baixa umidade, doenças e danos mecânicos, podem comprometer sua qualidade dificultando a comercialização e aumentando as perdas pós-colheita.

As condições do ambiente e as boas práticas de cultivo a que estiveram expostas frutas e vegetais é que vão determinar suas características pós-colheita como aparência, qualidade nutricional e sensorial. Esses atributos não poderão ser melhorados após a colheita, mas sim preservados desde que sejam empregadas técnicas de conservação adequadas.

Durante o processo de amadurecimento do mamão, ocorre mudança na coloração da fruta, a qual se deve à destruição da clorofila no tecido epidérmico e ao aparecimento dos pigmentos carotenóides na casca e polpa.

De acordo com Lazan et al. (1995), a rápida perda da firmeza em mamões durante o amadurecimento está, intimamente, associada com o aumento na atividade das enzimas: polygalacturonase, pectinesterase e B-galactosidase, bem como com a despolimerização de pectinas da parede celular.

Outra mudança marcante na composição química, durante o amadurecimento o aumento no teor de açúcares redutores.

De acordo com seu padrão respiratório, o mamão é classificado como fruta climatérica, ou seja, com uma elevada atividade respiratória durante a maturação, apresentando as seguintes fases: a) pré-climatérico; b) ascensão climatérica; c) pico climatérico; e d) pós-climatérico. No mamão, o pico climatérico ocorre simultaneamente com a fase de amadurecimento, ponto em que apresenta as melhores condições de qualidade para o consumo (MANICA et al. 2006).

Pode-se associar a velocidade da taxa respiratória à vida pós-colheita da fruta, pois a intensidade da respiração indica a velocidade com que se processa o metabolismo. Assim, altas taxas respiratórias estão geralmente associadas a um curto período de armazenamento.

Mamões destinados à exportação devem ser cuidadosamente selecionados, de acordo com os critérios do mercado ao qual se destinam. Em geral, devem apresentar uniformidade quanto ao tamanho, estágio de maturação, livres de danos mecânicos ou de injúrias causadas por insetos. O ponto de colheita dependerá da distância que o produto deverá percorrer até o consumidor. Contudo deve-se ter em atenção que frutos colhidos muito verdes podem não amadurecer, ou se colhidos muito maduros terão um período de armazenamento muito curto, estando mais suscetíveis às doenças e injúrias mecânicas.

Quando adequadamente conduzido, o mamão pode ter uma vida pós-colheita de 4 a 6 dias sob condições ambiente (25°C a 28°C), ou de três semanas sob baixas temperaturas (10°C a 12°C).

2.2.1. Controle Fitossanitário

O controle de doenças fúngicas pós-colheita é um ponto crítico no armazenamento prolongado do mamão. Entre as doenças que causam maior prejuízo destaca-se a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, Penz. Este fungo infecta os frutos no campo, quando ainda estão verdes, permanecendo na forma latente sob a casca. Com o amadurecimento do mamão, ele se desenvolve causando podridões e comprometendo a qualidade comercial do fruto (AKAMINE, 1975).

O tratamento térmico tem sido muito empregado, reduzindo significativamente o grau de infestação de alguns microorganismos, principalmente a antracnose. Os frutos são mergulhados em água à temperatura de 47°C – 49°C durante 20 minutos, seguido de resfriamento em água corrente. Como não é um tratamento eficaz contra todas as doenças que ocorrem após a colheita, tem sido utilizado combinado com a aplicação de fungicidas. Contudo, o uso ou não destas substâncias depende das legislações do país importador.

Por outro lado, o ponto crítico para a exportação do mamão produzido no Brasil é o controle da mosca-das-frutas. Elas causam prejuízos incalculáveis todo o mundo, chegando a impedir a introdução de novas culturas. As moscas da família Tephritidae (Díptera) perfuram o fruto através de seus ovipositores e depositam seus ovos. Após a eclosão, as larvas se alimentam da polpa do fruto, provocando a perda de seu valor comercial (GALLO et al., 1988).

Em alguns mercados só é permitida a entrada do produto brasileiro, se o mesmo for submetido a um tratamento quarentenário, o qual varia de país para país. Algumas legislações indicam o tratamento térmico e fumigação, outras a aplicação de baixas temperaturas, e mais recentemente a irradiação gama. No entanto, estes métodos podem causar vários tipos de injúrias no fruto, como alteração da textura, escurecimento, lesões, e desordens fisiológicas; com agravante de aumentar a susceptibilidade do produto ao ataque de patógenos (DIEHL, 1995; MOY, 1977; MCGUIRE, 1997; WHEELER et al., 1989).

Enquanto que as substâncias utilizadas na fumigação estimulam a maturação, são prejudiciais à saúde do ser humano, além de degradar o meio ambiente (MOY, 1977). Alguns agentes de fumigação destinados a tratar alimentos têm sido proibidos por importadores como Austrália, Estados Unidos e Japão. O brometo de metila, por exemplo, está sendo banido mundialmente por ser nocivo à camada de ozônio; o mesmo deverá ocorrer com o dibrometo de etileno (cujos resíduos já foram encontrados em frutos). Este último, já não é permitido desde 1984 pela legislação americana, e desde 1987 pela japonesa (DIEHL, 1995).

Frente aos problemas apresentados pelas técnicas quarentenárias comumente aplicadas, passou-se a estudar processos alternativos. Várias pesquisas com aplicação de radiação ionizante em mamão demonstraram que este tratamento é bastante eficiente no controle da mosca-das-frutas (HAGENMAIER; BAKER, 1997).

2.3 Tecnologia Pós-Colheita

Nenhum dos métodos de conservação utilizado após a colheita é capaz de melhorar a qualidade da fruta, mas podem sim, serem eficazes na sua manutenção. Portanto, para se levar uma fruta com boa aparência e sabor agradável ao consumidor, todo o processo de produção da mesma deve ser cuidadoso. A técnica utilizada, juntamente com a colheita no estágio de maturação adequado, o manuseio minimizando injúrias, reduzindo a contaminação por microorganismos, conservação sob temperatura e umidade adequadas, são fatores importantes para a manutenção da qualidade pós-colheita. Deve-se ter em mente que o produto ao qual será aplicada qualquer tecnologia de pós-colheita deve apresentar uma ótima qualidade.

2.3.1 Refrigeração

A temperatura exerce um efeito direto na velocidade das reações que se processam a nível celular no fruto. O coeficiente de temperatura (Q_{10}) é definido como a relação das velocidades de reação quando ocorre uma variação de 10°C na temperatura. (RYALL; PENTZER, 1974).

Com este conhecimento, a utilização das baixas temperaturas no armazenamento de frutas e vegetais tem permitido o comércio com mercados muito distantes. Nestas condições ocorre redução na velocidade dos processos de maturação e senescência, retardando a alteração de cor, perda de peso, perda de firmeza e as transformações bioquímicas.

O mamão é um fruto muito sensível às variações de temperatura, tanto que quando submetidos ao tratamento térmico ($46^{\circ}\text{C} - 47^{\circ}\text{C}/20 \text{ min}$) têm o consumo de O_2 aumentado, indicando elevação da taxa respiratória e, conseqüentemente, uma maturação mais rápida. Já quando expostos ao mesmo tratamento e posteriormente armazenados sob refrigeração (10°C) por uma semana, ocorre decréscimo na velocidade da respiração e desaceleração no processo de maturação.

2.3.2 Atmosfera Modificada (AM)

A manutenção da qualidade de frutos e vegetais é influenciada pela temperatura e pelas concentrações de oxigênio (O_2), gás carbônico (CO_2) e vapor de água na atmosfera ao redor do produto (KADER et al., 1989).

A redução na concentração do oxigênio (O_2) ou elevação do gás carbônico (CO_2) pode atrasar o amadurecimento das frutas, diminuir a taxa respiratória e de produção de etileno (C_2H_4). Como conseqüência, várias alterações metabólicas associadas ao amadurecimento e/ou senescência, têm sua velocidade de reação desacelerada (KADER, 1986). Além disso, as embalagens utilizadas podem proteger a superfície das frutas contra injúrias por abrasão

e para aquelas sensíveis às baixas temperaturas, contra danos causados pelo frio (ZAGORY; KADER, 1988).

A utilização da AM permite um controle limitado na concentração de gases, uma vez que as condições iniciais da atmosfera gasosa são estabelecidas por um período transitório. Os tipos de filmes empregados na AM permitem que a concentração de CO₂ proveniente da respiração aumente, enquanto o O₂ diminui à medida que é utilizado no processo respiratório (CHITARRA; CHITARRA, 1990). Pretende-se desta forma, reduzir o metabolismo do fruto e prolongar sua vida pós-colheita. A duração e o grau de influência da atmosfera formada passivamente, sobre a fisiologia do produto, estão condicionados ao tipo de embalagem utilizado.

Ao se empregar a AM também é considerável a redução na perda de água durante o armazenamento. O estresse causado por esta perda pode estimular o amadurecimento ou senescência das frutas (BEN-YEHOSHUA et al., 1983; LAZAN et al., 1987).

Conforme estudos realizados por Zagory e Kader (1988), a forma de se tornar a AM mais eficaz é associar a composição gasosa mais adequada para determinado produto ao armazenamento refrigerado (utilizando uma temperatura apropriada), o sinergismo promovido por estes tratamentos, resulta na desaceleração do processo de amadurecimento e no controle de doenças de pós-colheita.

Atualmente existem filmes poliméricos com uma variada gama de características, que estimulam a utilização de embalagens de filmes flexíveis com o intuito de se criar alterar

atmosferas. Estas mesmas embalagens têm sido apresentadas com acessórios que proporcionam maior facilidade para manter a atmosfera desejada. Entre estas ferramentas se encontram os absorvedores de etileno.

Embalagens com filme de polietileno, juntamente, com absorvedores de etileno e baixas temperaturas promovem um aumento considerável na vida de prateleira de muitos frutos. Esta combinação promove a redução da taxa metabólica da fruta através do aumento na concentração de CO₂, diminuição da perda de água e da taxa respiratória e inibição da ação do etileno.

Absorvedores de Etileno

O etileno age como um fito-hormônio sendo responsável por efeitos fisiológicos distintos em frutas e vegetais frescos. Acelera a respiração levando a maturação, amadurecimento e senescência. Além disso, o acúmulo de etileno pode causar o amarelecimento de vegetais verdes, bem como causar inúmeras desordens específicas de pós-colheita.

Embora alguns dos efeitos do etileno sejam positivos, como o desverdecimento em citros, é uma substância freqüentemente responsável pela degradação da qualidade de produtos hortifrutícolas frescos durante o armazenamento.

Para prolongar a vida pós-colheita e manter uma qualidade visual e sensorial aceitável, é necessário evitar o acúmulo de etileno na embalagem. A redução na produção de etileno

pode atrasar a ocorrência do pico do climatério em determinadas frutas, prolongando o período de armazenamento (ZAGORY; KADER, 1988).

Muitas substâncias responsáveis pela absorção e posterior oxidação de etileno têm sido descritas. A maioria é utilizada na forma de sachês ou impregnadas nos filmes das embalagens. Nesta última, a tecnologia empregada se baseia na dispersão de minerais em pó, tais como “zeolite”, argila e “oya” japonesa dentro das embalagens (ZAGORY, 1995).

