AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESTUDO DE TRATAMENTOS FITOSSANITÁRIOS NA MANGA
(MANGÍFERA INDICA L.) PARA EXPORTAÇÃO**

JULIANA NUNES DA CRUZ

**Dissertação apresentada como
parte dos requisitos para
obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de Tecnologia
Nuclear – Aplicações.**

**Orientadora:
Dra. Susy Frey Sabato**

**SÃO PAULO
2010**

“Loucura? Sonho? Tudo é loucura ou sonho no começo. Nada do que o homem fez no mundo teve início de outra maneira, mas tantos sonhos se realizaram que não temos o direito de duvidar de nenhum.”
Monteiro Lobato

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela saúde, pela sabedoria e por me colocar no caminho certo.

À Professora Dra. Susy Frey Sabato pela oportunidade desde a iniciação científica, pela confiança no meu trabalho, incentivo, além da amizade durante todo o tempo que trabalhamos juntas.

À Professora Dra. Beatriz R. Cordenunsi pela parceria, apoio e ajuda, pela confiança, pelos ensinamentos e por engrandecer ainda mais este trabalho

À Cecília Vasconcellos, funcionária da empresa Timbaúba Agrícola pelo fornecimento das mangas.

Aos funcionários do IPEN, que de uma maneira ou de outra contribuíram para o seguimento desta pesquisa. Meu agradecimento, em especial, à Yasko Kodama, pela enorme ajuda e apoio na realização da irradiação dos frutos.

Ao Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, pelo apoio na realização das análises.

Aos amigos, companheiros da pós-graduação, Natália, Adriana e Pedro, pela companhia, incentivo e risadas durante essa etapa.

À amiga, Claudinéia Soares, pelos ensinamentos, pela paciência e ajuda para a finalização deste trabalho.

Aos amigos que conquistei: Geovana, Renata, Talita, Florence e Lorenzo.

À Fernanda Peroni, pela participação e contribuição no Seminário de Área e no trabalho final.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo auxílio financeiro.

Aos meus pais e à minha irmã pelo apoio, incentivo e por sempre acreditarem em mim.

Às amigas, Aline e Gabriela e aos amigos Felipe, João, Marco, Vitor e Munir pela amizade e torcida durante essa etapa da minha vida.

A todos que me compreenderam e me apoiaram para que este trabalho fosse concretizado.

A todos, muito obrigada!

ESTUDO DE TRATAMENTOS FITOSSANITÁRIOS NA MANGA (MANGÍFERA INDICA L.) PARA EXPORTAÇÃO

Juliana Nunes da Cruz

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo verificar e comparar o comportamento químico e físico-químico da manga cv. Tommy Atkins submetida aos tratamentos hidrotérmico e a irradiação nas doses 0,4 kGy e 1,0 kGy, a fim de complementar os estudos feitos por SABATO *et al* (2009) no teste de transporte real de mangas irradiadas do Brasil para o Canadá. Esses estudos permitiram comparar o desempenho da irradiação com o tratamento térmico quanto à preservação das características da manga destinada à exportação. Para tanto as mangas foram divididas em grupos: controle; banho térmico (46°C por 90 min); dose 0,4 kGy e dose 1,0 kGy. Os frutos foram mantidos em câmara fria (11°C ± 2) por 14 dias, e, posteriormente, a temperatura ambiente (23°C ± 2) até o fim de sua vida útil. Durante o período de armazenamento a baixa temperatura, as análises foram realizadas em intervalos de 7 dias; e a cada 3 dias, quando mantidos a temperatura ambiente. Os resultados indicaram que a dose de 1,0 kGy foi o único grupo que manteve os frutos com a coloração da casca no estágio 3 durante todo período do experimento, porém promoveu uma maior perda de textura e degradação nos teores de acidez total titulável nos frutos ainda verdes. Notou-se que somente o grupo controle apresentou teores mais altos de ácido cítrico e succínico no último dia de experimento. Não houve diferenças significativas nos valores de sólidos solúveis totais, açúcares totais e avaliação de massa fresca em relação aos tratamentos avaliados. A análise de observação visual indicou que o grupo do banho térmico foi o que obteve o maior número de descarte dos frutos por decomposição com, aproximadamente, 55%. Concluiu-se que a irradiação é mais efetiva para a preservação da qualidade de mangas cv. Tommy Atkins, diminuindo o surgimento de podridões ou murchamento em relação ao tratamento térmico. Entretanto, a preservação da qualidade extrínseca do fruto não é concomitantemente influenciada pelas suas características intrínsecas, uma vez que, internamente, os frutos continuam seu amadurecimento normal, independente da dose aplicada.

STUDY OF QUARANTINE TREATMENT IN MANGO (MANGÍFERA INDICA L.) FOR EXPORT

Juliana Nunes da Cruz

ABSTRACT

The purpose of the present study was to verify and compare the chemical and physical-chemical behaviour of mango cv. Tommy Atkins subjected to hydrothermal treatment and irradiation at doses 0.4 and 1.0 kGy, to complement the studies by SABATO et al (2009) in the real transport of irradiated mangoes from Brazil to Canada. These studies allowed to compare the performance of irradiation with heat treatment on the preservation of the characteristics of mango for export. For these reason fruits were divided into groups: control, heat bath (46 ° C for 90 min), at dose 0.4 kGy and at dose 1.0 kGy. The fruits were stored at low temperature (11 ° C $\pm$ 2) for 14 days, and then at room temperature (23 ° C $\pm$ 2) until the end of its useful life. During the period of cold storage the analysis were performed at intervals of 7 days and every 3 days when kept at room temperature. The results indicated that the dose of 1.0 kGy was the only group that kept the fruit with the skin color on stage 3 throughout the experimental period, but provided a greater loss of texture degradation and the levels of total acidity in the fruits with green skin. It was noted that only the control group showed higher levels of citric acid and succinic acid in the last day of the experiment. There were no significant differences in soluble solids, total sugars and evaluation of weight in relation to treatments. The analysis of visual observation indicated that the heat bath group was the one with the highest number of fruit drop by decomposition with approximately 55%. It was concluded that irradiation is more effective in preserving the quality of mangoes cv. Tommy Atkins, reducing the appearance of rot or shriveling in relation to heat treatment. However, the preservation of the skin of fruit is not concurrently influenced by its intrinsic nature, since, internally, the fruits continue their normal maturation, independent of the applied dose.

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 A manga.....	16
3.2 Pós-colheita da manga	17
3.3 Propriedades físico-químicas da manga	19
3.3.1 Cor da casca e da polpa.....	19
3.3.2 Textura	21
3.3.3 Sólidos solúveis totais (SST)	22
3.3.4 Ácidos orgânicos, acidez total titulável (ATT) e pH	23
3.3.5 Carboidratos.....	23
3.3.6 Massa fresca.....	25
3.2 Pragas e doenças	26
3.3 Produção e exportação de manga.....	28
3.4 Transporte e acondicionamento dos frutos	31
3.5 Tratamento fitossanitário	32
3.5.1 Tratamento hidrotérmico	34
3.5.2 Tratamento por irradiação.....	35
3.5.2.1 Efeito da irradiação nos frutos	37
4. MATERIAIS E MÉTODOS	40

4.1 Materiais	40
4.2 Fracionamento do lote e tratamento.....	40
4.3 Análises químicas e físico-químicas.....	41
4.3.1 Cor da casca	42
4.3.2 Textura da casca e da polpa	42
4.3.3 Cor da polpa.....	43
4.3.4 pH.....	43
4.3.5 Acidez total titulável (% de ácido cítrico)	44
4.3.6 Ácidos orgânicos.....	44
4.3.7 Sólidos solúveis totais (SST).....	44
4.3.8 Carboidratos.....	44
4.3.8.1 Determinação de amido	44
4.3.8.2 Açúcares solúveis	45
4.3.9 Avaliação de massa fresca	45
4.4 Análise estatística	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 Cor da casca	46
5.2. Textura.....	48
5.3. Cor da polpa.....	52
5.4. Acidez total titulável (ATT) e pH.....	57
5.5. Ácidos orgânicos.....	62
5.6. Sólidos solúveis totais (SST)	66
5.7. Carboidratos.....	68

5.8. Avaliação de massa fresca e observação visual.....	75
6. CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

Lista de tabelas

TABELA 1 – Composição Nutricional da Manga.....	16
TABELA 2 – Valores médios da cor da casca da manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento	47
TABELA 3 – Valores médios de textura da casca e da polpa da manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento	49
TABELA 4 – Valores médios dos parâmetros de cor avaliados na manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento	54
TABELA 5 – Valores médios de ATT em manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento	57
TABELA 6 – Valores médios de pH na manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento	60
TABELA 7 – Valores médios nos teores de ácidos orgânicos encontrados na manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.....	64
TABELA 8 – Valores médios do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) na manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.....	66
TABELA 9 – Valores médios dos teores de amido encontrados na manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento	68
TABELA 10 – Valores médios dos açúcares solúveis encontrados na manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento	74
TABELA 11 – Perda de massa fresca de cada tratamento	75

Lista de figuras

FIGURA 1 – Aspecto externo do fruto em função do estágio de maturação: 1 – totalmente verde; 2 – 75% verde e 25% roxa; 3 – 50% vermelho arroxeadado e 50% verde, 4 – 25% verde e 75% vermelho; 5 – 25% amarela e 75% vermelha	20
FIGURA 2 – Coloração da polpa em função do estágio de maturação: 1 - polpa 100% na cor creme, 2 - 30% de cor amarela, partindo do centro do fruto; 3 - 30 a 60% da polpa na cor amarela, 4 - 60% cor amarela e 30% cor laranja; 5 - 90% de cor laranja.....	20
FIGURA 3 – Sintomas da <i>Sternochetus mangiferae</i> em mangas cv. Kensington (a) e da Antracnose (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) em frutos maduros cv. Tommy Atkins (b).	27
FIGURA 4 – Evolução da quantidade de manga exportada dos cinco principais países entre os anos de 2001 a 2007	29
FIGURA 5 – Evolução da quantidade de manga comercializada no CEAGESP em São Paulo das três variedades mais importantes.....	30
FIGURA 6 – Aplicação do tratamento hidrotérmico na manga	40
FIGURA 7 – Escala de cor da casca da manga	42
FIGURA 8 – Análise da textura na manga no Texturômetro	42
FIGURA 9 – Representação de um sólido de cor no Espaço de Cor L*, C* e °Hue	43
FIGURA 10 – Perfil do desenvolvimento da cor da casca da manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento: (□) Controle; (■) Banho Térmico; (■) Dose 0,4 kGy; (■) Dose 1,0 kGy. Os valores correspondem a média ± desvio padrão de 6 repetições	46
FIGURA 11 – Perfil de textura da casca (■) e da polpa (■) na manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. . Os valores correspondem a média ± desvio padrão de 6 repetições.....	50
FIGURA 12 – Perfil dos parâmetros de cor da polpa a manga cv. Tommy Atkins durante 24 dias de armazenamento	53

FIGURA 13 – Escurecimento da polpa da manga irradiada na dose 1,0 kGy no dia 24.....	56
FIGURA 14 – Perfil do teor de ATT (% de ácido cítrico) da manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 6 repetições.....	58
FIGURA 15 – Perfil de crescimento do pH da manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 6 repetições	61
FIGURA 16 – Perfil do teor de ácidos orgânicos de cada tratamento na manga <i>cv.</i> Tommy Atkins nos dias 0; 1; 14 e 24. . Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 3 repetições	63
FIGURA 17 – Perfil do teor de sólidos solúveis totais na manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 6 repetições	67
FIGURA 18 – Perfis de amido ($\blacktriangle$) e açúcares solúveis totais ($\square$) (AST) na manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 3 repetições	70
FIGURA 19 – Médias de açúcares solúveis glicose, frutose e sacarose de cada tratamento na manga <i>cv.</i> Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 3 repetições.....	72

1. INTRODUÇÃO

A manga (*Mangífera indica L.*) é uma fruta tropical de grande importância econômica e muito apreciada por suas características no sabor, aroma e coloração. De acordo com a Food and Agriculture Organization - FAO (2007), o Brasil é o terceiro maior exportador de manga, perdendo apenas para o México e Índia. A região Nordeste é a principal região produtora de manga do país com 76,31% de produção nacional, tendo como destaque o Vale do São Francisco (IBGE, 2007; PINTO *et al.*, 2002).

Um dos requisitos exigidos pelos Estados Unidos e Europa para a importação da manga no mercado é o certificado que engloba o tratamento fitossanitário, sendo o tratamento hidrotérmico o mais convencionalmente aplicado. Contudo, estudos mostram que esse tipo de tratamento pode causar prejuízos ao fruto por acelerar seu amadurecimento, levando a uma diminuição de sua vida útil. (JACOBI *et al.*, 2000; JACOBI *et al.*, 2001; TALCOTT *et al.*, 2005).

A manga é uma fruta altamente perecível, sendo sua distribuição para centros distantes limitada pela curta vida pós-colheita à temperatura ambiente, o que tem levado os países exportadores, como o Brasil, a tomar medidas que assegurem a qualidade do fruto, aumentando a sua vida útil. Nesse contexto, diversos estudos comprovam que o tratamento por irradiação garante a desinfestação completa e, dependendo de como aplicado, o retardo em seu amadurecimento, sendo considerado também um tratamento fitossanitário (GAGNON *et al.*, 1993; FOLLET, 2004; BROISLER, 2007).

Os autores Sabato *et al.*, (2009), estudaram as propriedades físico-químicas e sensoriais da manga cv. Tommy Atkins tratada por banho térmico e irradiada na dose 0,4 kGy e 1,0 kGy quando exportadas do Brasil para o Canadá. Os autores concluíram que as propriedades físico-químicas tanto da manga tratada por banho térmico como a irradiada apresentaram o mesmo comportamento de maturação. Entretanto, os autores constataram que as amostras irradiadas na dose mais alta apresentaram perda de firmeza na textura e escurecimento na polpa do fruto. O que não se conseguiu concluir foi se fatores externos, como condições de transporte ou temperatura, tiveram influência sobre esses resultados.

Diante do exposto e em complemento a esse estudo, foram aplicados dois tratamentos fitossanitários na manga: o hidrotérmico e a irradiação, e em seguida, foram realizadas as análises físico-químicas utilizadas por SABATO *et al.* (2009) nas exatas condições de tempo e temperatura de armazenamento dos frutos para exportação.

Entretanto, outras análises foram acrescentadas para avaliar melhor o comportamento dos frutos diante desses tratamentos.

Cabe ressaltar que a desinfestação pela irradiação já está bastante explorada e consolidada no banco de dados IDIDAS (International Database on Insect Disinfestation and Sterilization) realizado pela International Atomic Energy Agency – IAEA.

Sendo assim, este estudo permitiu comparar os efeitos da aplicação de cada tratamento fitossanitário (banho térmico e irradiação) quanto à preservação das características da manga destinada à exportação.

2. OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho foi verificar e comparar o efeito da aplicação de cada tratamento fitossanitário (banho térmico e irradiação) na qualidade na manga *cv.* Tommy Atkins de forma que a eficiência de sua comercialização aumente, mantendo suas características físico-químicas e diminuindo perdas pós-colheita.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A manga

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma dicotiledônea pertencente à família Anacardiaceae. Seu fruto é constituído de um pericarpo polposos, de aroma e cor muito agradáveis (MEDLICOTT E THOMPSON, 1985). Atualmente, este fruto tornou-se amplamente popular em função do seu grande consumo nos países norte-americanos, asiáticos e, também, na Europa (PIMENTEL *et al.*, 2000).

A manga é o terceiro fruto mais exportado do Brasil, perdendo apenas para a uva e o melão, respectivamente (SECEX/IBRAF, 2008), destacando-se, assim, a sua relevância no comércio de frutos.

Entre as principais cultivares de manga, no mercado nacional, destaca-se a Bourbon, Carabao, Rubi, Rosa, Tommy Atkins, Haden entre outras (LYNCH, 1954; MANICA *et al.*, 2001). A sua composição é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 – Composição Nutricional da Manga.

Composição	Para 100g de polpa
Água (g)	91,7
Calorias (kcal)	64,0 – 73,0
Proteínas (g)	0,40 – 0,70
Carboidratos	0,30 – 0,40
Total(g)	16,8
Fibra (g)	0,62 – 1,64
Pectina (g)	0,96 – 3,06
Cálcio (mg)	10 – 34
Ferro (mg)	0,39 – 0,78
Fósforo (mg)	17 – 54
Sódio (mg)	7,0 – 23,1
Potássio (mg)	76,2 – 189,3
Magnésio (mg)	18
Vitamina A (u.d.)	18,160 – 4800
Vitamina C (mg)	32 – 200
Tiamina (mg)	0,010 – 0,051
Roboflavina (mg)	0,023 – 0,061
Niacina (mg)	0,20 - 1,10

Fonte: adaptado de Manica *et al.*, 2001.