Os minerais incorporados podem absorver o etileno, mas também podem alterar a permeabilidade dos filmes, isto é, C_2H_4 e CO_2 (gás carbônico) dispersarão muito mais rapidamente e o oxigênio (O_2) entrará mais prontamente do que numa embalagem com filme puro. Estes efeitos também favorecerão o armazenamento e reduzirão as concentrações de etileno.

2.3.3 Irradiação Gama

Cerca de 80% da ação dos raios gama ocorre de forma indireta, agindo principalmente, sobre as moléculas de água, levando à radiólise da mesma e originando moléculas ativadas, íons, elétrons e radicais livres. Estas por sua vez, são espécies altamente reativas, podem reagir entre si e com o meio onde foram formados, provocando alterações bioquímicas e fisiológicas, principalmente em meios ricos em água como frutas e vegetais (GLIDEWELL et al., 1993; HENEINE, 1993).

Na década de setenta, após inúmeros trabalhos sobre irradiação de frutas, MOY (1977) passou a indicar a radiação gama como a ferramenta mais adequada para aumentar o período de armazenamento e promover o controle da infestação pela mosca-das-frutas. Segundo este mesmo autor, isto é possível devido a algumas características inerentes a este processo, como - eficácia no controle de larvas e ovos de insetos em frutos e vegetais, - pouco ou nenhum efeito na qualidade de nutrientes, - e resultados satisfatórios quando combinado com outras técnicas de preservação.

No entanto, o sucesso no emprego da radiação gama está condicionado a vários fatores como a qualidade inicial do fruto a ser irradiado, local de produção, variedade, estágio de maturação, dose de radiação, taxa de aplicação da dose e condições de armazenamento após o tratamento (HAGENMAIER; BAKER, 1997; MOY, 1983, 1977).

De acordo com Wheeler et al. (1989), ao serem consideradas as variações de doses no centro e na parte externa das embalagens (irradiação de alimentos acondicionados) e as respostas dos diferentes tipos de insetos à irradiação, os níveis mínimo e máximo de irradiação para controlar pragas deveriam ser de 0,3 e 1,0 kGy, respectivamente. Essas recomendações estão em conformidade com a indicação do Food and Drug Administration (FDA), órgão norte-americano de fiscalização que estabeleceu, para frutos e vegetais, doses de radiação gama menor ou igual a 1 kGy (MCGUIRE, 1997). A mais recente alteração feita nas regras de tratamento quarentenário dos Estados Unidos estipulou em 0,250 kGy a dose mínima para controle de infestação de mosca-das-frutas, atendendo os requisitos da FDA (USDA, 2004).

A intensidade de radiação gama necessária para retardar o amadurecimento e evitar infestações é bem tolerada pelo mamão, desde que os frutos sejam tratados no estágio de maturação adequado (MORRIS; JESSUP, 1994; MOY, 1983; THOMAS, 1986).

Segundo Barbosa-Cánovas et al. (1998) o tratamento quarentenário para mamões cultivados no Havaí, exige a aplicação de 0,5 kGy, enquanto para retardar a maturação do fruto a dosagem deve estar entre 0,5 e 1,0 kGy. Ao comentar a conclusão de algumas investigações, Moy (1977) descreveu que os melhores resultados são obtidos ao irradiar o mamão a 0,75 kGy, que possibilita prolongar a vida pós-colheita por mais três a quatro dias, sem alteração das qualidades nutricionais e sensoriais.

O efeito da irradiação sobre os nutrientes mais relevantes de vários produtos hortifrutícolas têm sido tema de muitos trabalhos científicos. De acordo com Morris & Jessup (1994), os resultados parecem não serem afetados por doses menores ou iguais a 1 kGy. Nas determinações da concentração de ácido ascórbico total em mamão 'Solo', irradiado com 0,25 e 3 kGy em vários estádios de maturação, não foram observadas modificações expressivas (THOMAS, 1986).

Pesquisas realizadas com mamões irradiados (doses entre 0,25 e 2,0 kGy) não revelaram alterações significativas na composição de carotenóides nestes frutos (MORRIS; JESSUP, 1994; THOMAS, 1986). Contudo, é interessante apontar o efeito da radiação gama sobre o licopeno presente em tomates, resultados contraditórios foram obtidos em pesquisas realizadas com esses frutos. Em tomates tratados com 1,86 kGy, o licopeno demonstrou ser o carotenóide de menor tolerância ao processo; em contrapartida, um aumento significativo

na sua concentração foi detectado nos frutos irradiados com doses de 2 a 4 kGy (THOMAS, 1988).

Grande parte das pesquisas realizadas para investigar a influência da radiação gama na atividade de enzimas presentes no mamão, detectara mudanças nas concentrações destas substâncias. Em trabalho recente, desenvolvido por D’Innocenzo & Lajolo (2001), verificou-se uma perda de firmeza mais lenta nos mamões irradiados (0,5 kGy), isso ocorreu porque o aumento na atividade da pectinesterase, poligalactorunase e β -galactosidase, ao longo do amadurecimento, foi mais lento que o observado nos frutos não tratados.

Gomez et al. (1999) ao determinarem carboidratos em mamões ‘Solo’, irradiados a 0,5 kGy, não observaram alterações nos resultados quando comparados às testemunhas, e concluíram sensorialmente, que os frutos mantiveram seu sabor e gosto adocicado característicos.

2.3.4 Associação de Tratamentos

Extensiva investigação tem sido conduzida no uso da irradiação para aumentar o período de armazenamento do mamão. Aspectos fisiológicos, bioquímicos, nutricionais, sensoriais, tecnológicos e econômicos, têm sido alvos desses estudos. Uma das conclusões é de que a irradiação por si só, não é suficiente para o controle de todos os fatores de degradação existentes na conservação do mamão. Portanto, faz-se necessário elaborar um procedimento

que associe diferentes métodos de preservação, de forma a incrementar o sinergismo entre eles. Talvez desta forma seja possível acrescentar barreiras de controle aos pontos críticos do armazenamento desse produto.

Honório (1982) ressalta que, para o sucesso da irradiação do mamão, é importante a união com tratamento térmico, o qual promoveria o controle fitossanitário. A tecnologia de métodos combinados tem sido sugerida, por vários autores, como meio de desacelerar o processo de maturação e preservar as características sensoriais e nutricionais dos produtos hortifrutícolas (DOMARCO et al., 1999; HAGENMAIER; BAKER, 1997; WANG, 1999).

Estudos têm sido realizados combinando a irradiação com a refrigeração e com o tratamento térmico, mas poucas são as investigações que exploram os sistemas de acondicionamento neste conjunto. Considerando a grande variedade de materiais de embalagem existentes no mercado, Moy (1983) destaca a importância do desenvolvimento de trabalhos científicos, para estabelecer quais os mais adequados para frutos e vegetais a serem irradiados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Matéria-Prima

Para realização deste trabalho foram feitos dois ensaios experimentais com diferença de um ano; em ambos os frutos utilizados foram colhidos na mesma época (no mês de outubro).

Frutos de mamoeiro do cultivar Solo, variedade Golden, colhidos com aproximadamente 20% da superfície amarela. Os mamões foram adquiridos em pomar comercial do município de Linhares (Espírito Santo), e passaram pelas práticas comerciais, comumente, adotadas nas casas de embalagem da região, com especial atenção para o tratamento térmico (47°C/20 min seguido de resfriamento a 14°C/17 min) e a não aplicação de fungicidas.

Antes do transporte, os frutos foram etiquetados, envoltos por papel de seda e acondicionados em caixa de papelão; a disposição dos mamões é feita de tal forma que os mesmos ficam levemente inclinados com os pedúnculos para baixo, procedimento adotado para os produtos de exportação.

Uma vez no laboratório, os frutos foram retirados das caixas de papelão, selecionados e uniformizados. Para seleção foram observados defeitos de qualidade: injúrias, deformidades, doenças, frutos muito verdes ou muito maduros. A uniformidade dos mamões foi feita com base no estágio de maturação e tamanho.

3.2 Preparação das Amostras

Após separação aleatória, cada fruto foi pesado e identificado com um código para facilitar o reconhecimento do peso inicial e do tratamento a que foi submetido. Quinze frutos foram destinados para caracterização do lote (avaliados assim que amadureceram); um segundo

grupo – controle - foi constituído pelas amostras (72 frutos) não irradiadas; e o terceiro, formado por 144 mamões submetidos à radiação gama.

As combinações de técnicas de conservação aplicadas depois que os frutos saíram da casa de embalagem foram:

- Controle: acondicionamento em caixa de papelão (CP) + refrigeração.
- CP + filme de polietileno de baixa densidade com 0,05mm de espessura (PE) + refrigeração.
- CP + filme de polietileno de baixa densidade com 0,025mm de espessura, impregnado com mineral absorvedor de etileno (PEabs) + refrigeração.
- CP + irradiação (0,4 kGy) + refrigeração.
- CP + PE + irradiação (0,4 kGy) + refrigeração.
- CP + PEabs + irradiação (0,4 kGy) + refrigeração.
- CP + irradiação (0,7 kGy) + refrigeração.
- CP + PE + irradiação (0,7 kGy) + refrigeração.
- CP + PEabs + irradiação (0,7 kGy) + refrigeração.

Acondicionamento dos frutos

Para compor os tratamentos apresentados no item anterior, foram adotados três sistemas de embalagem (tanto para frutos não irradiados como para os irradiados):

Sistema A: o mesmo utilizado para exportação. Os frutos são envolvidos, individualmente, em papel de seda e acondicionados em caixas de papelão.

Sistema B: os mamões em papel de seda foram colocados em sacolas de polietileno de baixa densidade – PE (0,05mm de espessura), fechadas manualmente com arame revestido e colocados em caixas de papelão.

Sistema C: os frutos, em papel de seda, foram acondicionados em sacos de PEabs (0,025mm de espessura e impregnado com mineral absorvedor de etileno), fechados com Zip Lock®, e a seguir colocados nas caixas de papelão.

Foram utilizadas caixas de papelão (ondulado simples) do tipo exportação, parafinadas; com as dimensões de 35 cm de comprimento x 26,5 cm de largura x 13 cm de altura (capacidade para 3,5 kg de mamões). As sacolas plásticas eram ambas de filme de polietileno de baixa densidade, mas com características distintas: o filme **PE** apresentava espessura de 0,05mm, com taxa de permeabilidade ao O₂ de: 4,21 cm³/(cm². dia), e ao CO₂ de: 17,81 cm³/(cm². dia); enquanto o polímero **PEabs**, com 0,025mm de espessura, era impregnado com mineral absorvedor de etileno, com sistema de fechamento Zip Lock®; e taxa de permeabilidade ao O₂ de: 8,58 cm³/(cm². dia) e ao CO₂ de: 43,38 cm³/(cm². dia).

3.3 Irradiação Gama

Antes de serem irradiados, as amostras (inclusive as do controle) foram armazenadas por uma noite a 20°C (±2°C) a fim de permitir a alteração passiva da atmosfera dentro das embalagens plásticas. No dia seguinte, durante o tratamento de parte dos frutos com radiação ionizante, os mamões do grupo controle ficaram armazenados à temperatura ambiente.

As amostras que foram irradiadas tiveram suas caixas dispostas em local de menor exposição do irradiador. De acordo com os tratamentos delineados, as doses mínimas aplicadas foram 0,4 kGy por 12 min e 0,7 kGy por 30 min; a taxa de dose foi de 0,16 kGy/hora. Procedeu-se a dosimetria para controle da uniformidade de distribuição da dosagem, colocando em diferentes pontos da embalagem um dosímetro do tipo Gamma Chrome, de polimetilmetaacrilato (Harwell Dosimeters, UK) na faixa de 0,1 a 3 kGy. Para a irradiação utilizou-se equipamento comercial, tendo o Cobalto 60 (Co^{60}) como fonte de radiação gama, da Companhia Brasileira de Esterilização (CBE), situada em Jarinú-SP.

3.4 Armazenamento

Depois de irradiados, os frutos foram mantidos à temperatura ambiente (mínima 18°C e máxima de 22°C) por 12 horas antes de serem refrigerados, conforme recomendação de Paull (1996). Após o período de “descanso”, os mamões irradiados e as amostras controle foram armazenados em câmara frigorífica (de 3,80 x 2,75 x 3,65 m), com motor trifásico de 3 HP, regulada para manter as condições de 10°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e umidade relativa de 90% ($\pm 5\%$), monitoradas por termohigrógrafo (modelo Termograf 508).

Ao longo do armazenamento, os frutos foram avaliados nos seguintes intervalos: 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, e 35 dias. Em cada período, as amostras foram retiradas da refrigeração, desembaladas e depois colocadas à temperatura ambiente - mínima de 24°C e máxima de 32°C e umidade relativa entre 65 e 75%, para completarem o processo de maturação (por

cinco dias). Após serem retirados da refrigeração, os frutos foram avaliados quanto ao aspecto visual todos os dias, até atingirem o ponto de consumo (quando foram feitas as determinações físico-químicas).

3.5 Avaliação Visual

Para caracterização, dos efeitos dos tratamentos sobre a qualidade visual das amostras, foram observadas as seguintes alterações na superfície dos frutos: incidência de doenças (abrangência da lesão na superfície do fruto), perda de turgidez, e grau de maturação. Para este procedimento foram utilizadas as escalas de notas apresentadas a seguir.

- a) Incidência de doenças: 1 = 0% (ausente); 2 = 10% da superfície afetada (limite de comercialização); 3 = 11% a 25% da superfície afetada; 4 = 26% a 50% da superfície afetada; e 5 = mais que 51% da superfície afetada.

- b) Turgidez: 1 = túrgido, sem indício algum de perda de turgidez em qualquer parte do fruto; 2 = pouca turgidez - limite de comercialização, caracterizado pelo enrugamento da casca na região próxima ao pedúnculo; 3 = perda de turgidez acentuada, enrugamento generalizado do fruto.

- c) Cor da casca: 1 = predomina a cor verde; 2 = área com cor verde igual à área amarela; 3 = predominância da cor amarela; 4 = superfície amarela com alguns traços esverdeados; e 5 = fruto completamente amarelo (próprio para o consumo).

3.6 Determinações Físicas e Químicas

Inicialmente, foi determinada a cor da casca e firmeza dos frutos inteiros. Em seguida os mesmos foram descascados e as sementes retiradas para triturar a polpa. A seguir, estão descritas as metodologias adotadas para cada variável analisada.

a) Perda de Peso: para cada um dos intervalos de armazenamento, os frutos foram pesados (balança digital, capacidade de 3 kg e precisão de 0,01 g) no início do experimento e quando completaram o amadurecimento. A perda de peso foi expressa em porcentagem, utilizando-se a relação entre o peso inicial e o peso do fruto maduro.

b) Cor da Casca: foram feitas três medições em diferentes áreas da região equatorial do fruto, um espectrofotômetro para cor - Hunter Lab (modelo Color Quest II), registrando os valores de L^* , a^* , b^* , no seguinte modo de calibração: Refletância Especular Incluída (RSIN), sistema CIE Lab, iluminante D65, ângulo de observação de 10° . Os valores para hue (h°), ângulo de cor, que define a coloração básica, sendo 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde; foram calculados aplicando os valores de a^* , e b^* , na equação: $h^\circ = (\tan^{-1}(b^*/a^*))$.

c) Firmeza: a resistência à penetração foi determinada com texturômetro, marca Stable Micro Systems - Texture Expert (modelo TA-XT2), e sonda de penetração cilíndrica de 6 mm de aço inoxidável (modelo P/6). O equipamento foi regulado no modo Measure Force in Compression. Foram realizadas medições em três pontos da região equatorial do fruto depois de retirada uma porção da casca de aproximadamente 1 mm. A velocidade de

penetração foi de 1,5 mm /s com profundidade de 1mm. Os resultados foram expressos em Newton (N).

d) Cor da Polpa: 30ml de polpa homogeneizada foram colocados em uma cubeta de vidro opticamente limpo (20mm de caminho óptico) para leitura no espectrofotômetro de cor, conforme procedimento empregado no item b – cor da casca; cada amostra com três leituras.

e) pH: determinação feita no filtrado da polpa triturada, em potenciômetro (Digimed, modelo DM-20 da Digicron Analítica – Brasil).

f) Acidez Total Titulável: uma alíquota de 10ml do filtrado foi pipetada em 50ml de água destilada e 5 gotas de indicador; a solução foi titulada com hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N (AOAC, 1992). Acidez titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa, calculada pela equação:

$$\% \text{ácido} = \frac{\text{ml NaOH} * \text{N (NaOH)} * 0,064}{10 \text{ ml (filtrado)}} * 100$$

Onde: N – é a normalidade do NaOH

0,064 – é o fator miliequivalente para o ácido cítrico

g) Sólidos Solúveis Totais: utilizou-se um refratômetro digital (Leica Microsystems - modelo AR200), no modo de determinação Brix-TC; o aparelho foi previamente calibrado com água destilada. Fez-se a determinação pingando duas a três gotas do filtrado da polpa triturada e a leitura foi obtida em °Brix (AOAC, 1992).

h) Licopeno e β -caroteno: o teor de licopeno e β -caroteno presente na polpa do fruto, foi determinado por espectrofotometria, com procedimento adaptado do método desenvolvido por Nagata e Yamashita (1992). Foram retiradas porções de polpa de diferentes pontos do mamão (exceto das extremidades), as quais foram homogeneizadas com um triturador (modelo 713T, Fisaton, Brasil). Um grama da polpa homogeneizada foi separado para extração dos pigmentos, adicionando 10ml da solução de acetona/hexano (4:6) à mesma, homogeneizou-se em misturador por 1 min. Em seguida o extrato foi centrifugado (Excelsa 3 - modelo 204-N, Fanem - Brasil) a 15.000 rpm durante 15 min. A porção sobrenadante do extrato foi filtrada em papel Whatmann no. 1. O filtrado foi transferido para uma cubeta de vidro para leitura em espectrofotômetro (modelo DU-70, Beckman Instruments, USA), nos seguintes comprimentos de onda: 453, 505, 645 e 663 nm. As concentrações de licopeno e β -caroteno na amostra foram estimadas pelas equações abaixo:

$$\text{Licopeno} = -0,0458A_{663} + 0,204A_{645} + 0,372A_{505} - 0,0806A_{453}$$

$$\beta\text{-caroteno} = 0,216A_{663} - 1,22A_{645} - 0,304A_{505} - 0,452A_{453}$$

Os resultados foram obtidos em mg/100ml de polpa, multiplicados por mil para se ter $\mu\text{g}/100$ ml de polpa e por fim, divididos por 100 para serem expressos em $\mu\text{g}/\text{ml}$ de polpa.

Foram tomados os devidos cuidados quanto à incidência direta de luz sobre as amostras, durante todo o processo de determinação dos carotenóides, a fim de minimizar os efeitos de foto-oxidação sobre os pigmentos.

3.7 Análise Sensorial

Um segundo ensaio experimental foi realizado com os tratamentos que obtiveram melhor desempenho no primeiro. O objetivo desta etapa do trabalho foi avaliar se o consumidor conseguia identificar ou não diferenças entre as combinações de métodos de conservação aplicadas. Para esta análise sensorial, utilizou-se um Teste de Aceitação, com escala hedônica de 9 pontos, onde 1 significava - não gosto e 9 - gosto muito, utilizando um número mínimo de 50 juízes.

Os mamões foram colhidos e transportados nas mesmas condições do experimento anterior; os seguintes tratamentos foram repetidos para avaliação sensorial dos frutos: a) sem irradiação + caixa de papelão (controle); b) sem irradiação + caixa de papelão + filme PEabs; c) caixa de papelão + irradiação a 0,4 kGy; d) caixa de papelão + filme PEabs + irradiação a 0,4 kGy. Os tempos de armazenamento foram 20, 25 e 30 dias sob refrigeração, mais 5 dias a temperatura ambiente simulando a comercialização.

Os mamões foram descascados, as sementes retiradas e a polpa cortada em cubos da forma mais uniforme possível. As amostras foram servidas ao painel de provadores em pratos de plástico brancos, a uma temperatura aproximada de 18°C.

3.8 Delineamento Experimental

O delineamento fatorial utilizado foi inteiramente casualizado, seguindo o esquema 3x3x8 com três repetições. Os fatores estudados foram: sistema de embalagens em 3 níveis (CP - caixa de papelão; PE – CP mais filme de PEBD com 0,05mm de espessura; e PEabs – CP mais PEBD com 0,025mm de espessura impregnado com mineral absorvedor de etileno), irradiação em 3 níveis (sem irradiação; e doses de 0,4 kGy e 0,7 kGy), e tempo de armazenamento em 8 níveis (2 – para avaliar os efeitos imediatos da irradiação; 5, 10, 15, 20, 25, 30, e 35 dias).

A Análise de Variância foi executada para todos os resultados, inclusive para a análise sensorial. Quando constatada a significância pelo teste F (com intervalo de confiança de 95%), utilizou-se o Teste de Tukey para comparação de médias (5% de significância).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da matéria prima

No início deste trabalho foram separados 15 mamões do lote de frutos recebido para compor o ensaio experimental delineado. Estes frutos amadureceram, naturalmente, temperatura ambiente; uma vez atingido o ponto de consumo, o qual se deu 7 dias após a colheita, foram realizadas as avaliações físico-químicas para caracterização das amostras (Tabela 2).

Tabela 2 – Características físico-químicas do mamão ‘Golden’ colhido com 20% de coloração amarela na casca e amadurecido sob condições ambientes.

Parâmetros	Quantidade¹
pH	5,02
Firmeza (N)	15,94
² Peso Inicial (g)	422,74
³ Peso Final (g)	402,35
Cor da Casca (°Hue)	76,97
Cor da Polpa (°Hue)	44,91
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	11,99
Acidez Total Titulável (g de ac. Cítrico/100 g de polpa)	0,128
Licopeno (µg/ml de polpa)	22,53
β-caroteno (µg/ml de polpa)	1,45

¹Valores médios referentes a 15 frutos, com 3 repetições por fruto.

²Pesagem realizada por ocasião da chegada das amostras ao laboratório.

³Pesagem realizada quando os frutos atingiram o ponto de consumo.