Outros componentes como o β -caroteno, também, podem ser encontrados em frutos de mangas. Vale ressaltar que este carotenóide é um precursor natural de Vitamina A, do qual representa um amplo grupo de pigmentos naturais com cores que variam do amarelo ao vermelho, sendo encontrados em tecidos fotossintéticos (folhas verdes), não fotossintéticos (frutos, flores, sementes e raízes), algas, bactérias, fungos e leveduras (SOUZA & VILAS BOAS, 2002; ALMEIDA-MURADIAN, 2003; YUYAMA et al., 2007). Neste contexto, a presença destes compostos é relevante para a qualidade deste fruto, sendo que a quantidade de Pró-vitamina A presente na polpa de mangas pode variar de 770 a 12.340 unidades internacionais (MANICA et al., 2001).

As diferentes cultivares e suas características metabólicas podem apresentar alterações que, possivelmente, afetam a longevidade pós-colheita destes frutos. Os teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e vitamina C, também, estão sujeitos a variação (MANICA et al., 2001).

3.2 Pós-colheita da manga

Utilizando como critério a variação da respiração durante a maturação, os frutos são classificados em climatéricos e não-climatéricos. Frutos climatéricos apresentam um aumento rápido e significativo da respiração, além da produção de etileno. As etapas desse aumento são divididas em: pré-climatérico, pico climatérico e pós-climatérico. Pode-se destacar nesta classificação a banana, a maçã e o mamão. Frutos não-climatéricos apresentam uma maturação relativamente lenta, acompanhada de uma variação pouco significativa da respiração quando comparada à dos frutos climatéricos. Pode-se destacar o limão, o abacaxi e a laranja (AWAD, 1993).

A manga é um fruto climatérico o qual se caracteriza por um aumento rápido e significativo da respiração imediatamente antes, ou durante o amadurecimento e aumento na produção autocatalítica do etileno (AWAD, 1993).

Este aumento de respiração nos frutos é devido à demanda de energia e de carbono, que são gastos nos processos de síntese, por exemplo, de novas proteínas, característicos do amadurecimento (BYALE e YOUNG, 1981; BERNARDES-SILVA, 2000).

O desenvolvimento do fruto da manga, da fertilização até sua plena maturidade, está dividido em quatro estágios distintos (MANICA et al., 2001):

1. *Juvenilidade*: rápida divisão e intenso crescimento celular, elevada taxa respiratória e alta porcentagem de água;
2. *Amadurecimento ou Adolescência*: taxa de crescimento exponencial, aumento dos compostos aromáticos, grande incremento das taxas respiratórias;
3. *Maturação ou Climatérico*: ocorre o máximo da atividade respiratória, ascensão do pico climatérico, alcanço da plena maturidade;
4. *Senescência*: período pós-climatérico, redução da taxa de respiração, redução da acidez, aumento de açúcares.

O início do climatérico ocorre aproximadamente quando o fruto atinge seu tamanho máximo (cultivar Tommy Atkins varia entre 9 a 13,2cm de comprimento e entre 8,23 a 10,25cm de diâmetro maior), e a maturação pode ocorrer na planta ou fora dela. Se o objetivo é armazenar o fruto durante o maior tempo possível, ele deverá ser colhido no estágio pré-climatérico e conservado nessa fase durante o armazenamento. Na fase pré-climatérica o fruto já acumulou todas as suas reservas, estando, portanto, fisiologicamente maduro. A melhor qualidade do fruto para consumo *in natura* é atingida na proximidade do pico climatérico, que coincide com a melhor qualidade do fruto nos conceitos sabor, textura, aroma e cor. (AWAD, 1993).

Segundo Manica *et al.* (2001) o tempo de amadurecimento pós-colheita da manga, em média, é de 2 a 9 dias, dependendo da cultivar e do grau de maturidade no momento da colheita.

Existem diversos fatores que inibem o metabolismo respiratório, adiando a ocorrência do climatérico, e consequentemente, conseguem prolongar a vida de prateleira do fruto (AWAD, 1993). Dentre esses fatores, pode-se destacar a temperatura que influencia diretamente as reações metabólicas associadas à respiração. Baixas temperaturas aplicadas a frutos climatéricos podem reduzir sua taxa respiratória e inclusive retardar o pico climatérico. Há registros na literatura de casos em que temperaturas baixas próximas ao limite fisiológico de tolerância do fruto podem suprimir o pico climatérico. (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

A concentração de oxigênio é outro fator diretamente relacionado com a taxa respiratória. Em atmosferas ricas em oxigênio o metabolismo aeróbico predomina e o amadurecimento do fruto acontece proporcionalmente à taxa de consumo desse gás. A redução da concentração de oxigênio a níveis abaixo de 10% pode ser utilizada como técnica para reduzir a taxa respiratória e consequentemente prolongar a vida do fruto. A redução da respiração pode ser obtida por diferentes métodos, dentre eles o

armazenamento em atmosfera controlada ou modificada (PANTASTICO, 1975; AWAD, 1993).

3.3 Propriedades físico-químicas da manga

As mudanças físicas e químicas que ocorrem nos frutos durante o amadurecimento podem afetar sua qualidade e conservação. No entanto um único padrão de amadurecimento não pode ser aplicado a todos os frutos, devido ao seu próprio metabolismo, ao envolvimento de diferentes processos na produção de pigmentos, componentes de sabor e aroma e a variação no acúmulo de determinados componentes (ABELES *et al.*, 1997).

Durante o amadurecimento da manga, podem-se verificar várias alterações na firmeza da polpa, nos teores de açúcares totais, coloração da casca e da polpa, na composição e teor dos ácidos orgânicos, na perda de massa, na diminuição de acidez titulável e no aumento de sólidos solúveis totais e pH (FUCHS *et al.*, 1975). É importante o conhecimento dessas alterações, visando estabelecer tecnologias mais adequadas de manuseio e tratamento pós-colheita. Tais indicadores servem como parâmetro de qualidade do fruto e estão descritos nas subseções a seguir.

3.3.1 Cor da casca e da polpa

Durante o amadurecimento da manga, a transformação física que ocorre é a mudança na cor da casca e da polpa, sendo o primeiro, o critério mais importante utilizado pelo consumidor para julgar sua maturidade (AWAD, 1993).

A mudança mais comum consiste no desaparecimento da cor verde, seguido do aparecimento de várias cores que variam do amarelo ao vermelho. Durante o amadurecimento, ocorre síntese de pigmentos, como os carotenóides e os flavonóides (antocianinas) associados à degradação da clorofila (AWAD, 1993).

A casca da manga se inicia com uma tonalidade verde oliva, passa a verde-clara brilhante, e posteriormente, aparece coloração entre amarela ou vermelha arroxeada, dependendo da cultivar (BROISLER, 2007). O desenvolvimento da cor da casca da manga ao longo do seu amadurecimento é classificado em cinco estágios de acordo com a escala proposta pela Embrapa (2004) (FIG. 1).

FIGURA 1 - Aspecto externo do fruto em função do estágio de maturação: 1 – totalmente verde; 2 – 75% verde e 25% roxa; 3 – 50% vermelho arroxeado e 50% verde, 4 – 25% verde e 75% vermelho; 5 – 25% amarela e 75% vermelha.

Fonte: EMBRAPA, 2004.

Já a polpa se inicia com cor creme por completa, ocorrendo uma mudança em até 30% para a cor amarela partindo do endocarpo (caroço) em direção ao exocarpo (casca), como se pode verificar na FIG. 2. Posteriormente, esse amarelo corresponde 30 a 60% da polpa, atingindo uma cor amarela-laranja (60% cor amarela e 30% cor laranja). No final da maturação, o fruto apresenta uma polpa com 90% de cor laranja (FILGUEIRAS *et al.*, 2000).

FIGURA 2 - Coloração da polpa em função do estágio de maturação: 1 - polpa 100% na cor creme, 2 - 30% de cor amarela, partindo do centro do fruto; 3 - 30 a 60% da polpa na cor amarela, 4 - 60% cor amarela e 30% cor laranja; 5 - 90% de cor laranja.

Fonte: EMBRAPA, 2004.

É importante citar que quando os frutos são colhidos muito verdes, não amadurecem completamente. Ao mesmo tempo, os frutos colhidos muito maduros, com a casca pouco resistente, são muito sensíveis às batidas e aos ataques de doenças, deterioram-se rapidamente, o que reduzem o tempo de armazenamento e não podem ser enviados para mercados distantes. Sendo assim, é essencial fazer a colheita dos mesmos no correto estágio de maturação, para facilitar o transporte para locais distantes e para aumentar o tempo de armazenamento (ROCHA *et al.*, 2001; MANICA *et al.*, 2001).

Como a manga é um fruto altamente perecível, precisa ser comercializada rapidamente para não perder valor. Segundo os produtores do Vale do São Francisco citado por Souza *et al.*, (2009), a manga deve chegar ao cliente final entre vinte e vinte e nove

dias. Dentro desse período, devem-se contar três dias para a colheita, um dia para processamento no galpão de embalagem, um dia para transporte do galpão para o porto de origem, um dia de espera no porto para ser embarcada e doze dias de transporte marítimo, o que deixaria cerca de sete dias para viabilizar sua comercialização.

Para tentar minimizar esse problema, as mangas são colhidas num processo de maturação bastante inicial. A manga destinada para o mercado externo é colhida no estágio dois de maturação (vide FIG. 1). No caso do fruto ser vendido rapidamente no mercado internacional e não estar no estágio de maturação ideal para ser colocado no ponto de venda, ele é tratado com etileno para acelerar o amadurecimento (SOUZA *et al.*, 2009)

Filgueiras *et al.* (2000) relataram que atualmente se recomenda como ponto de colheita para manga destinada a Europa e Canadá entre os estágios 2 e 3, com cor da casca verde e arroxeadas.

3.3.2 Textura

Após a mudança de cor, a perda de firmeza é a transformação mais característica que ocorre durante a maturação da manga. É muito importante do ponto de vista econômico, já que afeta sua qualidade e resistência ao transporte (AWAD, 1993). A textura é um dos atributos de qualidade, que muitas vezes dita a vida de prateleira de um fruto (TUCKER, 1993).

Este amolecimento pode ser resultado de três mecanismos: perda de turgidez, degradação de amido ou degradação da parede celular (TUCKER, 1993).

A perda de turgidez ocorre em função da perda de água que pode ser equivalente a 5-10% do peso fresco do fruto. Embora isso não tenha consequências sérias em termos fisiológicos, em geral diminui sua aceitação comercial (TUCKER, 1993).

A degradação de amido resulta em uma pronunciada mudança de textura, especialmente em frutos onde a porcentagem de amido é alta, como a banana. (MCRAE *et al.*, 1992).

Mas, dentre estes mecanismos, o mais importante é a degradação da parede celular. Segundo Tucker (1993) as alterações na firmeza durante o amadurecimento resultam, predominantemente da desestruturação da parede celular e, portanto, mudanças na textura do fruto. Uma vez iniciado o amolecimento, a taxa de mudança na firmeza é função do tipo de fruto e das condições nas quais é mantido (KAYS, 1991).

A parede celular é composta por duas camadas distintas, sendo uma formada por microfibrilas compostas por celulose e, outra microcristalina formada por pectinas e hemiceluloses. A hidrólise das pectinas, das hemiceluloses e da celulose da lamela média e da parede celular, por várias enzimas, provoca o amolecimento da maioria dos frutos (AWAD, 1993). Ainda, segundo este autor as enzimas que podem estar relacionadas com estas transformações são as galactosidases, as pectinametilsterases, as poligalacturonases e as celulasas.

Os valores médios avaliados na firmeza das mangas são decrescentes com o avanço da maturação, sendo que as mangas exportadas pelo Brasil apresentam uma variação de textura entre 85 a 114 N (MANICA *et al.*, 2001).

Lucena *et al.*, (2000) estudou a caracterização físico-química da manga cv. Tommy Atkins, nos estágios 2, 3 e 4 de maturação. Os autores constaram que a textura foi de 95,41; 85,93 e 48,75 N, respectivamente.

3.3.3 Sólidos solúveis totais (SST)

O teor de sólidos solúveis totais (SST), medido em °Brix, normalmente é feito com o objetivo de se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes nos frutos, incluindo pectinas, sais e ácidos. O teor de SST nos frutos aumenta com o amadurecimento, sendo os seus principais constituintes os açúcares solúveis (LIMA, 1997).

O teor de SST na manga varia dependendo da cultivar e do estágio de maturação do fruto. Segundo Manica *et al.* (2001) algumas cultivares, como a Palmer, apresentam teores entre 13,5 a 17,49%, a Keitt entre 12,80 a 21,3% e a Bourbon entre 11,60 a 20,20%. Já a cultivar Tommy Atkins apresenta um teor entre 15,6 a 16,24%.

Segundo este mesmo autor, um dos índices seguros de maturidade para algumas cultivares na época da colheita é a medição do SST. Uma manga colhida com 7 a 8°Brix amadurece normalmente. No entanto, os frutos tem maior valor comercial no mercado quando apresenta teores entre 12 a 15°Brix.

3.3.4 Ácidos orgânicos, acidez total titulável (ATT) e pH

O conteúdo de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento na maioria dos frutos tropicais, devido à utilização desses ácidos no ciclo de Krebs como fonte de energia durante o processo respiratório e até como fonte de carbono para a síntese de açúcares (CHITARRA e CHITARRA, 2005; BERNARDES-SILVA, 2000).

As mangas verdes, fisiologicamente desenvolvidas, contêm os seguintes ácidos: málico e cítrico em maior quantidade e os demais, oxálico, succínico, oxalacético, alfa-oxiglutarico e pirúvico. A acidez aumenta no sentido exocarpo (casca) para o endocarpo (caroço) (MANICA *et al.*, 2001).

A acidez total, que é normalmente expressa em cítrico ou málico, demonstra que os frutos possuem uma acidez que varia de 0,17 a 3,66% quando se apresentam verdes e de 0,11 a 0,56% quando estão maduros (MANICA *et al.*, 2001).

Durante o amadurecimento há a diminuição da acidez e consequentemente aumento do pH. A manga é considerada um fruto ácido na maioria das cultivares, pois apresenta valores de pH abaixo de 6. Dependendo da cultivar e do estágio de maturação do fruto, algumas apresentam valores mais baixos como a Tommy Atkins que varia entre 3,5 a 3,7 conforme Lucena *et al.* (2000) chegando até mesmo a 4,6 conforme Manica *et al.* (2001).

3.3.5 Carboidratos

A reserva de carbono mais importante em plantas superiores é o amido que é composto por dois polímeros de glicose: a amilose e a amilopectina (DENNYS E BLAKELEY, 2000).

Umas das mudanças quantitativas mais importantes durante a maturação dos frutos é a hidrólise do amido, e sua conversão em açúcares que contribuem para o sabor doce. Esta é uma característica dos frutos climatéricos do qual possibilita que eles sejam colhidos ainda verdes e tenham uma vida pós-colheita mais longa que os frutos não-climatéricos. Compreende-se, assim, porque frutos como laranja, melão, melancia e uva (não-climatéricos) devem ser colhidos prontos para o consumo, uma vez que o processo de adoçamento não se desenvolve após a colheita (AKAZAWA e OKAMOTO, 1980 citado por BERNARDES-SILVA, 2000).

De acordo com Evangelista (1999), o amido que se acumula durante o crescimento do fruto é rapidamente degradado durante o amadurecimento, uma vez, que esta diminuição é evidente no amiloplasto, onde os grânulos de amido tornam-se menores e praticamente desaparecem no fruto maduro.

Segundo Bernardes-Silva (2000) a manga acumula pouco amido, cerca de 1,6% durante a fase de formação do fruto. Diferente da banana, por exemplo, que acumula cerca de 20% de amido, que é degradado durante o amadurecimento, com concomitante acúmulo de açúcares solúveis com cerca de 16% (CORDENUNSI e LAJOLO, 1995; AREAS e LAJOLO, 1981).

A quantidade de amido degradado da manga pós-colheita não é suficiente para justificar a quantidade de sacarose acumulada no fruto. Sendo assim, é provável que o adoçamento da manga comece com o fruto ainda ligado á arvore e continua após a colheita (BERNARDES-SILVA, 2000).

O avanço da maturação promove um aumento no conteúdo de açúcares, atribuído, principalmente, a hidrólise de carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento do fruto na planta, resultando na produção de açúcares solúveis totais (AST) (KAYS, 1991; WILLS *et al.*, 1998).

Os açúcares solúveis totais, além de terem uma grande participação na composição do *flavor*, são utilizados como substratos respiratórios, mas encontram-se nos frutos em quantidades muito superiores aquelas necessárias à geração de energia (TUCKER, 1993).

Os principais açúcares solúveis acumulados durante o amadurecimento da manga são a glicose, a frutose e a sacarose (BERNARDES-SILVA, 2000).

O teor de açúcares totais na manga variam entre as cultivares de 4,40 a 13,10%. Já a sacarose pode variar entre 6,67 a 12,58%, a frutose entre 2,30 a 4,83% e a glicose entre 1,00 a 4,32% (MANICA *et al.*, 2001).

Krishnamurty e Subramanyam (1973) encontraram um predomínio de hexoses no início do amadurecimento da manga (3 a 4%) e a sacarose só predominou no fruto maduro (12%). Em contraste, Medlicott e Thompson (1985) relatam que a sacarose foi o açúcar predominante durante o amadurecimento da *cv.* Keitt, contribuindo em cerca de 57% do conteúdo total de açúcares no fruto maduro e a frutose e a glicose com cerca de 28% e 15% respectivamente.