4.2 Avaliação Visual

De modo geral, até 15 dias de armazenamento refrigerado e mais 5 dias a temperatura ambiente (simular comercialização), não foi observada diferença significativa entre os tratamentos aplicados. Todas as amostras analisadas mantiveram a qualidade físico-química e visual verificada nos frutos utilizados controle neste mesmo período.

Após 35 dias de armazenamento a 10°C (±1°C), nenhum dos tratamentos empregados apresentou mamões com qualidade suficiente para comercialização. A grande maioria das

amostras foi descartada devido à alta incidência de doenças pós-colheita, como a antracnose; por outro lado, a perda acentuada de turgidez, também contribuiu para a eliminação de alguns frutos.

No dia seguinte ao que as amostras foram irradiadas notou-se que a cor da casca dos frutos tratados com irradiação gama estava mais amarela que a das amostras dos outros tratamentos, principalmente, àqueles submetidos à dose de 0,7 kGy (Anexo 1). Até recentemente, tal ocorrência não tem sido mencionada em trabalhos científicos realizados com irradiação de papaias. Talvez seja uma resposta característica dos frutos da variedade 'Golden'. É um comportamento que sugere um aumento considerável na taxa respiratória dos frutos logo após a irradiação (com conseqüente aceleração do processo de amadurecimento), maior que os já registrados em outros estudos (PAULL, 1996). Idéia reforçada pela presença de condensação nas embalagens plásticas das amostras irradiadas com 0,7 kGy, principalmente aquelas com filme de PE (0,05mm).

Contudo, pôde-se verificar ao retirar o segundo grupo de amostras para avaliação (após 5 dias sob refrigeração), que esta aceleração no processo de maturação do fruto foi rapidamente interrompida; não houve evolução nas alterações da cor da casca observadas logo após a irradiação dos mamões. A temperatura de armazenamento de 10°C pode ter sido responsável pela interrupção no amarelecimento da casca, uma vez que esta temperatura reduz a taxa de respiração e, conseqüentemente, retarda o amadurecimento do fruto.

Na Tabela 3 é apresentado o período total de armazenamento, alcançado por cada tratamento sem que as amostras perdessem sua qualidade pós-colheita quanto ao aspecto visual. Os números apresentados incluem os dias sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) mais cinco dias simulando a comercialização em gôndolas.

Tabela 3 - Tempo total de armazenamento sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ / $90\% \pm 5\%$ de umidade relativa), mais 5 dias de comercialização simulada sob condições ambientes, alcançado por mamões 'Golden' sem perda de qualidade visual, após serem submetidos a diferentes tratamentos.

Dose de Irradiação (kGy)	Embalagem		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
0	20 dias	20 dias	25 dias
0,4	30 dias	25 dias	35 dias
0,7	25 dias	20 dias	25 dias

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno.

Observou-se a ocorrência de sinergismo na combinação das técnicas utilizadas, sendo o maior período de armazenamento (35 dias) obtido com a utilização do conjunto: caixa de papelão + filme de polietileno de baixa densidade com 0,025mm de espessura, impregnado com absorvedor de etileno (PEabs) + irradiação a 0,4 kGy.

O período mínimo do transporte marítimo de papaias para a Europa varia entre 20 a 25 dias mais, aproximadamente, 12 horas para atingir o mercado atacadista. Na Tabela 3 pode-se verificar que o tempo de armazenamento atingido pelos tratamentos com dose de radiação

gama de 0,4 kGy (exceto os frutos acondicionados no sistema CP + PE), permite a utilização de transporte marítimo na logística de exportação do mamão tipo papaia.

A análise estatística dos resultados obtidos para incidência de doenças, cor da casca e perda de turgidez demonstrou haver efeito significativo (F com intervalo de confiança de 95%) dos tratamentos aplicados, bem com suas interações, inclusive com o tempo de armazenamento. A única exceção foi observada na interação não significativa entre doses de irradiação e tempo para o aspecto perda de turgidez.

Com o prolongar do armazenamento observou-se o aparecimento de doenças de pós-colheita, principalmente, a partir de 20 dias sob refrigeração (Tabela 4). A alta incidência de podridões nos frutos pode ter sido agravada pela flutuação de temperatura ocorrida durante o transporte. Uma vez refrigerado, os frutos deveriam permanecer na mesma temperatura até serem comercializados, para evitar condensação de água em suas superfícies. Por outro lado, as condições estressantes a que foram expostos os mamões levaram a uma elevação da transpiração, da respiração e da produção de etileno.

Por suas características, a embalagem de polietileno de baixa densidade (PE - 0,05mm) teve papel antagônico no armazenamento dos mamões. Devido a sua baixa taxa de permeabilidade ao vapor de água ocorreu condensação nas paredes do filme. Conseqüentemente, criou-se um microclima perfeito para o desenvolvimento de patógenos durante o armazenamento. A temperatura deveria ter inibido o crescimento de microorganismos, mas isso provavelmente não ocorreu porque da mesma forma que a embalagem plástica protegeu os mamões do frio, pode ter protegido fungos e bactérias.

Foram identificadas três doenças de pós-colheita durante o armazenamento: antracnose (mais freqüente), apodrecimento do pedúnculo (*stem end rot*) e alternaria. Esses sintomas começaram a aparecer com cerca de 20 dias de armazenamento, coincidindo com os resultados obtidos por Paull et al. (1997).

Embalagens que reduzem a perda de água podem proporcionar a condensação, que por sua vez favorece o desenvolvimento de microorganismos. É um problema difícil de resolver, mas boas práticas de produção podem minimizar danos e ocorrência de doenças, bem como evitar flutuações de temperatura durante o armazenamento. Por outro lado, o uso de filmes com características mais apropriadas ao padrão respiratório do mamão pode contribuir, consideravelmente, para a manutenção da qualidade.

Tabela 4 - Valores médios para incidência de doenças em mamões 'Golden', tratados com radiação gama em diferentes embalagens, armazenados sob refrigeração (10°C), mais 5 dias a temperatura ambiente.

20 + 5 dias de armazenamento			
Embalagem	Sem Irradiação	0,4 kGy	0,7 kGy
CP	4,67aA	1,67bA	1,67bA
CP + PE	4,33aA	1,67bA	4,33aB
CP+PEabs	1,33aA	1,33aA	1,00aA
25 + 5 dias de armazenamento			
Embalagem	Sem Irradiação	0,4 kGy	0,7 kGy
CP	5,00aA	1,00bA	2,33cA
CP + PE	4,67aA	4,00aB	4,33aB
CP+PEabs	4,33aA	1,33bA	4,33aB
30 + 5 dias de armazenamento			
Embalagem	Sem Irradiação	0,4 kGy	0,7 kGy
CP	5,00aA	1,33bA	1,67bA
CP + PE	4,33aA	5,00aB	5,00aB
CP+PEabs	5,00aA	1,33bA	4,67aB
C.V. = 13,92%		D.M.S. 5% (linha) = 1,23 D.M.S. 5% (coluna) = 0,98	

Escala de notas: 1 = ausente; 2 = 10% da superfície afetada; 3 = 11 a 25% da superfície afetada; 4 = 26 a 50% da superfície afetada; 5 = mais de 50% afetada.

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno.

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais (vertical), e letras minúsculas iguais (horizontal), não diferem entre si pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade).

Além da ocorrência de podridões, observou-se que muitos frutos embalados com PE de 0,05mm, apresentaram sintomas de desordem fisiológica como falha no amadurecimento e manchas esverdeadas na casca. Em função da permeabilidade seletiva do filme, deve ter ocorrido uma maior retenção de CO₂ e decréscimo na concentração de O₂. Conseqüentemente, dentro da embalagem, formou-se uma atmosfera com proporções de O₂:CO₂ intoleráveis pelo mamão.

De acordo com Zagory e Kader (1988) as alterações passivas na composição gasosa de uma embalagem contendo frutas ou vegetais, começam a ocorrer após o quinto dia de armazenamento. Somente após 10 dias a concentração de gás carbônico será superior à de oxigênio e ambas se estabilizarão. Esta demora pode ter contribuído para a condensação verificada nas embalagens com PE - 0,05mm, criando um meio propício ao desenvolvimento de fungos.

Os resultados observados propõem a ocorrência de redução da taxa respiratória devido aos fatores listados a seguir: a) radiação gama (observada nas amostras tratadas com 0,4 kGy), b) baixa temperatura, c) permeabilidade aos gases do filme PEabs (0,025mm), e d) a redução das concentrações de etileno promovida pelo mineral absorvedor, permitiram que se estabelecesse uma atmosfera imprópria ao desenvolvimento de microorganismos e adequada ao retardo do amadurecimento e da senescência dos mamões. O atraso no amadurecimento observado nos tratamentos com atmosfera modificada parece estar relacionado à supressão da produção de etileno e à redução do nível de O dentro da embalagem (LAZAN et al., 1990).

Para os frutos que não apresentaram incidência de doenças, desordens fisiológicas ou perda acentuada de turgidez, a coloração da casca desenvolveu-se adequadamente. Entretanto, a coloração típica (amarelo/alaranjada) só foi alcançada após os frutos serem retirados da refrigeração e expostos por 5 dias à temperatura ambiente.

A perda de turgidez, também, passou a ser verificada com mais intensidade, após 20 dias de refrigeração, principalmente, nos mamões que não estavam acondicionados em embalagens plásticas (Tabela 5). A exposição às condições que simulam a comercialização (temperaturas entre 24 e 32°C e umidade relativa do ar em torno de 70%) foi, provavelmente, um dos fatores que favoreceu a maior perda de água dos frutos. No período de 30 dias sob refrigeração, mesmo as amostras acondicionadas nos sacos de filme de PE 0,05mm, apresentaram perda de turgidez; tal fato se deve a ocorrência simultânea de podridões.

No fim 25 dias de armazenamento, em ambos os tratamentos: 1) sem irradiação + caixa de papelão e filme 0,025mm com mineral absorvedor etileno, e 2) dose de irradiação 0,7 kGy + caixa de papelão, as amostras não apresentaram perda da qualidade visual e estavam em condições de serem consumidas. Desta forma, um estudo mais minucioso quanto ao aspecto econômico e de logística poderia indicar qual das combinações acima seria, realmente, mais viável.

Tabela 5 - Valores médios para perda de turgidez observada em mamões 'Golden' irradiados em diferentes embalagens, e armazenados sob refrigeração (10°C) mais 5 dias a temperatura ambiente.

20 + 5 dias de armazenamento			
Embalagem	Sem Irradiação	0,4 kGy	0,7 kGy
CP	2,00aA	1,00bA	1,67abA
CP + PE	1,33aA	1,33aA	1,67aA
CP+PEabs	1,33aA	1,00aA	1,33aA
25 + 5 dias de armazenamento			
Embalagem	Sem Irradiação	0,4 kGy	0,7 kGy
CP	2,00abA	1,33bA	2,67aA
CP + PE	2,00aA	1,67aA	2,00aAB
CP+PEabs	1,33aA	1,00aA	1,67aB
30 + 5 dias de armazenamento			
Embalagem	Sem Irradiação	0,4 kGy	0,7 kGy
CP	2,00aA	2,00aA	3,00bA
CP + PE	2,00aA	2,00aA	2,00aA
CP+PEabs	2,00aA	1,33aA	2,00aA
C.V. = 16,77% D.M.S. 5% (linha) = 0,80 D.M.S. 5% (coluna) = 0,31			

Escala de notas: 1 = túrgido; 2 = pouca turgidez; 3 = perda acentuada da turgidez.