Bernardes-Silva (2000) estudou os teores de açúcares solúveis nas *cv.* Van Dyke, Palmer, Haden, Tommy Atkins e Keitt. O autor relatou que a sacarose foi o

principal açúcar, encontrado no fruto maduro, acumulado tanto na fase de formação do fruto, quanto durante no amadurecimento pós-colheita para todas as cultivares.

O teor de açúcares em manga varia em função das condições de solo e clima, estágio de maturação, temperatura de armazenamento e, além disso, da própria metodologia utilizada nos estudos (MANICA *et al.*, 2001).

A proporção entre os diferentes tipos de açúcares é um importante atributo de qualidade uma vez que diferem em grau de doçura. A frutose possui um maior grau de doçura que a sacarose e esta por sua vez maior que a glicose (PANGBORN, 1963).

3.3.6 Massa fresca

Um dos principais indicadores da qualidade física é a avaliação da massa durante o período de maturação da manga.

A água encontra-se em maior proporção nos frutos verdes, mas à medida que amadurecem, tende a se reduzir devido à respiração e, também à sua transpiração em proporção não muito elevada, dependendo da cultivar. Excesso de transpiração na pós-colheita resulta em enrugamento, desenvolvimento não uniforme da cor e amadurecimento irregular, além de afetar suas características sensoriais (EVANGELISTA, 1999).

A temperatura utilizada durante o armazenamento é de grande importância, uma vez que um fruto perde água mais rapidamente em temperaturas elevadas do que em temperaturas mais baixas, mesmo em condições similares de umidade relativa de ar (MAIA *et al.*, 1986). As baixas temperaturas são utilizadas para prolongar a vida útil dos frutos, pois mantem o metabolismo dos mesmos em níveis baixos, reduzindo a perda de água e retardando seu amadurecimento e a senescência (MOSCA, 1992). Segundo Manica *et al.*, (2001) a temperatura ideal para o amadurecimento da manga varia entre 22 a 24°C com uma umidade relativa do ar entre 85 a 95%. Em relação ao armazenamento em temperaturas mais baixas, a manga verde, porém fisiologicamente desenvolvida, pode ser conservada a uma temperatura entre 10 a 12°C e umidade relativa de ar entre 85 a 90%. Esses frutos não devem ser armazenados abaixo desta temperatura, pois provocam manchas na casca, impedindo sua maturação normal.

A perda de massa fresca decorrente dos processos transpiratórios e respiratórios pode levar ao murchamento e perda da qualidade dos frutos, diminuindo a sua aceitabilidade comercial (KLUGE & MINAMI, 1997; AWAD, 1993).

Estudos realizados pelos autores Braz *et al.*, (2008) indicaram que a manga cv. Tommy Atkins obteve uma perda inferior a 7% de massa durante 12 dias de amadurecimento do fruto (~26°C). Fisher *et al.*, (2009) obteve uma perda de 7,45% no nono dia de armazenamento (25°C) de mangas cv. Tommy Atkins

Jerônimo *et al.*, (2007) estudaram a conservação pós-colheita da manga cv. Tommy Atkins tratadas com banho térmico (55°C por 5 min) e armazenadas sob atmosfera modificada. Nos frutos controle, ou seja, sem embalagem, a perda de massa fresca foi de 14,91%. Com a utilização da atmosfera modificada, a perda de massa fresca foi reduzida em até 9,12% com embalagem de polietileno de baixa densidade confeccionada com permanganato de potássio.

CARUSO (2009) estudou o efeito combinado (tratamento hidrotérmico com banhos de 52° por 5 min e 46° por 90 min; irradiação com dose de 0,3 e 0,75 kGy) em mangas cv. Tommy Atkins. O autor observou que os grupos submetidos ao tratamento combinado obtiveram perdas de peso similares e menores do que a redução de massa sofrida pelo grupo controle.

3.2 Pragas e doenças

Durante seu desenvolvimento, a mangueira (*Mangifera indica* L.) é atacada por diversas pragas, que provocam diferentes tipos de danos.

A mangueira é suscetível a uma grande diversidade de doenças causadas por fungos, bactérias e que podem não só limitar a sua produção, como, também, comprometer a qualidade dos frutos, o que é particularmente importante quando se destinam a exportação (NASCIMENTO *et al.*, 2002).

As moscas-das-frutas (*Anastrepha spp.* e *Ceratitis capitata*) fazem parte de um grupo de pragas responsáveis por grandes prejuízos econômicos na cultura da mangueira, não só pelos danos diretos que causam à produção, como também, pelas barreiras quarentenárias impostas pelos países importadores (GALLI *et al.*, 2005).

Segundo Caruso (2009), a maioria das moscas pode colocar ovos na manga que irão desenvolver-se apenas depois de certo período. Assim a aparência do fruto não é comprometida, porém a praga pode ser transmitida para um país que normalmente não a têm. Um organismo externo à flora e à fauna local pode gerar grandes impactos ambientais, contaminando plantações, exterminando espécies locais e desequilibrando

assim o ecossistema. Muitos métodos de tratamento quarentenário em mangas levam em consideração a exterminação de ovos e larvas dos principais tipos de moscas.

Sternochetus mangiferae é uma praga muito considerada por autoridades sanitárias de diferentes países. Conhecida como a praga do caroço, ela penetra no fruto e se desenvolve no interior de seu caroço reduzindo a sua germinação (FIG. 3). O grande problema dessa praga é que por se desenvolver dentro do fruto, ela está protegida pela própria constituição da manga e, dificilmente tratamentos podem ser usados sem comprometer a qualidade do fruto (FOLLET, 2001). Contudo, a irradiação tem mostrado resultados satisfatórios no controle dessa praga, uma vez que a radiação penetra no fruto até o seu centro geométrico sem grandes alterações em sua estrutura (IDIDAS, 2007; FOLLET e GABBARD, 2000). Felizmente, essa praga não é encontrada no Brasil.

Durante o armazenamento, os problemas patológicos mais sérios na manga são causados pelos fungos *Colletotrichum gloeosporioides* e *Botryodiplodia theobromas*. Em frutos verdes, os fungos podem permanecer em estado latente, até que se estabeleçam condições propícias para o seu desenvolvimento, o que ocorre com o seu amadurecimento (SILVA *et al*, 2006).

A Antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) é considerada a doença mais importante da mangueira em virtude da sua ampla disseminação nas regiões produtoras, resultando em grandes prejuízos na produção e qualidade dos frutos, provocando desfolhamento da planta, queda de flores e frutos, perda da qualidade, devendo merecer cuidados especiais do produtor. No período de maturação do fruto, esse fungo permite o aparecimento de lesões escuras e deprimidas na casca, que podem aprofundar, atingindo também a polpa (FIG. 3) (NASCIMENTO *et al*, 2002).

FIGURA 3 – Sintomas da *Sternochetus mangiferae* em mangas cv. Kensington (a) e da Antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em frutos maduros cv. Tommy Atkins (b).

Fonte: Arquivo pessoal S.F.SABATO; CEAGESP, 2009.

Sabe-se que somente os frutos de alta qualidade, livres de doenças, distúrbios fisiológicos e pragas podem conquistar novos mercados. Existem, entretanto, exigências específicas da parte dos países importadores de frutos frescos, que devem necessariamente ser atendidas. Em primeiro lugar, são feitas rigorosas restrições à entrada de frutos portadoras de organismos exóticos, que possam representar riscos à agricultura do país importador (BUSTOS *et al.*, 2004).

O controle de doenças pós-colheita em manga é realizado com o uso de fungicidas, além de cuidados no manejo de campo e manuseio pós-colheita. No entanto, existem limitações para o uso desses produtos nos pomares de manga orientadas para o mercado externo, mesmo quando associadas ao banho térmico (MALAVASI, 1989).

3.3 Produção e exportação de manga

Segundo a Food and Agriculture Organization – FAO (2007) o Brasil é o sétimo maior produtor de manga com uma produção de 1.272.180 toneladas de manga e o terceiro maior exportador com um volume de 116.271 toneladas. Isso representa 9,10% do total produzido, resultando em divisas da ordem de 90 milhões de dólares na pauta de exportação brasileira. O restante dessa produção ficou para a comercialização e consumo no mercado interno (IBGE, 2007).

Os três principais produtores mundiais são Índia, China e México, e os dois maiores exportadores são Índia e México (FAO, 2007). A FIG. 4 mostra a evolução da quantidade de manga exportada pelos cinco principais países entre os anos de 2001 a 2007. A Índia tem crescido nos últimos anos, ficando em primeiro lugar entre os países que mais exportam manga. Já o Brasil, permanece, nos últimos anos, o terceiro exportador mundial de mangas, participando de aproximadamente 12% desse mercado (FAOSTAT, 2007).

FIGURA 4 - Evolução da quantidade de manga exportada dos cinco principais países entre os anos de 2001 a 2007.
(Fonte: FAOSTAT, 2007)

As exportações de mangas brasileiras estão concentradas para os Estados Unidos e Países Baixos (Holanda). A manga exportada para os Estados Unidos é consumida no próprio país, enquanto que os frutos comercializados para os Países Baixos são redistribuídas a outros países europeus, aparecendo entre os principais países exportadores de manga (SIQUEIRA, 2003).

Os Países Baixos (Holanda) representaram 45% nas importações de mangas brasileiras em 2006. Os Estados Unidos foram o destino de 21% das importações, seguido de Portugal, Reino Unido, Espanha e Canadá que somam, aproximadamente, 30% entre os principais destinos de mangas brasileiras segundo dados da Secex/Ibraf (2006). Entretanto, o México, é o maior fornecedor de manga para os Estados Unidos.

Praticamente, em todos os estados do Brasil existe produção de manga. No entanto, essa cultura está mais concentrada em alguns estados, como a Bahia com participação de 49,89% do total, São Paulo com 15,18%, Pernambuco com 14,42% e Minas Gerais com 6,01% (IBGE, 2007).

A região Nordeste é a principal região produtora de manga do país com 76,31% da produção nacional, tendo como destaque o Vale do São Francisco, representado pelas cidades de Juazeiro (BA) e Petrolina (PE) (IBGE, 2007; BROISLER, 2007).

Essa região pode produzir manga o ano todo em função de suas condições climáticas favoráveis, irrigação e manejo adequado do pomar, com o uso de técnicas de

floração. De acordo com a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – Codevasf (2005), esta região possui uma área de 81000 ha onde são cultivadas 40 espécies frutícolas e 191 variedades. Sua participação corresponde a 93% das exportações de mangas brasileiras no mercado mundial (SIQUEIRA, 2003). A variedade de manga que predomina nesse pólo é a Tommy Atkins, seguida das variedades Kent, Keitt e Hadden.

Dentre as cultivares comercializadas no CEAGESP em 2008, a Tommy Atkins obteve aproximadamente 50% do total da comercialização, seguida da Palmer com 37,81%, a Haden com 4,83% e a Bourbon com 3,18% (FIG. 5) (SIEM-CEAGESP, 2009).

Embora a cultivar Tommy Atkins tem apresentado uma queda nas vendas desde 2005, e a Palmer um rápido crescimento, a primeira ainda lidera a cultivar mais comercializada no país e a mais exportada para o mercado internacional (SABATO *et al.*, 2009). Isso se deve, principalmente, pelo fato de que a Tommy Atkins consegue manter suas propriedades por um período mais longo de tempo e boa resistência ao transporte, o que é fundamental tendo em vista a longa distância nas exportações a outros países (SOUZA *et al.*, 2009).

FIGURA 5 – Evolução da quantidade de manga comercializada no CEAGESP em São Paulo das três cultivares mais importantes.

(Fonte: SIEM-CEAGESP, 2009)

As exportações mundiais de manga concentram-se entre abril e setembro, época em que os preços internacionais alcançam os níveis mais baixos. Por conseguir produzi-la em um período de pouca oferta (setembro a março), época de entressafra dos principais países produtores, a manga brasileira é um dos frutos tropicais que alcança

melhor preço no mercado internacional. Porém, essa situação pode ser modificada, já que outros países também estão buscando ampliar seus períodos de produção. Para superar este aspecto e estimular o consumo de manga nos países industrializados, o Brasil precisa tomar medidas que assegurem cada vez mais a qualidade elevada, uniforme e constante do fruto que chega ao consumidor (PIMENTEL *et al.*, 2000).

3.4 Transporte e acondicionamento dos frutos

O tipo de embalagem em que os frutos são acondicionados tem influência em sua vida de prateleira.

Os materiais de acondicionamento mais indicados para o transporte das mangas, principalmente à exportação, são caixas de papelão ondulado que conferem maior proteção e reduzem ocorrência de injúrias e danos mecânicos (LACERDA, 2005). Além disso, permitem a eliminação do gás etileno e do gás carbônico, produzidos pelos frutos durante a fase de ascensão climática (MANICA *et al.*, 2001).

O Ministério da Agricultura (2002) determinou que as embalagens, sendo estas descartáveis ou retornáveis, devem ser íntegras, higienizadas e estarem de acordo com as disposições específicas referentes às Boas Práticas de Fabricação, ao uso apropriado e as normas higiênico-sanitárias relativas a alimentos.

É necessário cuidados maiores em relação à temperatura de armazenamento durante o transporte, principalmente para exportação. Mangas armazenadas em temperaturas de 4,6 a 6,1°C mostraram distintos sintomas de *chilling* (friagem), na forma de manchas, prejudicando a coloração da casca, alterando sabor e aroma. O fruto da manga é sensível às baixas temperaturas, principalmente abaixo de 7°C. Quando os frutos já estão com uma coloração amarela, a sensibilidade ao frio é menor, suportando temperaturas entre 8,3 a 9°C com umidade relativa de 85 a 90% na ocasião em que são armazenadas (MANICA *et al.*, 2001).

De um modo geral, a manga verde, porém fisiologicamente desenvolvida, pode ser conservada a uma temperatura entre 10 a 12°C e umidade relativa de ar entre 85 a 90% em um período de 25 a 30 dias. As mangas produzidas na região do Submédio São Francisco não devem ser armazenadas abaixo desta temperatura, pois provocam manchas na casca, impedindo sua maturação normal (MANICA *et al.*, 2001).

Além de uma boa embalagem e temperatura ideal para a preservação da qualidade dos frutos, é necessário que o meio de transporte também seja adequado. Há uma

estimativa, segundo a IBRAF (2007), de que 95% da exportação de manga é realizada via marítima.

Os autores MELLO e BRAGA (2006) realizaram uma pesquisa sobre a logística exportadora de frutas. Eles constataram que os portos brasileiros são os grandes obstáculos logísticos para a exportação para países como Estados Unidos, Canadá e México, e à União Européia e a Ásia. O sistema marítimo apresenta demora no carregamento e descarregamento das frutas, prejudicando a sua qualidade e a sua durabilidade. Outro problema encontrado foi a falta de contêineres e de embarcações no período de maior concentração de vendas gerando inibição nas exportações. Já os embarques aéreos, além de terem um custo sete vezes maior que o marítimo, também tem uma estrutura deficiente. Além da quantidade limitada de espaço aéreo destinado as frutas, muitos aeroportos não apresentam condições adequadas de recebimento, como câmaras frias.

O Brasil ainda precisa de melhorias na infra-estrutura de transporte para ampliar as exportações e melhorar a qualidade dos frutos.

3.5 Tratamento fitossanitário

Em um mundo globalizado onde os fluxos de pessoas, informações e mercadorias estão cada vez mais intensificados entre os países, a difusão de epidemias, vírus e pragas é também facilitada e barreiras devem ser aplicadas para evitar maiores prejuízos. Nesse sentido os tratamentos quarentenários surgem como aplicações de barreiras fitossanitárias no comércio de *commodities* entre diferentes países (CARUSO, 2009).

Um grande número de insetos pode ser carregado por frutos e vegetais durante o manuseio pós-colheita. Muitas dessas espécies de insetos podem causar distúrbios na comercialização destas mercadorias entre os países. Consequentemente, um tratamento efetivo de desinfestação de insetos, que não seja prejudicial ao consumidor, ao comerciante e ao produto, é essencial para permitir a distribuição de frutos e vegetais (CAMARGO, 2004).

Tratamentos fitossanitários com fins quarentenários são utilizados para desinfestar produtos pós-colheita e promover segurança quarentenária (AEGERTER e FOLWELL, 2000).

De acordo com Camargo (2004), segurança quarentenária pode ser definida como o nível de probabilidade estatística necessária para desinfestar produtos através de tratamentos, de forma que durante o transporte, as pestes alvo não sejam capazes de se estabelecer em qualquer área aonde ainda não existam.

A medida atual em relação ao tratamento fitossanitário com fins quarentenários aceita pelos EUA e pela maioria de seus parceiros comerciais é o conceito de “probit-9”. “Probit-9” exige uma mortalidade de 99,9968% ou não mais que 3 sobreviventes por 100.000 pestes tratadas. Tais exigências existem para proteger a agricultura dos países importadores de pestes exóticas a eles (CAMARGO, 2004).

O principal requisito exigido pelos Estados Unidos para a licença de importação do United States Drug Administration - USDA no pré-embarque é o selo do APHIS (Serviço de Inspeção Sanitária de Animais e Vegetais) o qual é um certificado que engloba regulamentos sanitários, fitossanitários e de saúde animal, apresentando para cada fruto algumas normas específicas.