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno.

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais (vertical), e letras minúsculas iguais (horizontal), não diferem entre si pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade).

4.3 Parâmetros Físicos

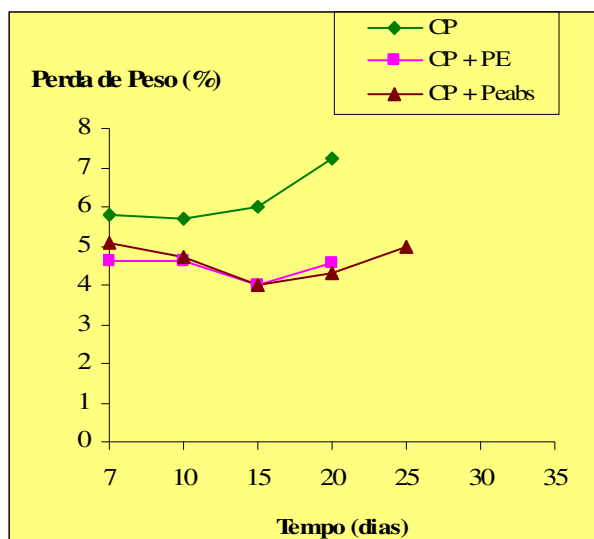
4.3.1 Perda de Peso

As perdas de peso observadas ao longo do armazenamento foram maiores nas amostras sem embalagens plásticas; nos frutos irradiados a 0,4 kGy verificou-se maior perda de peso naqueles acondicionados apenas em caixa de papelão. Contudo, quando comparada a perda ocorrida nas embalagens PE e PEabs para esta dose de radiação gama, a diferença não foi significativa ($P = 0,05$), exceto nos mamões com 20 dias sob refrigeração, o que provavelmente, se deve as variações nas condições ambiente no período de 5 dias da comercialização simulada (Anexo 2).

Os frutos submetidos à radiação gama (dose de 0,7 kGy) em caixas de papelão apenas, apresentaram perda de peso considerável quando comparados àqueles irradiados na mesma dosagem em embalagens plásticas. O estresse causado pela dose mais elevada de radiação gama, causou maior perda de água; efeito indireto decorrente do aumento da taxa respiratória e conseqüente transpiração dos mamões. Por outro lado os resultados obtidos para os diferentes tipos de filmes não apresentaram diferenças significativas quando comparados entre si ($P = 0,05$).

Mesmo para os frutos não irradiados as embalagens plásticas mostraram ser uma eficiente ferramenta para reduzir perda de água durante o armazenamento. Resultado este condizente

com os observados por Zagory e Kader (1988) sobre o efeito benéfico de embalagens plásticas na redução da perda de peso de produtos hortofrutícolas durante o armazenamento. Maior eficiência foi notada nos filmes de PEabs (de 0,025mm impregnado com mineral absorvedor de etileno), que associado à refrigeração permitiu prolongar a qualidade pós-colheita do mamão em mais cinco dias quando comparado à caixa de papelão ou ao filme de PE de 0,050mm (Figura 1).



Onde: CP – caixa de papelão; PE – saco de polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs – PE de 0,025mm impregnado com mineral absorvedor de etileno.

Figura 1 - Evolução da perda de peso de mamões 'Golden' acondicionados em diferentes tipos de embalagem, armazenados sob refrigeração (10°C/90% umidade relativa) e colocados por mais 5 dias sob condições ambiente para simular comercialização.

Grande parte da perda de peso verificada nas amostras avaliadas ocorreu depois que as mesmas foram retiradas da refrigeração e de suas embalagens para o período de comercialização simulada (5 dias). Paull et al (1997) recomenda que o amadurecimento dos mamões seja feito em ambiente com 85 – 95% de umidade relativa.

4.3.2 Cor da Casca

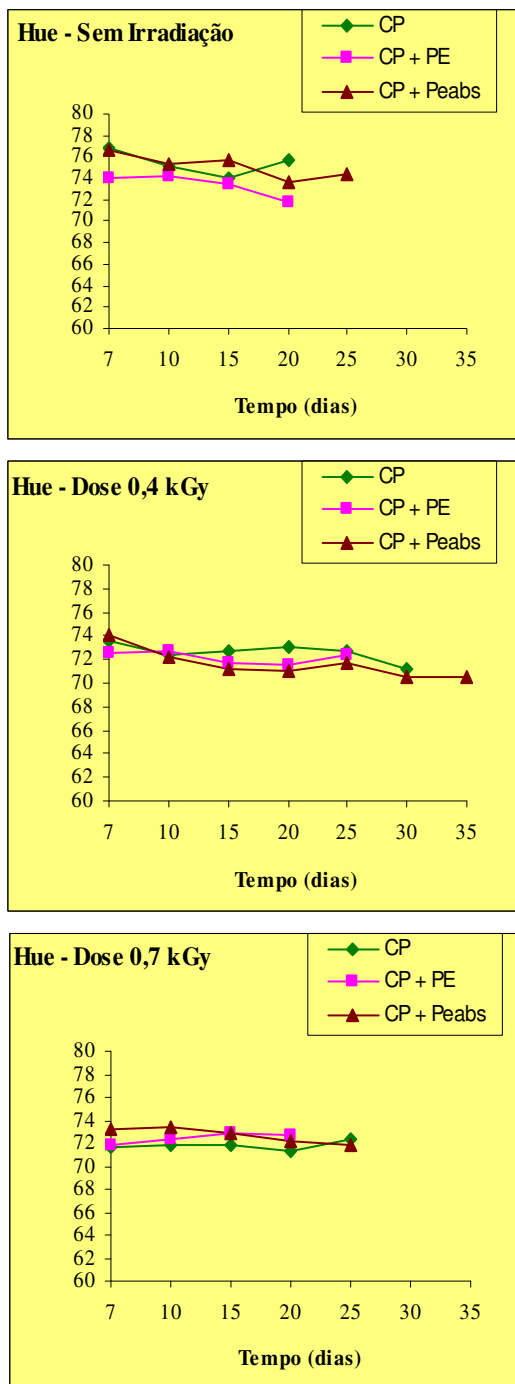
Na Tabela 6 são apresentados os valores médios para Hue (0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde), com 15 dias de armazenamento mais 5 simulando comercialização, período atingido por todos os frutos das combinações de métodos aplicadas, sem perda de qualidade. Neste intervalo e nos outros, não foram observados efeitos da interação tempo e tratamentos na cor da casca dos mamões, resultado semelhante ao verificado no trabalho realizado por Zhao et al. (1996).

Tabela 6 - Valores médios do ângulo de cor (h°) da casca de mamões ‘Golden’ tratados com radiação gama em diferentes embalagens e armazenados sob refrigeração (10°C) por 15 dias, mais 5 dias a temperatura ambiente.

Doses de Irradiação	Tipos de embalagens		
	CP	PE	PEabs
0 kGy	74,07*	73,41*	75,77*
0,4 kGy	72,75*	71,65*	71,21*
0,7 kGy	71,86*	72,85*	72,90*
C.V = 2,49	s.d. = 1,81		

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno. C.V.:coeficiente de variação; s.d.:desvio padrão. F (95%) não significativo.

Observou-se efeito significativo ($F = 95\%$) na interação das doses de irradiação (0,4 e 0,7 kGy) com o tempo de armazenamento, na da coloração da casca dos mamões, independente do tipo de embalagem utilizado. Os frutos irradiados ao atingirem ao ponto de consumo, apresentavam coloração com maior uniformidade e um amarelo / alaranjado mais característico (Figura 2).

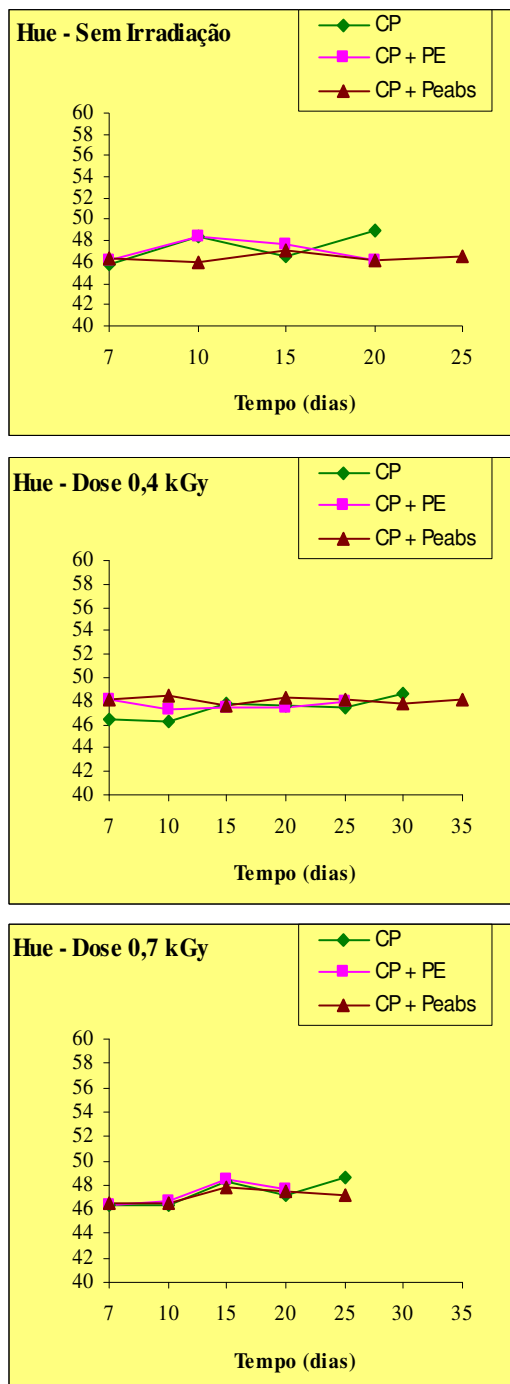


Onde: CP – caixa de papelão; PE – saco de polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs – PE de 0,025mm impregnado com mineral absorvedor de etileno.

Figura 2 - Ângulo Hue para cor da casca determinado em mamões ‘Golden’ acondicionados em diferentes tipos de embalagem, armazenados sob refrigeração (10°C/90% umidade relativa) e colocados por mais 5 dias sob condições ambiente para simular comercialização.

4.3.3 Cor da Polpa

Embora os resultados obtidos na determinação do ângulo Hue para a cor da polpa do mamão 'Golden' tenham sido mais uniformes (Figura 3) nas amostras irradiadas, não houve efeito significativo (F = 95%) dos tratamentos ou suas interações nesta variável (Anexo 3), sendo observada a cor da polpa avermelhada, característica deste mamão ao final do período total de armazenamento (refrigeração mais simulação da comercialização).



Onde: CP – caixa de papelão; PE – saco de polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs – PE de 0,025mm impregnado com mineral absorvedor de etileno.

Figura 3 - Ângulo Hue para cor da polpa determinado em mamões 'Golden' acondicionados em diferentes tipos de embalagem, armazenados sob refrigeração (10°C/90% umidade relativa) e colocados por mais 5 dias sob condições ambiente para simular comercialização.