Destacando-se as exigências para a manga, estudo do presente trabalho, é necessário o mergulho do fruto em água quente, o chamado tratamento hidrotérmico (*hot water dip*) e um certificado com os dizeres “*USDA-APHIS treatment with hot water*” (CINTRA *et al*, 2003).

Outra opção de medida para impedir a introdução e a disseminação de pragas em locais não existentes com a exportação, é o uso da radiação ionizante. A irradiação pode superar barreiras ao satisfazer diferentes regulamentações quarentenárias (BYRNE, 1996).

Atualmente alguns exportadores brasileiros de mangas estão interessados em estudos sobre a aplicação comercial da tecnologia de irradiação, uma vez que existe uma tendência de grandes exportadores em usar esta tecnologia ao invés das convencionais. Como, por exemplo, a Índia que firmou acordo com os Estados Unidos, em 2007, para exportar mangas irradiadas. (APHIS, 2007). Há uma estimativa que a Índia aumentará suas exportações aos EUA em, aproximadamente, 1,25%.

Em 2007, também, a irradiação de mangas mexicanas foi aprovada pelo USDA. O México foi o segundo país a exportar mangas irradiadas para os Estados Unidos (BENEBION, 2007).

O Brasil tem demonstrado seu interesse nesse mercado, realizando diversos estudos em irradiação de manga para propósitos comerciais (CARUSO, 2009; SABATO *et al.*, 2009; BROISLER, 2007).

3.5.1 Tratamento hidrotérmico

O tratamento térmico pode ser usado no controle de insetos na pós-colheita de frutos, assim como no controle de doenças causadas por fungos e bactérias. Evitando-se, desta forma, posteriores deteriorações (CAMARGO, 2004).

O tratamento para controle de mosca das frutas é aplicado à manga destinada aos Estados Unidos, Japão e Chile. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2004), o tratamento hidrotérmico consiste na imersão do fruto em água quente (46,1° C) durante 75 minutos (frutos com peso inferior a 425 g) ou 90 minutos (frutos com peso acima de 425 g).

O tratamento deve ser rigoroso, pois o fruto é muito suscetível a alterações na atividade enzimática, velocidade de respiração e ao surgimento de cavidades em torno do pedúnculo. Após este tratamento, as mangas devem ser levadas para uma área protegida contra a entrada de qualquer inseto, principalmente mosca das frutas. Esta área, chamada “zona limpa”, deve ser toda revestida com telas de 25 mesh. As condições exigidas para este tratamento foram estabelecidas pelo USDA – Departamento de Agricultura do Governo dos Estados Unidos (USDA, 2007)

Segundo Shellie e Mangan (2002), a submersão de mangas pesando até 900 gramas em banho térmico a 46,1° C por 110 minutos é suficiente para garantir um nível 9 de desinfestação contra a mosca mexicana (*Anastrepha ludens* Loew). Os mesmos autores verificaram que para a inativação das larvas dessa mesma mosca em mangas com menor peso podem ser variados os tempos de imersão em 65, 75 e 90 minutos no banho a 46,1° C, sendo que após o banho deve ocorrer um resfriamento com ar entre 22 e 26,5° C.

Lima *et al.*, (2007) estudaram o controle da antracnose e qualidade pós-colheita de mangas, cv. Haden, após tratamento hidrotérmico e armazenamento sob refrigeração em atmosfera modificada. Segundo estes autores o tratamento hidrotérmico sem embalagem, mas com refrigeração, reduziram a severidade da antracnose nos frutos em até 98%.

Os efeitos do tratamento térmico na qualidade dos frutos podem variar, contudo, a literatura nos indica que, estes podem promover um aumento na taxa respiratória, reduzindo a sua vida de prateleira, e, além disso, altas temperaturas por um período relativamente longo podem causar distúrbios fisiológicos no tecido, resultando na inabilidade do fruto amadurecer normalmente (TALCOTT *et al.*, 2005; JACOBI *et al.*, 2001; MOY, 1986). Além disso, alguns estudos indicam que o tratamento térmico pode acelerar o amarelecimento da casca do fruto, e em alguns casos, melhorar a uniformidade

de desenvolvimento de cor (LEDGER, 1995; JACOBI *et al.*, 2001). Os mecanismos pelos quais os tratamentos térmicos aceleram o amadurecimento da manga estão, provavelmente, associados à síntese acelerada de carotenóides, degradação da clorofila, e a degradação de enzimas, como a poligalacturonase.

Talcott *et al.*, (2005) estudaram o amadurecimento da manga (cv. Tommy Atkins) submetida ao banho hidrotérmico e armazenada a temperaturas de 5°C e 20°C. Os resultados indicaram que houve uma aceleração na maturação do fruto, baseado no aumento no teor de carotenóides quando submetidos ao banho térmico e armazenados a 20°C. Entretanto, o grupo dos frutos com o tratamento hidrotérmico e armazenados a baixa temperatura (5°C) diminuíram o desenvolvimento desse teor.

Entretanto, estudos mostram que quando a manga não é danificada pelo tratamento com água quente ou ar quente, as qualidades organolépticas como sabor, aroma, ou características físico-químicas como pH, sólidos solúveis totais, e os níveis de acidez dos frutos são comparáveis com os frutos controle (não tratados) (MERINO *et al.*, 1985; SHARP, 1989; MANGAN *et al.*, 1992; SABATO *et al.*, 2009).

O tratamento hidrotérmico tem como vantagens o baixo custo de implantação e de manutenção, quando comparado a outros processos. Cada produtor de médio porte pode ter seu próprio equipamento, sendo o tratamento de fácil manejo e supervisão. Tem como desvantagens: a exigência de um controle rigoroso no ponto exato de colheita do fruto para o tratamento, requer maiores cuidados no manuseio, transporte e embalagens dos frutos antes e após o tratamento (MANICA *et al.*, 2001).

3.5.2 Tratamento por irradiação

A radiação pode ser definida como sendo a emissão e propagação da energia ou partículas através do espaço ou matéria. A irradiação é o processo de aplicação de energia radiante a um alvo qualquer, no caso, um determinado alimento. (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

Na irradiação de alimentos uma forma particular de radiação é utilizada, conhecida por radiação ionizante. Dos diversos tipos de radiação ionizante apenas duas são utilizadas em irradiação de alimentos: radiação eletromagnética, principalmente a gama e raios-X e a radiação por feixe de elétrons (ICGFI; Vienna, 1992).

A radiação eletromagnética é uma energia em forma de ondas enquanto que a radiação pela emissão de elétrons é corpuscular e se dá pela aceleração da velocidade dos

elétrons e durante este movimento transmite energia (ICGFI; Vienna, 1992). A irradiação de frutos normalmente é feita por radiação gama em fonte de Cobalto 60.

A irradiação em alimentos altera a estrutura molecular de microorganismos deterioradores e até de insetos impedindo a proliferação destes nos alimentos, reduzindo perdas na pós-colheita. Além disso, a irradiação também altera processos fisiológicos dos tecidos das plantas, inibindo a germinação de vegetais, postergando o amadurecimento dos frutos. (DEL MASTRO 1999).

A quantidade de alterações causadas no material irradiado está relacionada com a quantidade de energia da radiação absorvida, ou seja, entre a energia da fonte de radiação e o tempo de exposição. A quantidade de energia absorvida é denominada Dose e sua unidade no Sistema Internacional de Unidades é o Gray (Gy) e corresponde a 1 J/Kg de alimento (ICGFI; Vienna, 1992).

Segundo a resolução da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) RDC nº 21 de 26 janeiro de 2001 é estabelecido que qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que sejam observados as seguintes condições: a) a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida, b) a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometa as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento

De acordo com Broisler (2007) para se utilizar a irradiação é necessário saber quais os tipos de efeitos são desejáveis para um determinado alimento numa situação em particular. Pois, em alguns casos, como em qualquer outro processo de conservação, a irradiação, também, pode prejudicar a qualidade do alimento (CAMARGO, 2004).

Entretanto, é necessário saber que a irradiação não induz a radioatividade no alimento, não havendo riscos para o seu consumo, uma vez que a ionização ocorre apenas nos elétrons dos átomos. Portanto, não atinge ou altera o seu núcleo devido a baixa energia utilizada. Por isso, foi estabelecida limites máximos:

- Radiação eletromagnética: 5 Mev (raios gama de Cobalto 60 ou Césio 137)
- Radiação por feixe de elétrons: 10 Mev
- Raio X: 5 Mev

O emprego da radiação ionizante na conservação de alimentos foi patenteado nos Estados Unidos em 1929. No entanto, só nos últimos 50 anos é que se tem estudado e aplicado essa nova tecnologia nessa área (FRANCO E LANDGRAF, 1996).

Embora seja um método de conservação pós-colheita, a irradiação de alimentos não recupera alimentos já deteriorados. Portanto, deve ser aplicado as Boas Práticas de

Fabricação – BPF antes de serem submetidos ao processo de radiação. É necessário que os alimentos estejam em bom estado aplicando-se uma limpeza, removendo sujidades e diminuindo os microorganismos presentes na superfície do produto. Após o tratamento, as embalagens devem estar limpas para evitar uma nova recontaminação. (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

Entre as vantagens da aplicação da radiação está em causar uma menor fitotoxicidade à manga, aumentar o tempo de prateleira do fruto, requerer uma única instalação de tratamento, os frutos podem ser tratados na embalagem final de exportação e, além disso, podem tratar várias toneladas de frutos por dia. Entretanto, é uma tecnologia mais cara, uma vez que o tratamento hidrotérmico gira em torno de 30 a 45 centavos de dólar por quilo de fruto tratado enquanto que estima-se que a irradiação chega a custar 1,0 a 1,75 dólares por quilo. Outro aspecto é que existem algumas regiões do Brasil com uma forte reação do consumidor contra frutos tratados pela radiação, o que dificulta ainda mais a utilização dessa tecnologia (MANICA *et al.*, 2001).

3.5.2.1 Efeito da radiação nos frutos

A irradiação de alimentos está cada vez mais sendo conhecida como um método efetivo para reduzir perdas pós-colheita, garantir a qualidade sanitária dos alimentos e facilitar a comercialização em alguns frutos. A irradiação oferece uma alternativa para alimentos em que o tratamento térmico não é apropriado ou onde existem receios em relação aos resíduos químicos (CAMARGO, 2004).

Uma baixa dose de irradiação em frutos é realizada para desinfestação de insetos para permitir a exportação para países que exigem tratamento fitossanitário, tornando-o seguro microbiologicamente (ICGFI; Vienna, 1992).

Quando um alimento é irradiado, o DNA das células vivas é ionizado ou excitado com as outras moléculas. Qualquer alteração nesta molécula irá alterar as células, da qual determinadas doses, não permitem mais repará-las, levando a morte ou à sua incapacidade de reprodução (CAMARGO, 2004). É dessa forma que a radiação garante a desinfestação do alimento, esterilizando insetos adultos, larvas, ovos e pulpas.

De acordo com o IDIDAS (International Database on Insect Desinfestation and Sterilization) a desinfestação da *Sternonchetus mangiferae* (praga do caroço), que pode ser encontrada em mangas, requer dose de 300Gy, enquanto que a esterilização de adultos ocorre com 206Gy. Das pragas encontradas nas mangas é a que requer maior dose.

Dentre as vantagens da irradiação em relação aos métodos químicos de tratamentos quarentenários pode-se citar a não formação de resíduos e principalmente o fato de que diferentemente da resistência química, os insetos não desenvolvem resistência à radiação, estando sempre susceptíveis a sua atuação (TILTON e BURDITT 1983).

Além dos estudos feitos do uso da radiação para desinfestação, tem-se avaliado a interferência do tratamento na composição química dos frutos.

Para frutos climatéricos, a radiação oferece uma combinação de efeitos, a desinfestação somada ao atraso no amadurecimento (BROISLER, 2007).

A irradiação de frutos climatéricos no período pré-climatérico produz respostas melhores à irradiação do que frutos irradiados depois do estágio climatérico em relação ao retardo no amadurecimento (ICGFI; Vienna, 1992).

Segundo Broisler (2007) uma vez que a resposta de frutos climatéricos à radiação está relacionada com o seu estágio de maturação, o uso da radiação para sua preservação ou outro fim, deve levar isto em consideração para minimizar os efeitos indesejáveis e assegurar os desejáveis.

Estudos feitos por esse autor indicaram que a irradiação (doses 0,25 e 0,75 kGy) na manga *cv.* Tommy Atkins é significativa para manter a qualidade do fruto durante o processo de exportação.

Segundo Bustos (1990) as mangas irradiadas com doses de até 1 kGy não apresentaram alterações metabólicas, permanecendo constantes as taxas respiratórias e transpiratórias do fruto, e não apresentaram nenhuma perda nutricional. Além disso, a aceitação por consumidores foi idêntica para os frutos irradiados e para os não irradiados.

Outros estudos comprovam a boa resistência da manga (*cv.* 'Harumanis') a irradiação, sendo que até 0,75 kGy, o fruto não apresenta nenhuma alteração físico-química considerável, enquanto que outros frutos como o mamão e a carambola são mais sensíveis, apresentando injurias a partir de 0,3 e 0,2 kGy respectivamente (VIJAYSEGARAN *et al.*, 1990).

Camargo (2004) verificou resultados positivos da aplicação da irradiação em mamão papaia (doses de 0,5; 0,75 e 1,0 kGy), no qual houve um retardo do amadurecimento em relação aos parâmetros cor e textura. Já as variáveis pH, sólidos solúveis e acidez não apresentaram diferenças significativas em relação ao grupo controle. Além disso, a irradiação no mamão papaia não provocou alterações significativas nas características sensoriais do fruto.

Entretanto, recentes estudos têm mostrado perdas de textura em frutos irradiados (FABBRI, 2009; CALORE e VIEITES, 2003; KIM e YOOK, 2009). Segundo Gagnon *et al.* (1993) a irradiação destrói a semipermeabilidade da célula, tornando o tecido gradativamente menos resistente. O amolecimento do fruto submetido à irradiação se deve, em parte, a despolimerização e solubilização de pectinas e celulose da lamela média e da parede celular (AWAD, 1993). Sendo assim, essa perda de textura pode ser um fator limitante na quantidade de radiação empregada no fruto (BROISLER, 2007).

Sabato *et al.* (2009) estudaram a irradiação de manga *cv.* Tommy Atkins nas doses 0,4 kGy e 1,0 kGy. Os resultados indicaram maior perda de textura na maior dose. Entretanto, na avaliação sensorial, os frutos irradiados tiveram boa aceitação dos provadores, sem diferenças significativas do grupo controle nos parâmetros cor, textura e aparência.

Iaderoza *et al.* (1988) e Murray *et al.* (1990) citado por Gómez *et al.* (1999) ressaltam a importância da necessidade de adequar a dose aplicada a cada fruto, de modo a evitar reações indesejáveis como o amolecimento ou escurecimento da casca. Deve-se levar em consideração a cultivar, tamanho e estágio de amadurecimento, uma vez que a eficácia do tratamento varia com estas características.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

As mangas foram fornecidas pela Timbaúba Agrícola, produtora da região de Petrolina (PE), no Nordeste do Brasil. A cultivar estudada foi a Tommy Atkins.

Os frutos foram colhidos no estágio 3 de maturação (50% verde – 50% vermelho arroxeados) e chegaram ao IPEN/CNEN-SP com 6 dias pós-colheita. O lote enviado foi de aproximadamente 270 frutos.

4.2. Fracionamento do lote e tratamentos

Os frutos recém chegados ao laboratório foram higienizados e divididos em:

- grupo controle (frutos não-irradiados);
- grupo banho térmico;
- grupo dose 0,4 kGy – dose mínima ($D_{\min}$);
- grupo dose 1,0 kGy - dose máxima ($D_{\max}$).

O tratamento de banho térmico foi realizado no Centro de Tecnologia das Radiações no IPEN-CNEN/SP. Os frutos foram imersos em água quente por 90min a 46°C, e em seguida, foram resfriados a 21°C, conforme critérios exigidos para a exportação de mangas para os Estados Unidos (EMBRAPA, 2004) (FIG. 6).

FIGURA 6 – Aplicação do tratamento hidrotérmico na manga.

A irradiação foi realizada no Centro de Tecnologia das Radiações do IPEN-CNEN/SP (Irradiador Multipropósito), utilizando-se fonte de Cobalto-60. A dose 0,4 kGy foi escolhida para atender os requisitos internacionais de exportação para desinfestação de

frutos (USDA, 2007). A razão de uniformidade de dose ($D_{\max} / D_{\min}$) considerada foi de 2,5, portanto a dose máxima aplicada foi de 1,0 kGy.

A dosimetria foi realizada com o dosímetro de rotina Gammachrome YR batch 64 (Harwell, United Kingdom), e a taxa de dose foi estabelecida com o dosímetro de Fricke para traçar as curvas de calibração. Todo sistema dosimétrico empregado é reconhecido pelo programa IDAS da International Atomic Energy Agency.

Após os tratamentos, os frutos foram mantidos em câmara fria ($11^{\circ}\text{C} \pm 2$ e $85\% \pm 2$ UR) por 14 dias com o objetivo de simular a etapa de acondicionamento do fruto durante uma exportação. Posteriormente, os frutos foram mantidos a temperatura ambiente ($23^{\circ}\text{C} \pm 2$ e $70\% \pm 1$ UR) até o fim de sua vida útil (equivalente a aproximadamente 10 dias), simulando, assim, a etapa de comercialização da manga brasileira no mercado internacional.

Durante o armazenamento a baixa temperatura, as análises foram realizadas em intervalos de 7 dias; e a cada 3 dias, durante o armazenamento a temperatura ambiente.

Seis frutos recém chegados foram selecionados aleatoriamente e considerados o dia 0.

4.3 Análises químicas e físico-químicas

Para cada dia de análise, escolheu-se, ao acaso, 6 frutos do lote de cada grupo de tratamento (controle, banho térmico, dose 0,4 kGy e 1,0 kGy) para as análises físico-químicas (cor da casca, cor da polpa, textura, pH, acidez titulável e sólidos solúveis) realizadas no Laboratório de Alimentos do Centro de Tecnologia das Radiações - IPEN.

Paralelamente, foram separados 18 frutos de cada grupo de tratamento, individualmente numerados e etiquetados para a avaliação de massa fresca durante o período de amadurecimento.

Após essa etapa de análises dos 6 frutos escolhidos, foram selecionadas 4 destes com valores próximos de textura obtidos da análise 4.3.2. A polpa foi congelada e armazenada em ultrafreezer (-80°C) para a realização, posterior, da determinação de amido, açúcares solúveis e ácidos orgânicos. Estas análises foram realizadas no Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas.

4.3.1 Cor da casca

A cor da casca foi determinada subjetivamente de acordo com a seguinte escala de cor: 1 – totalmente verde; 2 – 75% verde e 25% roxa; 3 – 50% vermelho arroxeado e 50% verde, 4 – 25% verde e 75% vermelho; 5 – 25% amarela e 75% vermelha (FIG. 7).

FIGURA 7 - Escala de cor da casca da manga.
(Fonte: Embrapa, 2004)

4.3.2. Textura da casca e da polpa

Para a determinação da textura foi utilizado o Texturômetro (Stable Micro Systems), modelo TA-TX2i. O teste adotado foi o de Penetração (probe N/2) a uma velocidade de 1,0 mm/s até 10 mm após a tensão de ruptura.

A força máxima foi considerada àquela aplicada para que ocorra a ruptura da casca e a força média àquela aplicada na polpa do fruto pós-ruptura.

A unidade utilizada para medida de força foi o Newton (N). A FIG. 8 abaixo demonstra um ensaio de textura sendo realizado.

FIGURA 8 – Análise da textura na manga no Texturômetro,

4.3.3 Cor da polpa

A avaliação objetiva da cor da polpa foi analisada por meio do Colorímetro Minolta Chroma Meter modelo CR-400.

Os parâmetros avaliados foram: (1) o ângulo de tonalidade ($^{\circ}\text{Hue}$) que varia entre 0 a 360° , sendo o de maior interesse nesse trabalho o ângulo de 90° que representa a cor amarela, (2) Luminosidade (L^*) que oscila entre 0 (cores escuras ou opacas) e 100 (cores brancas ou de máximo brilho), (3) Cromaticidade ou a pureza da cor (C^*) cujos valores baixos representam cores impuras (0) e os elevados, às cores puras (>60) (FIG. 9).

FIGURA 9 - Representação de um sólido de cor no Espaço de Cor L^ , C^* e $^{\circ}\text{Hue}$*
 Fonte: Comunicação precisa da cor (Konica Minolta), 1998.

4.3.4 pH

Os valores de pH foram obtidos com o auxílio do potenciômetro Micronal, modelo B474, sendo calibrado com as soluções padrão de pH ácido e básico e testado antes de cada dia de atividade (AOAC, 1995).

Para as medições utilizou-se o eletrodo específico para frutos do próprio equipamento, do qual fornece diretamente o valor de pH.

4.3.5 Acidez Total Titulável (% de ácido cítrico)

Aproximadamente 10g de polpa de manga foram trituradas em Mixer e 100mL de água destilada foram adicionadas. Para a titulação, foi utilizada uma Bureta Digital (Hirschmann Laborgerate.) contendo hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N para ocorrer o ponto de viragem da polpa em pH 8,1, medida pelo pHmetro (AOAC, 1995).

Os valores foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

4.3.6 Ácidos orgânicos

A extração de ácidos orgânicos das amostras foi realizada em triplicata com porções de água deionizada na proporção 1:4. A amostra foi processada em um homogeneizador tipo Potter por 2 min (em banho de gelo), e centrifugado a 10.000 xg por 20 min a 4°C. Os ácidos orgânicos presentes no sobrenadante foram analisados por HPLC-HPLC utilizando um detector DAD, uma coluna Rezex ROA-Organic Acid H+ (300x 7.8mm) em corrida isocrática com fluxo de 0,5mL/min de ácido fosfórico 0,1%, de acordo com o método utilizado por Amorós *et al.* (2003).

4.3.7 Sólidos Solúveis Totais (SST)

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado por meio do Refratômetro de Bancada tipo Abbe (modelo *Q-767b*) (Brix 0 a 95%). A medida foi expressa em °Brix e corrigida de acordo com a temperatura do dia de análise (variação de 20 a 23°C) (AOAC, 1995).

4.3.8 Carboidratos

4.3.8.1 Determinação de amido

O amido foi determinado por método enzimático descrito por CORDENUNSI & LAJOLO (1995). Aproximadamente 1,0g de polpa foi homogeneizada em 5mL de NaOH 0,5N, seguido por neutralização por 5mL de ácido acético 0,5N. A solução foi então transferida para balão volumétrico (25 mL), tendo sido o volume completado com água destilada. Uma alíquota de 1mL foi colocada em tubo de centrifuga (15mL), adicionado de

4mL de etanol absoluto e centrifugada por 15 min a 12000 xg. O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi lavado com 4mL de etanol 80%, por duas vezes. Após evaporação total do etanol à temperatura ambiente, 1mL de solução de amiloglicosidase (14 U/mL, pH 4,8) foi adicionada ao precipitado, seguido por incubação a 37°C por 2 horas. A reação foi interrompida com 100µL de ácido perclórico 0,6N. A glicose resultante foi quantificada através do método de glicose/peroxidase/ABTS, segundo Bergmeyer (1974). A glicose foi utilizada como padrão.

4.3.8.2 Açúcares solúveis

Os açúcares solúveis foram extraídos, homogeneizando-se aproximadamente 1g de amostra em 5mL de etanol 80%. O homogenato foi mantido sob agitação mecânica a 80°C por 15min e centrifugado 11952 xg por 25min. A extração foi repetida três vezes, os sobrenadantes foram combinados e o volume completado com etanol 80% em balão volumétrico de 25mL. Uma alíquota de 1mL foi retirada e submetida à evaporação do etanol em sistema speed vac. O volume foi reconstituído com água deionizada. As análises de glicose, frutose e sacarose foram feitas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE-Dionex), utilizando um detector de pulso amperométrico e coluna CarboPac PA1(4x250 mm), em corrida isocrática com fluxo de 1mL/min de NaOH (18mM).

4.3.9 Avaliação da massa fresca

Os frutos foram pesados em balança semi-analítica Mettler, modelo PB 3002, resolução 3100g nos dias especificados. O resultado em porcentagem de perda de massa de cada amostra foi obtido subtraindo-se o peso do fruto no dia de análise do peso original medido no primeiro dia, dividindo-se essa diferença pelo peso original e multiplicando-se essa fração por 100.

4.4 Análise estatística

Os dados obtidos, na parte experimental, foram submetidos à análise estatística com auxílio do programa Statistica (Statistic 5.1), incluindo os testes: ANOVA e *Tukey test* (grupos homogêneos, alpha = 0,05, interação 1 x 2).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cor da casca

De um modo geral, foi observado que o armazenamento dos frutos a 11°C (até o 14º dia) permitiu que o desenvolvimento da cor da casca dos frutos ocorresse de forma lenta e gradativa, mantendo-os aptos para consumo até o 24º dia de armazenamento, independentemente do tratamento aplicado (FIG 10). Possivelmente, isso se deve ao uso da baixa temperatura, a qual implica no decréscimo de muitas reações envolvidas na maturação dos frutos, prolongando a vida de prateleira.

FIGURA 10 – Perfil do desenvolvimento da cor da casca da manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento: (□) Controle; (▨) Banho Térmico; (■) Dose 0,4 kGy; (■) Dose 1,0 kGy. . Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 6 repetições.

De acordo com a TAB. 2, foi verificado que não houve diferenças ($p < 0,05$) no desenvolvimento da cor da casca entre os tratamentos, referentes a cada dia de análise até o dia 17.

Contudo, no dia 22, os parâmetros de cor da casca do grupo controle apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) do grupo de dose 1,0 kGy. Esta diferença se deve, possivelmente, pelo fato do processo de radiação ter mantido a cor da casca do fruto verde ou a falta de uniformidade dos frutos do grupo controle, uma vez que essa diferença não foi verificada no dia 24 (TAB. 2).

A partir do dia 22, verificou-se uma coloração de casca similares entre o grupo controle e o grupo banho térmico, assim como entre o grupo da dose 0,4kGy e o da dose 1,0 kGy. O mesmo comportamento, também, foi observado no último dia de análise (dia

24). Os grupos de frutos irradiados obtiveram valores menores na escala da coloração do que os demais grupos, porém sem diferenças significativas ($p < 0,05$) (TAB. 2).

Esta observação também foi obtida por Broisler (2007) na qual, os frutos não irradiados (grupo controle) *cv.* Tommy Atkins apresentaram cores de casca mais intensa (avermelhada) do que os frutos irradiados na dose 0,75kGy para um período de 24 dias de armazenamento sob mesmas condições de tempo-temperatura utilizados neste trabalho.

TABELA 2 – Valores médios da cor da casca da manga *cv.* Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.

	Cor da casca			
	Controle	Banho Térmico	Dose 0,4 kGy	Dose 1,0 kGy
Dia 0	2,83* $\pm 0,41^{abcd}$	2,83 $\pm 0,41^{abcd}$	2,83 $\pm 0,41^{abcd}$	2,83 $\pm 0,41^{abcd}$
Dia 1	2,00 $\pm 0,63^a$	2,67 $\pm 0,52^{abc}$	2,50 $\pm 0,55^{ab}$	2,83 $\pm 0,41^{abcd}$
Dia 7	3,00 $\pm 0,63^{abcde}$	3,17 $\pm 0,41^{bcde}$	3,00 $\pm 0,00^{abcde}$	3,00 $\pm 0,63^{abcde}$
Dia 14	3,33 $\pm 0,82^{bcdef}$	3,17 $\pm 0,41^{bcde}$	2,50 $\pm 0,55^{ab}$	3,00 $\pm 0,63^{abcde}$
Dia 17	3,50 $\pm 0,55^{bcdefg}$	3,17 $\pm 0,41^{bcde}$	3,67 $\pm 0,52^{cdefg}$	3,50 $\pm 0,55^{bcdefg}$
Dia 22	4,50 $\pm 0,55^g$	4,33 $\pm 0,52^{fg}$	3,67 $\pm 0,52^{cdefg}$	3,33 $\pm 0,52^{bcdef}$
Dia 24	4,00 $\pm 0,00^{efg}$	4,00 $\pm 0,00^{defg}$	3,67 $\pm 0,52^{cdefg}$	3,33 $\pm 0,82^{bcdef}$

*Os valores representam as médias e $\pm$ o desvio padrão ($n=6$). Médias seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

De acordo com a escala de cor da casca da manga utilizada pela Embrapa (2004), os frutos da dose 1,0kGy não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos dias de análise, mantendo-os em estágios iniciais de maturação (aproximadamente estágio 3) (FIG 10).

Estudos feitos por Calore e Vieites (2003), em pêssegos (*cv.* Biuti) irradiados nas doses 0,1 e 0,3kGy e mantidos sob refrigeração ($0 \pm 1^\circ\text{C}$) por 2 semanas obtiveram pequena variação na perda da coloração verde, apresentando, no final do armazenamento (14° dia), um menor desenvolvimento na coloração da casca.

Camargo *et al.* (2007) constataram que mamões (*cv.* Golden) não irradiados apresentaram uma coloração da casca mais amarela (escala do verde ao amarelo) do que as amostras irradiadas (0,5; 0,75 e 1,0 kGy) até o 14° dia mantidos sob refrigeração ($9,8^\circ\text{C}$). Segundo os autores este fenômeno ocorreu devido à formação de radicais livres durante o processo de irradiação, os quais alteraram a estrutura da clorofila e, conseqüentemente afetaram a coloração dos frutos.

Em mangas (*cv.* Tommy Atkins), Reyes e Cisneros-Zevallos (2007) observaram que a irradiação por feixe de elétrons (1,0; 1,5 e 3,1 kGy) não promoveu mudanças nos teores de carotenóides durante 18 dias de armazenamento a 15°C. Os autores atribuíram estas observações a possibilidade da radiação ionizante inibir a síntese de carotenóides. Consequentemente, os frutos permanecem com sua coloração verde, não desenvolvendo a coloração vermelha.

5.2 Textura

A textura foi medida através dos parâmetros de força máxima (textura da casca) e força média (textura da polpa) de resistência à penetração, cujos valores estão indicados na TAB. 3.

De um modo geral, a partir do dia 1, observou-se que independente do tratamento, a casca e a polpa dos frutos perderam gradativamente sua textura ao longo do experimento (FIG 11). Esse perfil já era esperado, uma vez que durante o amadurecimento, ocorrem alterações tanto na estrutura da parede celular quanto da degradação do amido (AWAD, 1993).

O grupo de tratamento que apresentou uma resistência maior à penetração foi o grupo de dose 0,4 kGy do qual obteve uma perda de textura de 66% durante o período de armazenamento, enquanto que os demais grupos foi de aproximadamente, 75% (FIG 11). Esses resultados indicam que a dose de 0,4 kGy permitiu melhores valores de textura durante todo o experimento, havendo um possível retardo nesse processo de perda. Já a dose de 1,0 kGy pode ter sido alta para a aplicação no fruto, gerando um stress no tecido, promovendo maiores perdas.

TABELA 3 – Valores médios de textura da casca e da polpa da manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.

Tratamento	Textura (N)						
	Casca						
	Dia 0	Dia 1	Dia 7	Dia 14	Dia 17	Dia 22	Dia 24
Controle	26,46* $\pm$ 3,02 ^{ij}	27,12 $\pm$ 2,63 ^{ij}	24,55 $\pm$ 6,12 ^{ghij}	19,65 $\pm$ 5,76 ^{efghi}	15,49 $\pm$ 6,00 ^{bcdef}	7,96 $\pm$ 2,20 ^{ab}	6,51 $\pm$ 2,08 ^a
Banho Térmico	26,46 $\pm$ 3,02 ^{ij}	28,78 $\pm$ 3,40 ⁱ	25,17 $\pm$ 5,41 ^{hij}	11,71 $\pm$ 2,34 ^{abcd}	20,33 $\pm$ 7,12 ^{efghi}	7,81 $\pm$ 0,70 ^{ab}	5,91 $\pm$ 1,44 ^a
Dose 0,4 kGy	26,46 $\pm$ 3,02 ^{ij}	25,40 $\pm$ 2,87 ^{ij}	22,82 $\pm$ 4,05 ^{fghij}	20,42 $\pm$ 2,97 ^{efghi}	14,67 $\pm$ 2,54 ^{bcde}	9,16 $\pm$ 2,20 ^{abc}	8,98 $\pm$ 1,51 ^{abc}
Dose 1,0 kGy	26,46 $\pm$ 3,02 ^{ij}	16,46 $\pm$ 3,23 ^{cdef}	17,15 $\pm$ 2,21 ^{defg}	17,58 $\pm$ 4,50 ^{defgh}	13,83 $\pm$ 2,20 ^{abcde}	7,88 $\pm$ 1,78 ^{ab}	6,31 $\pm$ 2,01 ^a
Tratamento	Polpa						
	Polpa						
	Dia 0	Dia 1	Dia 7	Dia 14	Dia 17	Dia 22	Dia 24
Controle	6,43 $\pm$ 2,92 ^{de}	7,93 $\pm$ 1,52 ^e	4,65 $\pm$ 2,38 ^{bcde}	2,89 $\pm$ 1,60 ^{abcd}	2,44 $\pm$ 1,80 ^{abc}	0,58 $\pm$ 0,24 ^a	0,41 $\pm$ 0,18 ^a
Banho Térmico	6,43 $\pm$ 2,92 ^{de}	5,95 $\pm$ 1,51 ^{cde}	5,63 $\pm$ 3,63 ^{cde}	1,50 $\pm$ 0,56 ^{ab}	4,16 $\pm$ 1,79 ^{abcde}	0,73 $\pm$ 0,20 ^{ab}	0,67 $\pm$ 0,20 ^{ab}
Dose 0,4 kGy	6,43 $\pm$ 2,92 ^{de}	6,47 $\pm$ 1,92 ^{de}	4,83 $\pm$ 1,74 ^{bcde}	3,87 $\pm$ 1,65 ^{abcd}	2,25 $\pm$ 1,00 ^{abc}	1,55 $\pm$ 1,84 ^{ab}	1,09 $\pm$ 0,69 ^{ab}
Dose 1,0 kGy	6,43 $\pm$ 2,92 ^{de}	3,60 $\pm$ 2,02 ^{abcd}	3,02 $\pm$ 0,66 ^{abcd}	3,74 $\pm$ 1,51 ^{abcd}	1,48 $\pm$ 0,53 ^{ab}	0,70 $\pm$ 0,29 ^{ab}	0,51 $\pm$ 0,05 ^a

*Os valores representam as médias e $\pm$ o desvio padrão (n=6). Médias seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa entre as amostras (p<0,05), pelo teste de Tukey.