4.3.4 Firmeza

Não foram verificados efeitos (F com intervalo de confiança de 95%) dos tratamentos na firmeza da polpa dos mamões 'Golden' para as combinações de métodos de conservação utilizadas. Contudo, quando comparados aos mamões acondicionados em caixa de papelão apenas e em filme de polietileno de baixa densidade (com 0,05mm de espessura), os frutos embalados com filme PEabs (0,025mm impregnado com mineral absorvedor de etileno) e tratados com 0,4 kGy de radiação gama, apresentaram médias maiores para perda da firmeza (Tabela 7), sugerindo uma melhor consistência da polpa.

Para todas as combinações de tratamentos empregadas observou-se interação significativa com o tempo de armazenamento, F com intervalo de confiança de 95% (Tabela 7). Verificou-se maior perda da firmeza dos frutos para períodos de estocagem mais longos; sendo que os valores médios mais baixos foram observados nas amostras armazenadas apenas em caixa de papelão, irradiados ou não. No entanto, tal fato não comprometeu a qualidade pós-colheita do mamão 'Golden'.

A não influência da radiação gama na perda de firmeza da polpa do mamão 'Golden', sugere uma maior resistência por parte desta variedade, uma vez que um dos principais problemas identificados em alguns trabalhos científicos é a degradação da textura deste fruto. No entanto, deve-se considerar que estes estudos foram realizados com outras variedades (geralmente o 'Sunrise'), diferentes épocas de colheita, origem geográfica e com doses de irradiação mais elevadas (entre 0,75 e 1 kGy). Por outro lado, uma das

características notadas no ‘Golden’ quando comparado ao ‘Sunrise’, é a manutenção da firmeza por um tempo mais prolongado.

Tabela 7 - Porcentagens médias obtidas para firmeza da polpa em mamões ‘Golden’, acondicionados em diferentes tipos de embalagem, irradiados e armazenados a 10°C, 90% de umidade relativa.

Sem Irradiação			
Tempo¹ (dias)	Firmeza da Polpa		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	16,59a	15,99a	15,81a
10	14,90a	15,31a	15,49a
15	13,04ab	13,85a	14,59a
20	11,47ab	12,92a	13,34a
25	- ²	-	12,93a
30	-	-	-
35	-	-	-
Com Irradiação – Dose 0,4 kGy			
Tempo¹ (dias)	Firmeza da Polpa		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	16,45a	16,50a	16,40a
10	15,61ab	15,52a	15,75a
15	14,07abc	13,69a	15,18a
20	12,98abc	13,65a	15,75a
25	11,81bc	12,53a	14,90a
30	11,30c	-	13,90a
35	-	-	12,10a
Com Irradiação – Dose 0,7 kGy			
Tempo¹ (dias)	Firmeza da Polpa		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	16,41a	16,71a	16,05a
10	14,96ab	14,93a	15,18a
15	14,78ab	14,21a	14,84a
20	12,86ab	13,72a	14,19a
25	11,84b	-	12,76a
30	-	-	-
35	-	-	-

¹ Armazenamento refrigerado mais 5 dias sob condições ambiente (comercialização simulada).

² Amostras descartadas por perda de qualidade visual.

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno.

Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade). Os valores são médias de 3 medições por fruto, totalizando 3 frutos por tratamento.

Deve-se considerar que parte da perda de firmeza da polpa em mamões faz parte do processo fisiológico a que está sujeito este fruto, sendo um importante indicador de amadurecimento.

4.4 Parâmetros Químicos

4.4.1 Sólidos Solúveis Totais, Acidez Total Titulável e pH

Os resultados obtidos tanto para sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) como pH, demonstraram que não houve influência das combinações de tratamentos, bem como do período de estocagem (F com intervalo de confiança de 95%) sobre estas variáveis. Tal comportamento foi relatado nos trabalhos realizados por Thomas e Beyers (1979).

Os valores médios determinados neste ensaio experimental estiveram entre:

- 1) 11,53 e 12,20 °Brix - SST (Anexo 4);
- 2) 0,117 e 0,136 g de ácido cítrico / 100g de polpa - ATT (Anexo 5); e
- 3) 4,91 e 5,04 – pH (Anexo 6).

Embora não tivesse apresentado diferenças significativas quando comparados aos outros tratamentos, as médias para ATT, encontradas nas amostras irradiadas foram superiores àquelas determinadas nos frutos não irradiados. Tal comportamento sugere que os mamões

tratados com irradiação gama, quando atingiram o ponto de consumo, poderiam estar não tão maduros quanto àqueles não irradiados.

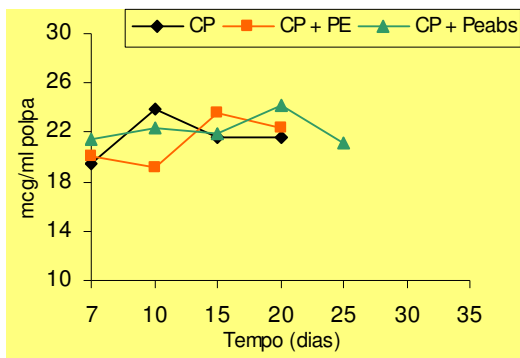
4.4.2 Licopeno e β -caroteno

A cor atrativa da polpa dos mamões se deve a presença de carotenóides, sendo o licopeno responsável pela coloração mais avermelhada comum aos frutos do grupo Solo. O teor destas substâncias apresenta uma grande variação, não só entre os diferentes cultivares existentes, mas dentro da mesma cultivar produzida em regiões geográficas distintas (KIMURA et al, 1991). Thomas e Beyers (1979) e Thomas (1988) não relataram efeito significativo das doses de irradiação até 3,0 kGy na concentração de carotenóides em mamões. Os resultados obtidos neste ensaio experimental, para um intervalo de confiança de 95%, também não demonstraram efeito significativo dos tratamentos e tempo de armazenamento no teor de licopeno e β -caroteno das amostras analisadas (Anexos 7 e 8).

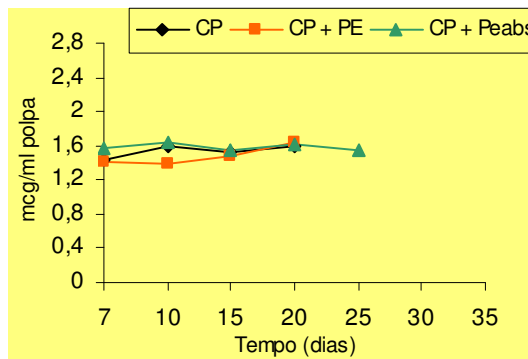
Na Figura 4 estão representadas graficamente as concentrações obtidas para β -caroteno e licopeno; os valores médios variaram de 1,27 a 1,79 $\mu\text{g/ml}$ de polpa para beta-caroteno e de 19,16 a 23,90 $\mu\text{g/ml}$ de polpa para o licopeno.

Os resultados obtidos nesta investigação confirmam a predominância do carotenóide identificado como licopeno nos mamões do grupo Solo. O trabalho realizado por Cano et al. (1996) encontrou, igualmente, maior quantidade de licopeno em frutos da variedade Sunrise.

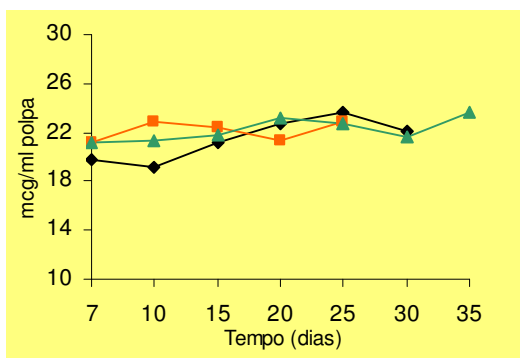
LICOPENO Sem Irradiação



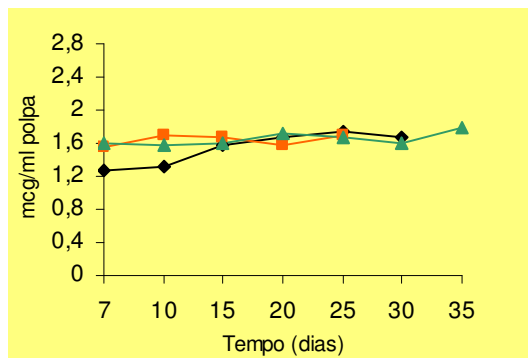
β -CAROTENO Sem Irradiação



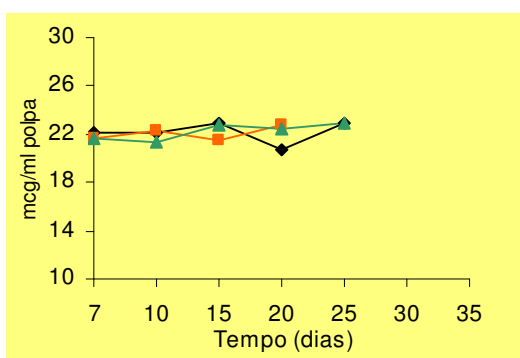
Irradiado 0,4 kGy



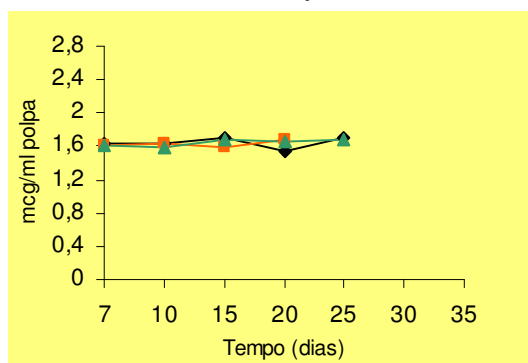
Irradiado 0,4 kGy



Irradiado 0,7 kGy



Irradiado 0,7 kGy



Onde: CP – caixa de papelão; PE – saco de polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs – PE de 0,025mm impregnado com mineral absorvedor de etileno.

Figura 4 - Concentrações de licopeno e β -caroteno determinadas mamões 'Golden' acondicionados em diferentes tipos de embalagem, armazenados sob refrigeração (10°C/90% umidade relativa) com mais 5 dias sob condições ambiente (comercialização simulada)

4.5 Análise Sensorial

Na Tabela 8 são apresentadas notas relativas à aceitação dos provadores para as amostras de mamões ‘Golden’ armazenadas sob refrigeração por 15, 20, 25 e 30 dias (mais 5 dias sob condições ambiente para comercialização simulada) após serem submetidas a diferentes tratamentos: 1) acondicionamento apenas em caixa de papelão; 2) caixa de papelão + polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno (PEabs); 3) caixa de papelão mais irradiação gama (dose 0,4 kGy); e 4) caixa de papelão mais PEabs com irradiação gama (dose 0,4 kGy). Estas combinações de técnicas de conservação pós-colheita, foram as que apresentaram melhor resultados na primeira parte experimental deste trabalho.

Tabela 8 – Notas médias para aceitação na análise sensorial de mamões ‘Golden’ acondicionados em diferentes tipos de embalagem, irradiados e armazenados a 10°C, 90% de umidade relativa.