O mesmo perfil pode ser observado na textura da polpa dos frutos (FIG 11). O grupo da dose de 0,4 kGy obteve uma perda de 83% durante o experimento, enquanto que os demais grupos obtiveram uma perda de, aproximadamente, 92%, o que reflete 10% a mais em relação àquele valor.

FIGURA 11 – Perfil de textura da casca (□) e da polpa (■) na manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 6 repetições.

Há uma correlação entre as forças máxima e média verificadas neste estudo, uma vez que a perda de textura da casca implica também na perda de textura da polpa.

Observou-se que os valores de textura da casca dos frutos na dose de 1,0kGy foram mais baixos em relação aos demais tratamentos no dia 1 e manteve esse perfil até o dia 7 (FIG 11). Esses resultados indicam que a irradiação interfere na textura dos frutos, principalmente, quanto maior a dose aplicada.

O amolecimento do fruto submetido à irradiação se deve, em parte, a despolimerização e solubilização de pectinas e celulose da lamela média e da parede celular (AWAD, 1993). Sendo assim, essa perda de textura pode ser um fator limitante na quantidade de radiação empregada no fruto (BROISLER, 2007; ICGFI, 1992).

Resultados similares foram verificados por Sabato *et al.* (2009) os quais estudaram a irradiação de manga (cv. Tommy Atkins) nas doses 0,4kGy e 1,0kGy, e constataram maior perda de textura para a maior dose aplicada. Entretanto, na avaliação sensorial, os frutos irradiados tiveram boa aceitação dos provadores, sem diferenças significativas do grupo controle nos parâmetros cor, textura e aparência.

O processo de irradiação, dependendo das doses, pode promover perdas de textura em determinados frutos como verificado por Fabbri (2009) em tomates com doses de 1,0 e 2,0 kGy; por Calore e Vieites (2003) em pêssegos em dose de 0,5 kGy; e por Kim e Yook (2009) em kiwis em dose de 1,0; 2,0 e 3,0 kGy.

Moreno *et al.* (2006) estudaram a irradiação de manga (cv. Tommy Atkins) por feixes de elétrons durante 21 dias de armazenamento a 12°C. Os autores observaram que os frutos irradiados na dose de 3,1 kGy apresentaram menor força de ruptura (cerca de 82,7% a menos) em relação ao grupo controle. Os frutos que receberam uma dose de 1,0 e 1,5 kGy obtiveram uma redução de textura em 50 e 66,9%, respectivamente. A análise de microestrutura destes frutos irradiados indicou que estes possuíam uma parede celular fragmentada e com estriações curtas, enquanto nos frutos não irradiados, uma parede com contínuo padrão de estriação organizado. Essa alteração na estrutura da célula da manga irradiada, principalmente às altas doses, reduziu a resistência do tecido do fruto.

A perda de textura dos frutos durante o armazenamento é um resultado da continuidade dos processos de maturação e amadurecimento (KADER, 1999). Segundo Awad (1993), a velocidade das reações metabólicas é diretamente proporcional à temperatura, dentro da faixa em que a fisiologia do fruto consiga se conservar. Dessa forma, o armazenamento dos frutos a temperaturas mais baixas permite uma maior integridade das membranas das células, tornando os frutos mais firmes.

Neste trabalho, não se pode observar se houve uma influência da baixa temperatura de armazenamento para o grupo de 1,0 kGy até o 14º dia. Como baixas temperaturas diminuem a velocidade das reações metabólicas dos frutos, o armazenamento desses frutos a 11°C diminuiu o processo de amolecimento dos frutos nesse período. Assim, se o grupo da dose 1,0 kGy não fosse armazenado a uma baixa temperatura poderia apresentar valores de textura ainda menores do que foi verificado neste trabalho.

Contudo, a diferença de textura para o grupo de dose de 1,0 kGy não prevaleceu com o avanço do experimento, no qual não se verificou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos nos dias 17, 22 e 24, indicando texturas similares entre os frutos quando já se encontravam maduros (TAB. 3).

Os resultados indicam que a irradiação, dependendo da dose aplicada, interfere na textura da manga em estágios iniciais de maturação (estágios 1-3). Possivelmente, pode haver uma melhor conservação desse parâmetro, armazenando os frutos a baixas temperaturas. Porém, à medida que ocorre o amadurecimento do fruto e estes se apresentam em estágios mais avançados (estágios 4-5), ou seja, frutos mais maduros, a textura é similar para as duas doses de radiação em relação ao grupo controle e banho térmico.

5.3 Cor da polpa

As mudanças na coloração da polpa são índices importantes para se verificar o comportamento do fruto ao longo do seu armazenamento. Neste estudo, essas mudanças foram caracterizadas por decréscimos na luminosidade e no ângulo de cor ($^{\circ}$ Hue) e por aumento na cromaticidade, como podem ser observados na FIG 12.

Entretanto, os resultados de cada parâmetro avaliado (luminosidade, cromaticidade e ângulo de cor) não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) para o mesmo dia de análise, conforme os valores médios indicados na TAB. 4.

FIGURA 12 – Perfil dos parâmetros de cor da polpa da manga cv. Tommy Atkins durante 24 dias de armazenamento.

TABELA 4 – Valores médios dos parâmetros de cor avaliados na manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.

Tratamento	Parâmetros de cor						
	Luminosidade						
	Dia 0	Dia 1	Dia 7	Dia 14	Dia 17	Dia 22	Dia 24
Controle	78,96* $\pm$ 2,67 ^b	79,66 $\pm$ 2,87 ^b	80,72 $\pm$ 2,47 ^b	76,46 $\pm$ 4,59 ^b	79,86 $\pm$ 3,46 ^b	68,18 $\pm$ 3,76 ^a	66,60 $\pm$ 2,02 ^a
Banho Térmico	78,96 $\pm$ 2,67 ^b	79,81 $\pm$ 1,11 ^b	79,78 $\pm$ 2,27 ^b	80,22 $\pm$ 2,08 ^b	79,86 $\pm$ 2,08 ^b	69,47 $\pm$ 3,03 ^a	67,14 $\pm$ 2,32 ^a
Dose 0,4 kGy	78,96 $\pm$ 2,67 ^b	79,33 $\pm$ 1,52 ^b	81,10 $\pm$ 1,46 ^b	79,22 $\pm$ 1,63 ^b	76,96 $\pm$ 2,32 ^b	66,92 $\pm$ 3,58 ^a	67,14 $\pm$ 2,05 ^a
Dose 1,0 kGy	78,96 $\pm$ 2,67 ^b	78,86 $\pm$ 1,97 ^b	80,51 $\pm$ 1,99 ^b	76,71 $\pm$ 1,25 ^b	75,79 $\pm$ 2,63 ^b	67,05 $\pm$ 4,76 ^a	67,48 $\pm$ 2,88 ^a
Tratamento	Cromaticidade						
	Dia 0	Dia 1	Dia 7	Dia 14	Dia 17	Dia 22	Dia 24
	Dia 0	Dia 1	Dia 7	Dia 14	Dia 17	Dia 22	Dia 24
Controle	55,91 $\pm$ 8,12 ^{abcdefg}	47,75 $\pm$ 5,64 ^{ab}	47,50 $\pm$ 7,81 ^{ab}	53,71 $\pm$ 9,13 ^{abcde}	54,85 $\pm$ 9,24 ^{abcdef}	66,39 $\pm$ 5,31 ^{efgh}	71,14 $\pm$ 3,00 ^h
Banho Térmico	55,91 $\pm$ 8,12 ^{abcdefg}	54,63 $\pm$ 3,61 ^{abcdef}	50,35 $\pm$ 6,13 ^{abc}	47,65 $\pm$ 4,79 ^{ab}	48,65 $\pm$ 7,65 ^{ab}	63,30 $\pm$ 2,03 ^{cdefgh}	65,01 $\pm$ 5,76 ^{cdefgh}
Dose 0,4 kGy	55,91 $\pm$ 8,12 ^{abcdefg}	56,43 $\pm$ 3,00 ^{abcdefg}	45,33 $\pm$ 4,67 ^a	50,35 $\pm$ 8,04 ^{abc}	54,23 $\pm$ 6,36 ^{abcde}	67,58 $\pm$ 2,80 ^{fgh}	68,85 $\pm$ 4,28 ^{gh}
Dose 1,0 kGy	55,91 $\pm$ 8,12 ^{abcdefg}	56,72 $\pm$ 5,80 ^{abcdefg}	51,72 $\pm$ 6,13 ^{abcd}	60,45 $\pm$ 5,29 ^{bcdefgh}	56,43 $\pm$ 7,61 ^{abcdefg}	63,95 $\pm$ 4,07 ^{defgh}	65,20 $\pm$ 3,48 ^{cdefgh}
Tratamento	Ângulo da cor (°Hue)						
	Dia 0	Dia 1	Dia 7	Dia 14	Dia 17	Dia 22	Dia 24
	Dia 0	Dia 1	Dia 7	Dia 14	Dia 17	Dia 22	Dia 24
Controle	92,92 $\pm$ 3,96 ^{ef}	94,85 $\pm$ 2,68 ^{ef}	94,98 $\pm$ 3,47 ^{ef}	91,51 $\pm$ 3,58 ^{cdef}	89,78 $\pm$ 4,11 ^{abcdef}	84,17 $\pm$ 1,44 ^a	84,65 $\pm$ 0,86 ^{ab}
Banho Térmico	92,92 $\pm$ 3,96 ^{ef}	91,63 $\pm$ 1,57 ^{def}	93,05 $\pm$ 2,27 ^{ef}	93,04 $\pm$ 1,93 ^{ef}	92,25 $\pm$ 3,56 ^{def}	86,57 $\pm$ 0,88 ^{abcd}	84,98 $\pm$ 0,59 ^{ab}
Dose 0,4 kGy	92,92 $\pm$ 3,96 ^{ef}	92,68 $\pm$ 1,86 ^{ef}	95,22 $\pm$ 1,90 ^f	92,57 $\pm$ 2,41 ^{ef}	89,57 $\pm$ 2,79 ^{abcdef}	85,33 $\pm$ 0,90 ^{abc}	84,35 $\pm$ 0,76 ^{ab}
Dose 1,0 kGy	92,92 $\pm$ 3,96 ^{ef}	92,52 $\pm$ 3,38 ^{ef}	93,34 $\pm$ 1,93 ^{ef}	90,05 $\pm$ 2,44 ^{bcdef}	89,19 $\pm$ 2,35 ^{abcde}	85,91 $\pm$ 1,20 ^{abc}	85,22 $\pm$ 2,70 ^{abc}

*Os valores representam as médias e $\pm$ o desvio padrão (n=6). Médias seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa entre as amostras (p<0,05), pelo teste de Tukey.

O ângulo Hue representa a tonalidade da amostra avaliada. Para a polpa da manga, estudou-se a variação da cor amarela intensa (90°). Os valores do ângulo de cor ($^\circ$ Hue) obtidos foram próximos de 90° até o dia 17 indicando que a polpa dos frutos variou de creme para amarelo durante esse período para todos os tratamentos (FIG 12). A partir do dia 22, o valor decaiu para aproximadamente 85° para todos os tratamentos, evoluindo para uma cor mais amarelo-alaranjada (vide item 4.3.3 cor da polpa).

A luminosidade representa o brilho da amostra, ou seja, se a cor amarela da polpa do fruto estudado se apresenta mais clara ou mais escura.

O decréscimo nos valores de luminosidade (L^*) e $^\circ$ Hue observados nos frutos em relação ao primeiro (dia 1) e último dia (dia 24) de armazenamento independente do tratamento, indicaram que o desenvolvimento da cor creme da polpa para o amarelo-alaranjado ocorreu, principalmente, a partir do dia 22. Nesse dia se observou uma queda acentuada no valor de L^* em todos os tratamentos, que se diferenciou significativamente ($p < 0,05$) dos demais dias de análise (TAB. 4).

Os resultados encontrados na análise de coloração da casca (vide TAB. 3) indicaram que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o grupo controle e a dose 1kGy no dia 22, o que poderia se refletir na coloração da polpa. No entanto, para cada parâmetro avaliado (L^* , C^* e $^\circ$ Hue) não foi verificada diferenças neste dia para esses dois grupos, indicando que, possivelmente, não há (1) relação entre a cor de casca e da polpa ou (2) e que este fato ocorreu devido à variabilidade dos frutos.

Lima *et al.*, (2009) relataram que, em cultivares de manga como a Tommy Atkins, não se tem observado uma relação entre a evolução dos indicadores visuais de colheita (cor da casca) e aqueles associados à composição química do fruto (cor da polpa, pH, acidez titulável, sólidos solúveis) no estágio de maturação indicado do fruto nas condições de cultivo do Vale do São Francisco. Assim, características visuais externas de um estágio de maturação podem apresentar características da polpa reconhecidamente de estágio anterior.

Neste estudo, a cromaticidade foi caracterizada pelo aumento da intensidade da cor amarela. De acordo com a FIG. 12 houve um aumento do valor do croma para todos os tratamentos ao longo do armazenamento. Possivelmente, isso se deve pela alteração da coloração da polpa, causada pelo acúmulo de carotenóides no fruto como relatado por Talcott *et al.*, (2005). Outro fator que pode estar correlato com o aumento do croma é a própria característica da cultivar Tommy Atkins que desenvolve uma cor laranja intensa na

polpa, tornando o croma uma variação mais significativa (MITCHAM e MCDONALD, 1992).

Notou-se um aumento no valor do croma a partir do dia 22 que foi inversamente proporcional em relação aos parâmetros avaliados L^* e $^{\circ}\text{Hue}$, indicando, provavelmente, a partir deste dia os frutos se encontravam maduros (estágios 4-5 de acordo com a escala proposta pela Embrapa 2004).

No dia 17, observou-se que a polpa de 1 fruto irradiado na dose 1,0 kGy apresentou uma coloração marrom, da qual, novamente, se sucedeu em 2 frutos no dia 24 (FIG. 13). Este efeito também foi observado por Sabato *et al.* (2009) no estágio 5 de maturação da manga de acordo com a escala de cor da casca segundo a Embrapa (2004). Contudo, neste mesmo estudo, outros fatores externos, como as condições de transporte, podem ter interferido na qualidade dos frutos. Frylinck, *et al.* (1987) também observaram que o tratamento por radiação causou uma condição de estresse no tecido da manga cv. Kent, principalmente nas doses de 1,25 kGy e 1,75 kGy.

Esse fato observado no presente estudo pode estar associado às características intrínsecas desses frutos, dos quais, provavelmente, estavam mais maduros do que os demais, e, portanto, mais sensíveis à irradiação. Frylinck, *et al.* (1987) explicam que, dependendo da dose, a irradiação pode causar escurecimento alterando os padrões bioquímicos normais durante as fases de maturação do fruto.

FIGURA 13 - Escurecimento da polpa da manga irradiada na dose 1,0 kGy no dia 24.

Além disso, altas doses de radiação tendem a aumentar a atividade de enzimas como a peroxidase, polifenoxidase e a fenilalanina amônia-liase (PAL), resultante do dano provocado nas membranas celulares do fruto. Essa perda da integridade da parede celular faz com que substrato e enzima entrem em contato causando o escurecimento enzimático na polpa (FRYLINCK *et al.*, 1987; AWAD, 1993).

Somente 7,14% do total de frutos analisados (42 frutos) na dose de 1,0 kGy apresentaram essa injúria, atribuindo-se à própria qualidade de colheita desses frutos do que ao efeito da aplicação da radiação.

Além disso, não houve influencia da não uniformidade do irradiador dos quais os frutos poderiam ter recebido um valor de dose levemente mais alta causando esse escurecimento na polpa. De acordo com a dosimetria utilizada durante a aplicação da radiação ionizante, alguns frutos receberam 1,08 kGy, uma variação extremamente baixa, da qual não influenciaria na qualidade dos frutos.

5.4 Acidez total titulável (ATT) e pH

Os resultados da acidez total titulável (ATT) foram expressos em porcentagem de ácido cítrico, conforme TAB. 5.

TABELA 5 – Valores médios de ATT em manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.