Tratamentos*	Tempo (dias)* ¹			
	15 + 5	20 + 5	25 + 5	30 + 5
CP	8,00	-	-	-
CP + PEabs	7,8	7,83	-	-
CP + RG (0,4 kGy)	7,45	7,73	7,15	-
CP + PEabs + RG 0,4 kGy	8,05	7,75	7,13	7,43
	C.V. = 12,03		s.d. = 0,91	

*F (95%) não foi significativo para os tratamentos, tempos e suas interações. Foram utilizados 50 provadores por teste.

¹Armazenamento sob refrigeração mais 5 dias sob condições ambiente, para simular comercialização.

- Amostras descartadas por perda de qualidade visual (principalmente incidência de doenças).

CP: caixa de papelão; RG –radiação gama; PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno.

Notas para aceitação: 1–4 = desgosto, 5 = nem gosto nem desgosto, 6–7 = gosto, 8 = gosto muito, 9 = gosto extremamente.

Como pode se observar nos resultados obtidos na avaliação sensorial, os provadores não conseguiram detectar diferenças significativas nas amostras de mamões ‘Golden’ submetidas as diferentes combinações de tratamentos (Tabela 8). Os valores médios dos testes se situaram entre 7,13 e 8,05, que indica que os juízes gostaram dos frutos provados.

Quanto aos comentários dos provadores, feitos nas folhas de avaliação, o mais freqüente foi que as amostras não irradiadas estavam mais doces, enquanto naquelas irradiadas faltava o gosto bem adocicado típico dos mamões do grupo Solo. Alguns ainda comentaram que a textura da polpa dos frutos acondicionados em caixa de papelão e tratados com irradiação gama, com tempo total de armazenamento de 30 dias estava um pouco mais mole.

5. CONCLUSÕES

O trabalho experimental desenvolvido permitiu as seguintes conclusões:

- o maior intervalo de armazenamento foi atingido com a seguinte combinação de técnicas: dose de 0,4 kGy, caixa de papelão e embalagem com filme de polietileno de baixa densidade de espessura 0,025mm, com mineral absorvedor de etileno (PEabs);
- a principal causa de descarte das amostras foram podridões causadas por fungos, seguida pela perda de turgidez;
- o licopeno é o pigmento predominante no mamão ‘Golden’, e não é afetado por doses de radiação gama de 0,4 e 0,7 kGy;

- para reduzir a perda de água, é recomendável que se faça a comercialização do mamão em ambiente com umidade relativa do ar em torno de 85-95%.
- a irradiação gama e a embalagem PEabs não causaram alterações significativas no sabor dos frutos;
- embora tenha apresentado uma alteração de cor da casca diferenciada quando submetido à irradiação gama, o mamão 'Golden' se mostrou menos suscetível à perda de firmeza ocasionada por este tratamento.
- o conjunto caixa de papelão+PEabs+irradiação a 0,4 kGy é, portanto, o tratamento recomendado para os mamões 'Golden' destinados à exportação para países com restrições quarentenárias para mosca das frutas.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Caracterizar a taxa respiratória e produção de etileno do mamão 'Golden' colhido com 20% de coloração amarela durante amadurecimento a temperatura ambiente; observar os mesmos parâmetros para os frutos irradiados.
- Modelos matemáticos poderiam ser avaliados com o objetivo de aperfeiçoar a temperatura de armazenamento, espessura do filme de polietileno de baixa densidade contendo absorvedor de etileno e a dose de irradiação gama com o intuito de se otimizar o armazenamento do mamão.

- Estudos envolvendo a aplicação de embalagens micro perfuradas, ou contendo sachês com material higroscópico, poderiam levar à solução do problema de condensação de água encontrado nos filmes plásticos convencionais.
- Um trabalho aprofundado sob os aspectos bioquímico e fisiológico do mamão ‘Golden’ para investigar o comportamento diferenciado desta cultivar com relação aos efeitos da irradiação gama.
- Análise sensorial com painel de provadores treinados poderia ser interessante para identificar as características que realmente diferem nos tratamentos aplicados neste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 15 ed. Arlington, 1992. 1115p.

AKAMINE, E.K. The hot water treatment of papaws in Hawaii. **Food Technology in Australia**, Sidney, v.27, n.11, p.482-483, 1975.

BALBINO, J.M.S.; COSTA, A.F.S. Crescimento e Desenvolvimento dos Frutos do Mamoeiro, do ‘Grupo Solo’ e Padrão de Qualidade. In: MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. (Eds.). **A cultura do mamão: tecnologias de produção**. Vitória, ES: Incaper, 2003. Cap. 12, p. 389-402.

BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; POTHAKAMYRY, U.R.; PALOU, E.; SWANSON, B.G. **Nonthermal preservation of foods**. New York: Marcel Dekker, 1998. 276p.

BEN-YEHOSHUA, S.; SHAPIRO, B.; EVEN-CHEN, Z.; LURIE, S. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell pepper fruits by alleviation of water stress. **Plant Physiology**, v. 73, p. 87-93, 1983.

CHANDRIKA, U.G.; JANSZ, E.R.; WICKRAMASINGHE, S.M.D.N.; WARNASURIYA, N.D. Carotenoids in yellow- and red-fleshed papaya (*Carica papaya* L.) **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, n. ?, p. 1279-1282, 2003.

CHITARRA, M.I.F. E CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL / FAEPE, 1990. 208 p.

DIEHL, J.F. **Safety of irradiated foods**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1995. 454p.

D'INNOCENZO, M.; LAJOLO, F. M. Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya fruit. **Journal of Food Biochemistry**, Trumbull, v. 25, n. 5, p. 425-438, 2001.

DOMARCO, R. E.; SPOTO, M. H. F.; BLUMER, L.; WALDER, J. M. M. Sinergia da radiação ionizante e do aquecimento na vida de prateleira da uva 'Itália'. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 981-986, 1999.

FAO. **FAOSTAT Agriculture Data**. 2003. Disponível em: <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture> Acessado em: 16 de junho de 2004.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S. **Manual de Entomologia Agrícola**. São Paulo: Ed. Agron. Ceres, 1988. 649p.

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, n. ?, p. 281-300, 1993.

GOMEZ, M.L.P.A.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. cv. Solo): influência da radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 246-252, 1999.

HAGENMAIER, R.D.; BAKER, R.A. Low-dose irradiation of cut iceberg lettuce in modified atmosphere packaging. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 45, n. 8, p. 2864-2868, 1997.

HENEINE, I.F. **Biofísica básica**. São Paulo: Livraria Atheneu Editora, 1993. 399p.

HONÓRIO, S.L. **Fisiologia pós-colheita de mamão (*Carica papaya* L.) cultivar Solo**. Campinas, 1982. 101p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.

KADER, A.A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E.L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton v. 28, p. 1-30, 1989.

LAZAN, H.; ALI, Z.M.; MOHD, A.; NAHAR, F. Water stress and quality decline during storage of tropical leafy vegetables. **Journal of Food Science**, v. 52, p. 1286-1288, 1987.

LAZAN, H.; SELAMAT, M.K.; ALI, Z.M. β -galactosidase, polygalacturonase and pectinesterase in differential softening and cell modification during papaya fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.95, p.106-112, 1995.

MANICA, I.; MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A. **Mamão: tecnologia de produção, pós-colheita, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2006. 361p.

MCGUIRE, R.G. Response of lychee fruit to cold and gamma irradiation treatments for quarantine eradication of exotic pests. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 7, p. 1255-1257, 1997.

MORRIS, S.C.; JESSUP, A.J. Irradiation. In: PAULL, R. E.; ARMSTRONG, J. W. (Eds.). **Insect pests and fresh horticultural products: treatments and responses**. Wallingford: CAB INTERNATIONAL, 1994. Chap. 9, p. 163-190.

MOY, J.H. Potential of gamma irradiation of fruits: A review. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 12, n. 5, p. 449-457, 1977.

_____. Radurization and radication: fruits and vegetables. In: JOSEPHSON, E.S.; PETERSON, M. S. (Eds.). **Preservation of food by ionizing radiation**. Boca Raton: CRC Press, 1983. v. 3, Chap. 3, p. 83-108.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Journal of Japanese Society of Food Science and Technology**, Tokyo, v. 39, n. 10, p. 925-928, 1992.

PAULL, R.E. Ripening behavior of papaya (*Carica papaya* L.) exposed to gamma irradiation. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v. 7, n. 4, p. 165-179, 1996.

PAULL, R.E., NISHIJIMA, W., REYES, M.; CAVALETTO, C. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v. 11, p. 165-179, 1997.

RYALL, A.L.; PENTZER, W.T. **Handling transportation and storage of fruits and vegetables**. Westport: AVI Publishing. 1974, v.2, 545p.

THOMAS, P. Radiation preservation of foods of plant origin. III. Tropical fruits: bananas, mangoes, and papayas. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 23, n. 2, p. 147-205, 1986.

_____. Radiation preservation of foods of plant origin. Part VI: mushrooms, tomatoes, minor fruits and vegetables, dried fruits, and nuts. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 26, n. 4, p. 313-358, 1988.

THOMAS, A.C.; BEYERS, M. γ Irradiation of subtropical fruits. 3. A comparison of the chemical changes occurring normal ripening of mangoes and papayas with changes produced by γ irradiation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.27, n.1, p. 157-163, 1979.

USDA, Treatment Schedules T 100 – Schedules for fruits, nuts and vegetables. Treatment Manual 5, 03/2004-05. Disponível em: http://www.aphis.usda.gov/ppq/manuals/pdf_files/Treatment%20Chapters/05-02-T100-5.pdf Acesso em 09 de agosto de 2004.

WANG, C.Y. Postharvest quality decline, quality maintenance and quality evaluation. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 485, p. 389-392, 1999.

WHEELER, D.R.; PACKER, J.E.; MACRAE, E.A. Responses of 'Fuyu' persimmon to γ -irradiation. **HortScience**, Alexandria, v. 24, n. 4, p. 635-637, 1989.

ZHAO, M.; MOY, J.; PAULL, R.E. Effect of gamma irradiation on ripening papaya pectin. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 8, n. 3, p. 209-222, 1996.

ZAGORY, D.; KADER, A.A.. Modified atmosphere packaging of fresh product. **Food Technology**, Chicago, v. 42, p. 70-77, 1988.

ZAGORY, D. Ethylene removing packaging. In: ROONEY, M.L. (Ed), **Active Food Packaging**. London: Blackie Academic and Professional, p.38-54, 1995.

ANEXOS

ANEXO 1



Mamões irradiados 0,4 kGy.



Mamões não irradiados.



Mamões irradiados 0,7 kGy

Figura 1 - Mamões 'Golden' colhidos com 20% de coloração amarela na casca, embalados em papel de seda e acondicionados em caixa de papelão, tratados ou não com irradiação gama, antes de entrarem para a câmara de refrigeração.

ANEXO 2

Tabela 1 – Porcentagens médias obtidas para perda de peso de mamões ‘Golden’, acondicionados em diferentes tipos de embalagem e doses de irradiação gama, armazenados a 10°C, 90% de umidade relativa.