Acidez Total Titulável (% de ácido cítrico)				
	Controle	Banho Térmico	Dose 0,4 kGy	Dose 1,0 kGy
Dia 0	0,80* $\pm$ 0,16 ^{defg}	0,80 $\pm$ 0,16 ^{defg}	0,80 $\pm$ 0,16 ^{defg}	0,80 $\pm$ 0,16 ^{defg}
Dia 1	0,93 $\pm$ 0,18 ^{fg}	1,01 $\pm$ 0,15 ^{fg}	0,79 $\pm$ 0,10 ^{defg}	0,86 $\pm$ 0,20 ^{efg}
Dia 7	1,01 $\pm$ 0,18 ^{fg}	0,95 $\pm$ 0,12 ^{fg}	1,04 $\pm$ 0,11 ^g	0,74 $\pm$ 0,13 ^{cdef}
Dia 14	0,90 $\pm$ 0,20 ^{fg}	0,92 $\pm$ 0,13 ^{fg}	0,85 $\pm$ 0,10 ^{efg}	0,53 $\pm$ 0,12 ^{bcd}
Dia 17	0,78 $\pm$ 0,24 ^{defg}	0,83 $\pm$ 0,13 ^{efg}	0,60 $\pm$ 0,09 ^{cde}	0,44 $\pm$ 0,13 ^{abc}
Dia 22	0,18 $\pm$ 0,04 ^a	0,20 $\pm$ 0,02 ^a	0,25 $\pm$ 0,06 ^{ab}	0,26 $\pm$ 0,04 ^{ab}
Dia 24	0,17 $\pm$ 0,03 ^a	0,17 $\pm$ 0,03 ^a	0,18 $\pm$ 0,03 ^a	0,24 $\pm$ 0,05 ^{ab}

*Os valores representam as médias e $\pm$ o desvio padrão (n=6). Médias seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa entre as amostras (p<0,05), pelo teste de Tukey.

De uma maneira geral, o conteúdo de ATT diminui ao longo do experimento independente do tratamento utilizado. Esta redução pode estar associada ao consumo dos ácidos orgânicos que ocorre durante o amadurecimento pelo processo respiratório (SALLES e TAVARES, 1999). Contudo, até o dia 14, os teores de ATT se mantiveram praticamente constantes na maioria dos grupos, com exceção do grupo de dose 1,0 kGy (FIG. 14). A não variação desses teores neste período pode ser atribuída ao armazenamento a baixas temperaturas (11°C), a qual, provavelmente, reduziu a velocidade das reações metabólicas dos frutos.

FIGURA 14 - Perfil do teor de ATT (% de ácido cítrico) da manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 6 repetições.

Os teores de ATT foram significativamente menores ($p < 0,05$) no período do dia 7 dia até o dia 14 para o grupo de dose de 1,0 kGy (FIG. 14). Nestes frutos, possivelmente, a irradiação induziu uma maior degradação de ácido cítrico.

Não houve uma correlação do perfil encontrado nos teores de ATT para dose 1,0 kGy e a coloração da casca, uma vez que, o decréscimo no teor de ATT não está associado com o aumento na coloração da casca desses frutos, como indicado no item 5.1 (cor da casca).

A partir do dia 22, os teores de ATT foram similares para todos os grupos, com porcentagens baixas de ácido cítrico devido ao avanço de maturação dos frutos ao término dos 24 dias de armazenamento (FIG 14).

Tinjaca (2005) estudou o efeito da radiação por feixes de elétrons em mangas cv. Tommy Atkins e constatou que doses de 1,5 e 3,1 kGy promoveram uma redução significativa de acidez nos frutos no 21º dia, armazenados a 12°C. Durigan *et al.* (2004) também observaram uma redução no teor de acidez titulável em mangas irradiadas (cv. Tommy Atkins) com raios gama a doses de 0,8 e 1,0 kGy. Em contraste, Youssef *et al.* (2002) encontrou teores maiores de acidez em mangas irradiadas (cv. Zebda) com raios gama a doses de 0,5 e 2,0 kGy.

Segundo Tinjaca (2005), o efeito da irradiação na acidez dos frutos depende da dose aplicada.

De acordo com Awad (1993) a irradiação de frutos, em certos casos, pode provocar um aumento rápido da respiração e da produção de etileno nos frutos, pela própria condição de estresse que estes passam principalmente às altas doses, o que reflete no maior consumo desses ácidos durante o amadurecimento.

Resultados similares foram encontrados por Broisler (2007) em mangas (*cv.* Tommy Atkins) irradiadas nas doses 0,2; 0,5 e 0,75 kGy mantidas sob mesmas condições de tempo-temperatura utilizadas neste trabalho. O autor verificou que os teores de ATT foram semelhantes dos frutos irradiados em relação ao grupo controle ao final do armazenamento. Entretanto, a maior dose (0,75 kGy) não apresentou teores de ATT menores durante o experimento como foi constatado nesse trabalho.

CARUSO (2009) estudou o efeito combinado (tratamento hidrotérmico e irradiação) em mangas *cv.* Tommy Atkins. O autor observou que os grupos submetidos ao banho de 46°C por 70 min e 52° por 5 min nas doses de 0,3 e 0,75 kGy não apresentaram diferenças significativas com o grupo controle.

Estudos têm indicado características químicas ideais de colheita que potencialize a vida útil da manga, principalmente, para o mercado internacional (LIMA *et al.*, 2009; MORAIS *et al.*, 2002; GUARINONI *et al.*, 2000; LUCENA, 2006). Segundo Botton (1992), o estágio inadequado de maturação fisiológica é uma das maiores causas de perdas, ou baixa qualidade de mangas brasileiras que chegam à Europa por via marítima.

Os valores iniciais de ATT (0,8%), apresentados neste trabalho, estão de acordo com as exigências dos padrões de qualidade do México, que requerem acidez máxima de 1,22% nos frutos, o que representa um estágio de maturidade mínima. Além disso, os resultados deste trabalho estão dentro dos valores indicados por Lima *et al.* (2009) no qual relataram que mangas da cultivar Tommy Atkins da região do Vale do São Francisco devem ser colhidas com menos de 1,3% de ácido cítrico.

De uma maneira geral, observou-se que os valores de pH obtidos dos frutos aumentaram para todos os grupos variando de 3,48 (dia 0) até 5,01 (dia 24), no qual o maior aumento de pH foi verificado no grupo controle, seguido do banho térmico. Os resultados estão de acordo com o observado por Chitarra e Chitarra (2005) os quais relataram que a acidez decresce com o amadurecimento do fruto em decorrência da redução no processo respiratório, com conseqüente aumento do pH.

No último dia de análise (dia 24), a dose de 1,0 kGy apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) entre o grupo controle e banho térmico, com valores menores (TAB. 6).

TABELA 6 – Valores médios de pH na manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.

	pH			
	Controle	Banho Térmico	Dose 0,4 kGy	Dose 1,0 kGy
Dia 0	3,48* $\pm$ 0,13 ^{abc}	3,48 $\pm$ 0,13 ^{abc}	3,48 $\pm$ 0,13 ^{abc}	3,48 $\pm$ 0,13 ^{abc}
Dia 1	3,49 $\pm$ 0,14 ^{abc}	3,22 $\pm$ 0,10 ^{ab}	3,14 $\pm$ 0,09 ^a	3,69 $\pm$ 0,09 ^{bc}
Dia 7	3,57 $\pm$ 0,12 ^{abc}	3,48 $\pm$ 0,20 ^{abc}	3,61 $\pm$ 0,23 ^{abc}	3,60 $\pm$ 0,22 ^{abc}
Dia 14	3,44 $\pm$ 0,22 ^{abc}	3,52 $\pm$ 0,07 ^{abc}	3,57 $\pm$ 0,13 ^{abc}	3,66 $\pm$ 0,16 ^{bc}
Dia 17	3,64 $\pm$ 0,49 ^{bc}	3,53 $\pm$ 0,52 ^{abc}	3,81 $\pm$ 0,39 ^c	3,92 $\pm$ 0,27 ^{cd}
Dia 22	4,95 $\pm$ 0,13 ^{fg}	4,76 $\pm$ 0,09 ^{fg}	4,63 $\pm$ 0,20 ^{efg}	4,49 $\pm$ 0,15 ^{ef}
Dia 24	5,01 $\pm$ 0,13 ^g	4,89 $\pm$ 0,18 ^{fg}	4,62 $\pm$ 0,29 ^{efg}	4,28 $\pm$ 0,22 ^{de}

*Os valores representam as médias e $\pm$ o desvio padrão (n=6). Médias seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

De acordo com Hulme (1971), as mudanças nos valores do pH estão associadas com a mudança no teor de ácidos nos frutos durante o seu amadurecimento. Consequentemente, um valor baixo de pH (2,0-4,0) corresponde a concentrações mais altas desses ácidos. Esses dois parâmetros também podem se correlacionar com os diferentes estágios de maturação que os frutos apresentam.

Para o grupo controle, banho térmico e da dose de 0,4 kGy o aumento do pH ocorreu concomitantemente com a redução da ATT, o que não foi observado para a dose de 1,0 kGy, indicando que a irradiação não interferiu no valor de pH dos frutos (FIG. 15).

Entretanto, para todos os tratamentos, nos dias 22 e 24, ocorreu uma evolução na coloração da polpa (FIG. 12), uma diminuição de ATT (FIG. 14), e um aumento nos valores de pH (FIG. 15). Esses resultados indicam que houve uma correlação entre esses três parâmetros avaliados no final do experimento, quando os frutos provavelmente se encontravam maduros.

Segundo Tinjaca (2005), as mudanças nos valores de pH estão mais associadas com os diferentes estágios de maturação dos frutos do que ao efeito da dose aplicada de irradiação. Ainda segundo este autor, a exposição de mangas a doses altas de 3,1 kGy de irradiação não interfere no pH dos frutos.

FIGURA 15 - Perfil de crescimento do pH da manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 6 repetições.

Em contraste com este autor, Sabato *et al.* (2009) encontraram diferença estatística nos valores de pH entre os grupos banho térmico, dose 0,4 kGy e 1,0 kGy nos dias 6, 8 e 10. O menor valor de pH encontrado para estes dias foi para a dose 1,0 kGy o que indicou um retardo no processo de maturidade da manga (cv. Tommy Atkins) irradiada.

Broisler (2007) também encontrou valores menores de pH para mangas (cv. Tommy Atkins) nas doses 0,75 kGy, indicando respostas melhores desse parâmetro em relação as doses de 0,2 e 0,5 kGy.

Outro fator importante a destacar é que, os valores encontrados de pH neste trabalho, independentes do tratamento aplicado aos frutos, estão coerentes com os encontrados na literatura para essa cultivar (Tommy Atkins) como verificado por Lucena *et al.* (2000) que encontrou um valor de 3,52 para o estágio 2, enquanto Rocha *et al.* (2001) encontrou 4,51 para o estágio 5.

5.5 Ácidos orgânicos

A concentração de ácidos orgânicos de cada tratamento pode ser observada na FIG. 16. Foram avaliados os três principais dias de armazenamento, da qual no dia 1 o fruto se encontrava verde (estágio 2-3), no dia 14 o fruto estava semi-maduro (estágio 3) e no dia 24, o fruto estava maduro (estágio 4).

Os principais ácidos encontrados para todos os tratamentos foram o cítrico com teores de ~0,015 mg/g e o succínico com ~0,113 mg/g no início do experimento.

Durante os dias de armazenamento, a concentração de ácido cítrico apresentou pouca variação até o dia 14 para todos os tratamentos. Para o último dia de análise, esses teores implicaram em decréscimos de, aproximadamente, 73% para o grupo do banho térmico e para as duas doses de irradiação.

O que se pode observar na TAB. 7 é que o grupo controle se diferenciou estatisticamente ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos no dia 24. Portanto, tanto o banho térmico e a irradiação, independente da dose, promoveram uma maior degradação desse ácido ao final do experimento.

FIGURA 16 – Perfil do teor de ácidos orgânicos de cada tratamento na manga cv. Tommy Atkins nos dias 0; 1; 14 e 24. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 3 repetições.

TABELA 7 - Valores médios nos teores de ácidos orgânicos encontrados na manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.

Tratamento	Ácidos orgânicos (mg/g)			
	Cítrico			
	Dia 0	Dia 1	Dia 14	Dia 24
Controle	0,011* $\pm$ 0,001 ^{bc}	0,016 $\pm$ 0,002 ^{def}	0,015 $\pm$ 0,002 ^{cde}	0,014 $\pm$ 0,001 ^{cde}
Banho Térmico	0,011 $\pm$ 0,001 ^{bc}	0,012 $\pm$ 0,003 ^{bc}	0,017 $\pm$ 0,002 ^{ef}	0,003 $\pm$ 0,001 ^a
Dose 0,4 kGy	0,011 $\pm$ 0,001 ^{bc}	0,019 $\pm$ 0,001 ^f	0,009 $\pm$ 0,003 ^b	0,003 $\pm$ 0,001 ^a
Dose 1,0 kGy	0,011 $\pm$ 0,001 ^{bc}	0,012 $\pm$ 0,004 ^{bcd}	0,012 $\pm$ 0,002 ^{bc}	0,005 $\pm$ 0,001 ^a
Tratamento	Succínico			
	Dia 0	Dia 1	Dia 14	Dia 24
	Dia 0	Dia 1	Dia 14	Dia 24
Controle	0,064 $\pm$ 0,004 ^{ab}	0,152 $\pm$ 0,014 ^f	0,148 $\pm$ 0,01 ^f	0,108 $\pm$ 0,035 ^{cde}
Banho Térmico	0,064 $\pm$ 0,004 ^{ab}	0,087 $\pm$ 0,02 ^{abcd}	0,090 $\pm$ 0,017 ^{bcd}	0,055 $\pm$ 0,008 ^a
Dose 0,4 kGy	0,064 $\pm$ 0,004 ^{ab}	0,083 $\pm$ 0,008 ^{abcd}	0,099 $\pm$ 0,012 ^{cde}	0,098 $\pm$ 0,014 ^{cde}
Dose 1,0 kGy	0,064 $\pm$ 0,004 ^{ab}	0,128 $\pm$ 0,031 ^{ef}	0,112 $\pm$ 0,019 ^{de}	0,075 $\pm$ 0,009 ^{abc}
Tratamento	Total			
	Dia 0	Dia 1	Dia 14	Dia 24
	Dia 0	Dia 1	Dia 14	Dia 24
Controle	0,075 ^{ab}	0,168 ^f	0,163 ^f	0,121 ^{de}
Banho Térmico	0,075 ^{ab}	0,100 ^{bcd}	0,102 ^{bcd}	0,058 ^a
Dose 0,4 kGy	0,075 ^{ab}	0,095 ^{bcd}	0,116 ^{cde}	0,100 ^{bcd}
Dose 1,0 kGy	0,075 ^{ab}	0,147 ^{ef}	0,121 ^{de}	0,080 ^{abc}

*Os valores representam as médias e $\pm$ o desvio padrão (n=3). Médias seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa entre as amostras (p<0,05), pelo teste de Tukey.

A concentração de ácido succínico aumentou até o dia 14 para o grupo do banho térmico e para a dose de 0,4 kGy. Tanto o grupo controle como o grupo de dose de 1,0 kGy apresentaram acréscimos nesses teores somente no primeiro dia. O grupo controle foi o que teve o maior acréscimo (~57%) até o dia 1, seguido pela dose de 1,0 kGy, dose 0,4 kGy e banho térmico, com 43%, 36% e 29%, respectivamente (FIG. 16).

Quando os frutos foram retirados do armazenamento refrigerado e mantidos a temperatura ambiente, uma redução dos teores de ácido succínico foi observada para todos os tratamentos no dia 24 (FIG. 16). O grupo banho térmico foi o que apresentou a menor concentração de ácidos orgânicos, diferindo estatisticamente (p<0,05) do grupo controle e dose 0,4 kGy.

O perfil do teor de ácidos totais de cada tratamento foi similar em relação ao ácido succínico (FIG. 16). No dia 24, os tratamentos seguiram com valores mais baixos de acidez, uma vez que o estágio de maturação dos frutos estava mais avançado (estágio 4).

Gil *et al.* (2000) estudaram a composição de açúcares e ácidos orgânicos na manga (*cv.* Tommy Atkins) durante seu amadurecimento. Os autores constataram que o ácido cítrico é o ácido predominante na manga verde diminuindo com o avanço do amadurecimento do fruto. Resultado similar, também, foi observado por Thanaraj *et al.* (2009) em mangas *cv.* Sri Lankan. Entretanto, Tovar *et al.* (2001) não verificaram a presença de ácido succínico em mangas *cv.* Haden e Kent.

Neste estudo, contudo, os teores de ácido succínico foram maiores que os verificados para ácido cítrico em todos os tratamentos havendo decréscimo, apenas, no último dia de armazenamento (dia 24).

Esta ocorrência pode ser explicada pelo armazenamento a baixa temperatura (11°C) nos primeiros 14 dias do experimento. Os ácidos orgânicos se acumulam durante o crescimento dos frutos e são os utilizados como substratos na respiração, diminuindo com o aumento dos açúcares (BAQUIT *et al.*, 1974; MATOO e MODI, 1970; MOING *et al.*, 2001). Entretanto, o armazenamento a baixas temperaturas diminui as reações metabólicas associadas à respiração (AWAD, 1993).