Sem Irradiação			
Tempo¹ (dias)	Perda de Peso (%)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	5,78aA	4,59aB	5,08aAB
10	5,69aA	4,63aB	4,73abB
15	6,02aA	3,98aB	4,00bB
20	7,24bA	4,54aB	4,31bB
25	- ²	-	4,98a
30	-	-	-
35	-	-	-

Com Irradiação – Dose 0,4 kGy			
Tempo¹ (dias)	Perda de Peso (%)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	5,84aA	5,68aA	5,68abcA
10	5,90aA	5,15aA	4,75cdA
15	6,00aA	4,83aA	4,99bcdA
20	6,17aA	5,03aAB	4,40 dB
25	6,89aA	5,45aA	5,56bcA
30	6,66aA	-	5,86abA
35	-	-	6,77a

Com Irradiação – Dose 0,7 kGy			
Tempo¹ (dias)	Perda de Peso (%)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	6,53aA	5,58aB	5,61aB
10	6,64aA	5,30aB	5,01abB
15	6,75aA	5,23aB	4,52 bB
20	6,66aA	5,18aB	5,49aB
25	6,97aA	-	5,27abB
30	-	-	-
35	-	-	-

¹ Armazenamento refrigerado mais 5 dias a temperatura ambiente simulando comercialização.

² Amostras descartadas por perda de qualidade visual.

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno.

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais (horizontal), e letras minúsculas iguais (vertical), não diferem entre si pelo Teste de Tukey (5% de probabilidade).

Os valores são médias de 3 frutos por tratamento.

ANEXO 3

Tabela 2 – Valores médios do ângulo Hue, obtidos para cor da polpa de mamões ‘Golden’, acondicionados em diferentes tipos de embalagem e doses de irradiação gama, armazenados a 10°C, 90% de umidade relativa.

Sem Irradiação			
Tempo¹ (dias)	Hue		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	45,74	46,23	46,29
10	48,39	48,37	46,06
15	46,53	47,75	47,04
20	48,94	46,12	46,26
25	- ²	-	46,59
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = 2,25% s.d. = 1,06			
Com Irradiação – Dose 0,4 kGy			
Tempo¹ (dias)	Hue		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	46,46	48,18	48,06
10	46,27	47,32	48,50
15	47,86	47,52	47,68
20	47,63	47,53	48,29
25	47,39	47,99	48,19
30	48,69	-	47,76
35	-	-	48,20
C.V. = 1,32% s.d. = 0,63			
Com Irradiação – Dose 0,7 kGy			
Tempo¹ (dias)	Hue		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	46,27	46,37	46,53
10	46,38	46,74	46,46
15	48,30	48,39	47,75
20	47,20	47,66	47,49
25	48,57	-	47,18
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = 1,72% s.d. = 0,81			

¹ Armazenamento refrigerado mais 5 dias a temperatura ambiente simulando comercialização.

² Amostras descartadas por perda de qualidade visual. CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno.

C.V. = coeficiente de variação; s.d. = desvio padrão. F(95%) não significativo para todos os tratamentos e suas interações. Os valores são médias de 3 medições por fruto, num total de 3 frutos por tratamento.

ANEXO 4

Tabela 3 - Valores médios de sólidos solúveis totais (SST) determinados em polpa de mamões 'Golden', acondicionados em diferentes tipos de embalagem e doses de irradiação gama, armazenados a 10°C, 90% de umidade relativa.

Sem Irradiação			
Tempo¹ (dias)	SST (°Brix)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	11,90	11,80	11,90
10	11,88	11,90	11,87
15	12,00	11,83	11,90
20	11,87	11,87	11,90
25	- ²	-	11,93
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = 0,40% s.d. = 0,05			
Com Irradiação – Dose 0,4 kGy			
Tempo¹ (dias)	SST (°Brix)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	11,63	11,53	11,67
10	11,90	11,97	11,83
15	11,90	11,97	12,00
20	11,73	12,00	11,93
25	11,97	11,97	11,93
30	12,00	-	11,90
35	-	-	11,91
C.V. = 1,19% s.d. = 0,14			
Com Irradiação – Dose 0,7 kGy			
Tempo¹ (dias)	SST (°Brix)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	12,13	11,87	11,70
10	12,20	11,80	11,73
15	11,97	11,77	11,93
20	11,77	11,90	11,97
25	11,93	-	12,00
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = 1,23% s.d. = 0,15			

¹ Armazenamento refrigerado mais 5 dias a temperatura ambiente simulando comercialização.

² Amostras descartadas por perda de qualidade visual.

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno. C.V. = coeficiente de variação; s.d. = desvio padrão. F(95%) não significativo para todos os tratamentos e suas interações. Os valores são médias de 3 medições por fruto, num total de 3 frutos por tratamento.

ANEXO 5

Tabela 4 - Valores médios para acidez total titulável (ATT) determinados em polpa de mamões 'Golden', acondicionados em diferentes tipos de embalagem e doses de irradiação gama, armazenados a 10°C, 90% de umidade relativa.

Sem Irradiação			
Tempo¹ (dias)	ATT (g de ácido cítrico / 100g de polpa)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	0,122	0,122	0,119
10	0,126	0,122	0,121
15	0,121	0,117	0,126
20	0,127	0,122	0,121
25	- ²	-	0,124
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = 2,24% s.d. = 0,003			
Com Irradiação – Dose 0,4 kGy			
Tempo¹ (dias)	ATT (g de ácido cítrico / 100g de polpa)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	0,136	0,134	0,128
10	0,127	0,127	0,135
15	0,133	0,129	0,129
20	0,129	0,130	0,127
25	0,127	0,129	0,135
30	0,129	-	0,126
35	-	-	0,133
C.V. = 2,42% s.d. = 0,003			
Com Irradiação – Dose 0,7 kGy			
Tempo¹ (dias)	ATT (g de ácido cítrico / 100g de polpa)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	0,134	0,134	0,134
10	0,127	0,131	0,128
15	0,133	0,132	0,126
20	0,134	0,133	0,134
25	0,126	-	0,126
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = % s.d. =			

¹ Armazenamento refrigerado mais 5 dias a temperatura ambiente simulando comercialização.

² Amostras descartadas por perda de qualidade visual.

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno. C.V. = coeficiente de variação; s.d. = desvio padrão. F(95%) não significativo para todos os tratamentos e suas interações.

Os valores são médias de 3 medições por fruto, num total de 3 frutos por tratamento.

ANEXO 6

Tabela 5 - Valores médios de pH determinados em polpa de mamões 'Golden', acondicionados em diferentes tipos de embalagem e doses de irradiação gama, armazenados a 10°C, 90% de umidade relativa.

Sem Irradiação			
Tempo¹ (dias)	pH		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	4,94	4,93	4,97
10	4,97	4,96	4,98
15	4,93	4,98	4,97
20	4,92	4,98	4,95
25	- ²	-	4,96
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = 0,41% s.d. = 0,02			
Com Irradiação – Dose 0,4 kGy			
Tempo¹ (dias)	pH		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	4,91	4,93	4,91
10	4,92	4,93	4,97
15	4,96	4,99	4,90
20	4,91	4,90	4,96
25	4,94	4,93	4,90
30	4,96	-	4,99
35	-	-	4,92
C.V. = 0,60% s.d. = 0,03			
Com Irradiação – Dose 0,7 kGy			
Tempo¹ (dias)	pH		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	4,91	4,90	5,00
10	5,01	4,93	4,98
15	4,95	5,04	4,94
20	5,03	4,90	5,00
25	4,95	-	4,93
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = 0,96% s.d. = 0,05			

¹ Armazenamento refrigerado mais 5 dias a temperatura ambiente simulando comercialização.

² Amostras descartadas por perda de qualidade visual.

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno. C.V. = coeficiente de variação; s.d. = desvio padrão. F(95%) não significativo para todos os tratamentos e suas interações.

Os valores são médias de 3 medições por fruto, num total de 3 frutos por tratamento.

ANEXO 7

Tabela 6 – Concentrações médias de licopeno determinados em polpa de mamões ‘Golden’, acondicionados em diferentes tipos de embalagem e doses de irradiação gama, armazenados a 10°C, 90% de umidade relativa.

Sem Irradiação			
Tempo¹ (dias)	Licopeno (µg/ml de polpa)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	19,49	20,09	21,39
10	23,90	19,16	22,30
15	21,65	23,55	21,96
20	21,65	22,33	24,13
25	- ²	-	21,08
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = 7,20% s.d. = 1,57			
Com Irradiação – Dose 0,4 kGy			
Tempo¹ (dias)	Licopeno (µg/ml de polpa)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	19,73	21,12	21,19
10	19,21	22,90	21,38
15	21,22	22,47	21,79
20	22,74	21,37	23,13
25	23,58	22,92	22,68
30	22,12	-	21,66
35	-	-	23,68
C.V. = 5,57% s.d. = 1,22			
Com Irradiação – Dose 0,7 kGy			
Tempo¹ (dias)	Licopeno (µg/ml de polpa)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	22,07	21,70	21,66
10	22,05	22,25	21,34
15	22,94	21,52	22,72
20	20,77	22,82	22,51
25	22,97	-	22,87
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = 3,10% s.d. = 0,69			

¹ Armazenamento refrigerado mais 5 dias a temperatura ambiente simulando comercialização.

² Amostras descartadas por perda de qualidade visual.

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno. C.V. = coeficiente de variação; s.d. = desvio padrão. F(95%) não significativo para todos os tratamentos e suas interações.

Os valores são médias de 3 medições por fruto, num total de 3 frutos por tratamento.

ANEXO 8

Tabela 7 – Concentrações médias de β -caroteno determinados em polpa de mamões ‘Golden’, acondicionados em diferentes tipos de embalagem e doses de irradiação gama, armazenados a 10°C, 90% de umidade relativa.

Sem Irradiação			
Tempo¹ (dias)	β-caroteno ($\mu\text{g/ml}$ de polpa)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	1,44	1,41	1,58
10	1,60	1,39	1,65
15	1,52	1,48	1,55
20	1,60	1,65	1,62
25	- ²	-	1,56
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = % s.d. =			
Com Irradiação – Dose 0,4 kGy			
Tempo¹ (dias)	β-caroteno ($\mu\text{g/ml}$ de polpa)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	1,27	1,56	1,60
10	1,31	1,69	1,58
15	1,57	1,66	1,61
20	1,68	1,58	1,71
25	1,74	1,69	1,68
30	1,67	-	1,60
35	-	-	1,79
C.V. = 8,22% s.d. = 0,13			
Com Irradiação – Dose 0,7 kGy			
Tempo¹ (dias)	β-caroteno ($\mu\text{g/ml}$ de polpa)		
	CP	CP + PE	CP + PEabs
7	1,63	1,60	1,60
10	1,63	1,64	1,58
15	1,70	1,59	1,68
20	1,54	1,69	1,66
25	1,70	-	1,69
30	-	-	-
35	-	-	-
C.V. = 3,11% s.d. = 0,05			

¹ Armazenamento refrigerado mais 5 dias a temperatura ambiente simulando comercialização.

² Amostras descartadas por perda de qualidade visual.

CP: caixa de papelão, PE: polietileno de baixa densidade (0,05mm); PEabs: polietileno de baixa densidade (0,025mm) impregnado com mineral absorvedor de etileno. C.V. = coeficiente de variação; s.d. = desvio padrão. F(95%) não significativo para todos os tratamentos e suas interações.

Os valores são médias de 3 medições por fruto, num total de 3 frutos por tratamento.