Barboni *et al.*, (2010) compararam a qualidade do kiwi de acordo com dois diferentes métodos de armazenamento – armazenamento em baixa temperatura (0°C) e armazenamento com ozônio. Os autores verificaram que o armazenamento refrigerado proporcionou melhor conservação dos ácidos orgânicos encontrados no kiwi (cítrico, málico e succínico)

Ogura *et al.*, (1975) estudaram o efeito de diferentes temperaturas de armazenamento (4°; 25° e 33°C) na taxa de respiração e nas mudanças dos ácidos orgânicos no tomate. Os autores constataram que a taxa respiratória foi diminuída durante o armazenamento a 4°C. Houve, também, um acúmulo de ácidos succínico e oxalacético nos frutos armazenados a baixa temperatura quando comparados com o normal amadurecimento dos frutos em temperatura ambiente.

5.6 Sólidos solúveis totais (SST)

Os resultados obtidos do teor de sólidos solúveis totais (SST) são apresentados na TAB. 8.

TABELA 8 – Valores médios do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) na manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.

	°Brix			
	Controle	Banho Térmico	Dose 0,4 kGy	Dose 1,0 kGy
Dia 0	10,49* $\pm$ 0,67 ^{abcd}	10,49 $\pm$ 0,67 ^{abcd}	10,49 $\pm$ 0,67 ^{abcd}	10,49 $\pm$ 0,67 ^{abcd}
Dia 1	8,91 $\pm$ 0,54 ^a	9,20 $\pm$ 1,16 ^{ab}	9,74 $\pm$ 1,17 ^{abc}	10,99 $\pm$ 1,60 ^{abcd}
Dia 7	11,58 $\pm$ 2,47 ^{cd}	11,53 $\pm$ 1,01 ^{cd}	10,87 $\pm$ 0,80 ^{abcd}	11,03 $\pm$ 0,51 ^{bcd}
Dia 14	12,07 $\pm$ 1,11 ^d	11,70 $\pm$ 0,83 ^{cd}	11,61 $\pm$ 1,08 ^{cd}	12,32 $\pm$ 0,88 ^d
Dia 17	12,25 $\pm$ 1,22 ^d	12,33 $\pm$ 1,37 ^d	12,50 $\pm$ 0,45 ^d	12,81 $\pm$ 0,38 ^d
Dia 22	11,54 $\pm$ 0,53 ^{cd}	11,08 $\pm$ 0,71 ^{bcd}	11,88 $\pm$ 1,01 ^{cd}	11,41 $\pm$ 0,52 ^{cd}
Dia 24	11,40 $\pm$ 0,63 ^{bcd}	12,69 $\pm$ 0,75 ^d	11,42 $\pm$ 0,52 ^{cd}	10,94 $\pm$ 0,31 ^{abcd}

*Os valores representam as médias e $\pm$ o desvio padrão (n=6). Médias seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa entre as amostras (p<0,05), pelo teste de Tukey.

Observou-se um aumento de aproximadamente 18% no teor de SST durante o experimento e, não foi verificada diferença estatística (p<0,05) entre os tratamentos para o mesmo dia de análise (TAB. 8). De acordo com Sigrist (1992) o aumento no teor de SST durante a maturação dos frutos é atribuído principalmente a hidrólise dos carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento dos mesmos na planta.

Observou-se que, de um modo geral, o armazenamento dos frutos a 11°C (até o 14º dia) permitiu que os teores de SST aumentassem progressivamente para todos os tratamentos. Entretanto, uma pequena redução foi verificada nos dias 22 e 24, ambos com valores similares no grupo controle e nas duas doses de irradiação. O grupo do banho térmico foi o único a apresentar um pequeno aumento no dia 24, possivelmente, devido a não uniformidade dos frutos, dos quais alguns provavelmente se apresentavam mais maduros que outros (FIG 17). Entretanto, este grupo não se diferiu estatisticamente (p<0,05) dos demais tratamentos (TAB. 8).

DIJOUA *et al.* (2009) não encontraram diferenças significativas nos valores de SST em mangas cv. Keitt submetidas ao banho térmico de 46° e 50°C por 30 e 75 minutos armazenadas a uma temperatura de 6° C por 9 dias.

Kim *et al.*(2009) também não encontraram diferenças significativas nos valores de SST *cv.* Tommy Atkins quando submetidas ao banho térmico de 46° C por 70, 90 e 110 minutos armazenadas a 25°C por 4 dias. Os valores variaram de 9,82 a 10,48 °Brix.

FIGURA 17 - Perfil do teor de sólidos solúveis totais na manga *cv.* Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 6 repetições.

Resultados similares aos deste trabalho foram encontrados por Sabato *et al.*, (2009) do qual não houve diferença significativa no teor de SST em mangas *cv.* Tommy Atkins irradiadas nas doses 0,4 kGy e 1,0 kGy e o grupo do banho térmico nos dias 8 e 10 de armazenamento sob as mesmas condições de tempo-temperatura deste trabalho.

Entretanto, Tinjaca (2005) estudou o efeito da irradiação nas doses de 1,0; 1,5 e 3,1 kGy por feixes de elétrons em mangas *cv.* Tommy Atkins. Os resultados indicaram que todas as doses promoveram decréscimos significativos no teor de SST em relação ao grupo controle, promovendo um retardo no amadurecimento do fruto.

A redução nos teores de SST nos dias 22 e 24 não se correlacionou com os resultados encontrados da diminuição dos teores de ATT e no aumento nos valores de pH neste mesmo período para o grupo controle e para as duas doses de irradiação. Possivelmente, pode não haver correspondência entre esses três parâmetros avaliados, como mencionado por Lima *et al.* (2009).

Segundo Manica *et al.* (2001), um dos índices seguros de maturidade para algumas cultivares na época da colheita é a medição do SST. O autor indica que uma

manga colhida com 7 a 8°Brix amadurece normalmente, como também observado por Lima *et al.* (2009) nos estudos realizados em mangas (*cv.* Tommy Atkins), verificando indicadores ideais para a colheita desses frutos nas condições do Vale do São Francisco. Vale ressaltar que, os frutos têm maior valor comercial no mercado quando apresenta teores entre 12 a 15°Brix, nos quais apresentam um grau de doçura maior (Manica *et al.*, 2001).

Os valores do dia 0 e 1 (~10°Brix) estão coerentes com os dados encontrados na literatura (TAB 8.). Esse parâmetro avaliado indicou que os frutos estavam ideais no início do experimento para que ocorresse o completo amadurecimento durante o período de armazenamento. Além disso, verificou-se que a partir do dia 14, os frutos apresentaram valores próximos de 12°Brix o que refletiria uma boa aceitação pelos consumidores no mercado internacional, visto que durante esses 14 dias seria destinado ao tempo do transporte via marítima.

5.7 Carboidratos

Não foram encontrados dados na literatura sobre o teor de amido em mangas submetidas à irradiação para comparação com os valores verificados neste trabalho. Entretanto, o valor inicial de 1,7% de amido (Dia 0) foi similar ao encontrado por Bernardes-Silva (2003) em mangas *cv.* Tommy Atkins (TAB. 9).

TABELA 9 – Valores médios dos teores de amido encontrados na manga *cv.* Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.

	Amido (mg/g)			
	Controle	Dose 0,4 kGy	Dose 1,0 kGy	Banho Térmico
Dia 0	17,38 ±0,98 ⁱ	17,38 ±0,98 ⁱ	17,38 ±0,98 ⁱ	17,38 ±0,98 ⁱ
Dia 1	18,78 ±2,02 ⁱ	27,78 ±0,35 ^j	12,95 ±1,79 ^h	14,98 ±1,49 ^h
Dia 7	7,28 ±0,07 ^g	4,86 ±0,53 ^{ef}	8,31 ±0,5 ^g	7,07 ±0,39 ^{fg}
Dia 14	3,59 ±0,35 ^{de}	2,66 ±0,17 ^{cde}	2,91 ±0,51 ^{cde}	2,45 ±0,04 ^{bcd}
Dia 17	2,34 ±0,24 ^{abcd}	2,08 ±0,12 ^{abcd}	2,14 ±0,16 ^{abcd}	1,54 ±0,31 ^{abcd}
Dia 22	2,10 ±0,04 ^{abcd}	1,29 ±0,07 ^{abcd}	0,14 ±0,12 ^{ab}	1,15 ±0,12 ^{abc}
Dia 24	1,99 ±0,05 ^{abcd}	0,28 ±0,27 ^{ab}	0,11 ±0,01 ^a	1,46 ±0,14 ^{abcd}

*Os valores representam as médias e ± o desvio padrão (n=3). Médias seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa entre as amostras (p<0,05), pelo teste de Tukey.

Gómez *et al.* (1999) verificaram que os teores de amido em mamões irradiados (*cv.* Solo) a 0,5 kGy foram cerca de 40% mais altos que nos frutos controle, em todos os estágios de amadurecimento analisados, exceto em frutos completamente maduros. Neste trabalho, as diferenças significativas ($p < 0,05$) nos dias 1 e 7 entre os tratamentos se deve pela própria variabilidade dos frutos do que pelo efeito da irradiação, uma vez que um alto teor de amido (27,8 mg/g) na dose de 0,4 kGy verificado no dia 1 não prevaleceu no dia 7 (TAB 9).

O perfil de degradação de amido e acúmulo de açúcares solúveis pode ser observado na FIG. 18.

Todos os grupos tiveram uma redução acima de 87% do conteúdo de amido. As doses 0,4kGy e 1,0kGy tiveram o maior percentual de degradação de amido (aproximadamente 98%) seguido pelo banho térmico e controle (aproximadamente 90%). Estes resultados indicam que a radiação pode ter efeito sobre o processo de degradação de amido em mangas, embora não tenha ocorrido diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Os açúcares solúveis totais, contabilizados com a soma dos teores de glicose, frutose e sacarose, aumentaram aproximadamente 20% ao longo do experimento para o grupo controle e para as duas doses de radiação. Já o grupo do banho térmico, obteve um aumento de 36% (FIG 18).

De acordo com Bernardes-Silva *et al.* (2003), uma das mudanças quantitativas mais importantes durante a maturação dos frutos é a hidrólise do amido, e sua conversão em açúcares solúveis que contribuem para o sabor doce. A quantidade de açúcares solúveis totais no início do experimento (62,7 mg/g) foi superior ao teor de amido (17,38 mg/g), independente do tratamento aplicado ao fruto. Segundo este autor, embora os processos de degradação de amido e acúmulo de açúcares solúveis pareçam ocorrer concomitantemente, a quantidade de açúcares solúveis acumulados ao longo do amadurecimento do fruto parece não ser justificada pelo percentual de degradação de amido. Isso indica que, possivelmente, grande parte dos açúcares solúveis responsáveis pelo adoçamento da manga são acumulados antes de sua colheita. O adoçamento da manga, possivelmente, ocorre quando o fruto se encontra ligado à planta-mãe e continua após a colheita.

FIGURA 18 - Perfis de amido (▲) e açúcares solúveis totais (□) (AST) na manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 3 repetições.

Ao final do experimento, observou-se que o grupo banho térmico obteve um teor maior de açúcares solúveis totais em relação aos demais grupos, porém não houve diferença estatística ($p < 0,05$). Fato este que se correlaciona com os resultados de sólidos solúveis totais (SST), dos quais também apresentou um maior teor de SST nesse mesmo dia (FIG. 17).

Os teores de glicose, frutose e sacarose podem ser observados na FIG. 19. A sacarose foi o açúcar predominante em todos os grupos durante todo o período de armazenamento, seguido da frutose e glicose, respectivamente (FIG 19). Esses resultados estão de acordo com o estudo em mangas *cv.* Tommy Atkins realizado pelos autores Medlicott *et al.* (1985) e Gil *et al.* (2000), e também pelos estudos com mangas irradiadas (1,0; 1,5 e 3,1 kGy) pelo autor Tinjaca (2005).

Não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os teores de glicose, frutose e sacarose para cada tratamento em cada dia de análise (TAB. 10). O grupo do banho térmico obteve um maior aumento de glicose, com aproximadamente 69%, enquanto os demais grupos obtiveram cerca de 45%. O mesmo perfil foi observado para os teores de sacarose, do qual, novamente o grupo do banho térmico apresentou um aumento desse açúcar em 40%. Entretanto, a dose de 0,4 kGy apresentou o teor menor, com cerca de 15% de aumento durante o armazenamento. Em relação à frutose, os teores se mantiveram, praticamente, constante durante todo o experimento, sendo o grupo banho térmico o único a apresentar um aumento de 17%.

FIGURA 19 - Médias de açúcares solúveis glicose, frutose e sacarose de cada tratamento na manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento. Os valores correspondem a média $\pm$ desvio padrão de 3 repetições.

Mitchell *et al.* (1992) observaram que frutos de manga *cv.* Kensington irradiadas na dose de 0,3 kGy tiveram níveis maiores de sacarose quando comparados com uma dose 0,6 kGy, para a qual obtiveram níveis menores. O autor concluiu que os teores de sacarose podem variar conforme a dose, o que não foi verificado neste trabalho, já que ambas as doses utilizadas apresentaram teores de sacarose semelhantes.

Tinjaca (2005) observou que os teores de glicose em mangas irradiadas foram maiores do que no grupo controle, com um aumento de 14% na dose de 1,0 kGy, 15,1% na dose de 1,5 kGy e 10% na dose de 3,1 kGy. O autor explica que esse aumento pode estar associado com o efeito da irradiação na despolimerização de moléculas de carboidratos (como celulose e amido) que, também, induz na degradação das membranas celulares, fato este que promove o amolecimento dos frutos irradiados. Essa observação poderia estar atribuída ao fato da dose de 1,0 kGy ter apresentado valores de textura menores que os demais tratamentos. Como o teor de glicose, assim como o teor de frutose e sacarose, foi semelhante para todos os tratamentos, concluiu-se que não houve uma relação entre os teores de açúcares e a perda de textura da dose de 1,0 kGy nos dias 1 e 7.

A relação frutose/glicose costuma ser 1 em alguns frutos, como a banana (MOTA *et al.*, 1997) e o mamão (GOMEZ *et al.*, 1999). Entretanto, neste estudo isto não ocorreu, no qual se pôde perceber que a quantidade de frutose ($1,895 \pm 0,1$) foi maior que a de glicose ($0,414 \pm 0,12$) desde o início do experimento. Possivelmente, segundo Bernardes-Silva (2003), isso se deve ao fato de que a glicose é utilizada, preferencialmente, na via respiratória do fruto, o que resulta na “sobra” da frutose no tecido.

A proporção entre os diferentes tipos de açúcares é um importante atributo de qualidade uma vez que diferem em grau de doçura. A frutose possui um maior grau de doçura que a sacarose e esta por sua vez maior que a glicose (PANGBORN, 1963). Conforme o encontrado nesse trabalho (TAB. 10), o teor de glicose (~1%) foi menor que o de frutose (~2%) e este por sua vez menor que o de sacarose (~5%).

Com base nestas observações, se pode inferir que o incremento do sabor doce verificado na manga ao longo do seu amadurecimento pode ser resultado do aumento e, também, da predominância dos dois açúcares (frutose e sacarose) de maior grau de doçura no fruto até o final do experimento. Dessa forma, o grupo do banho térmico, provavelmente, apresentou frutos com maior grau de doçura em relação aos demais tratamentos.

TABELA 10 – Valores médios dos açúcares solúveis encontrados na manga cv. Tommy Atkins em um período de 24 dias de armazenamento.

Tratamento	Açúcares solúveis (g/100g)						
	Glicose						
	Dia 0	Dia 1	Dia 7	Dia 14	Dia 17	Dia 22	Dia 24
Controle	0,414* $\pm$ 0,12 ^a	0,647 $\pm$ 0,15 ^{ab}	0,826 $\pm$ 0,25 ^{ab}	1,06 $\pm$ 0,33 ^{ab}	1,005 $\pm$ 0,42 ^{ab}	0,642 $\pm$ 0,23 ^{ab}	0,826 $\pm$ 0,36 ^{ab}
Banho Térmico	0,414 $\pm$ 0,12 ^a	0,472 $\pm$ 0,08 ^a	0,657 $\pm$ 0,24 ^{ab}	0,968 $\pm$ 0,26 ^{ab}	1,305 $\pm$ 0,44 ^{ab}	0,644 $\pm$ 0,26 ^{ab}	1,314 $\pm$ 0,36 ^{ab}
Dose 0,4 kGy	0,414 $\pm$ 0,12 ^a	1,067 $\pm$ 0,11 ^{ab}	1,419 $\pm$ 0,26 ^{ab}	1,419 $\pm$ 0,24 ^{ab}	1,553 $\pm$ 0,47 ^b	1,225 $\pm$ 0,27 ^{ab}	0,718 $\pm$ 0,29 ^{ab}
Dose 1,0 kGy	0,414 $\pm$ 0,12 ^a	1,054 $\pm$ 0,10 ^{ab}	1,057 $\pm$ 0,05 ^{ab}	1,025 $\pm$ 0,62 ^{ab}	1,036 $\pm$ 0,84 ^{ab}	0,495 $\pm$ 0,30 ^a	0,681 $\pm$ 0,48 ^{ab}
	Frutose						
Controle	1,895 $\pm$ 0,1 ^{ab}	1,837 $\pm$ 0,14 ^{ab}	1,822 $\pm$ 0,05 ^{ab}	2,108 $\pm$ 0,16 ^{ab}	1,829 $\pm$ 0,1 ^{ab}	1,703 $\pm$ 0,09 ^a	1,792 $\pm$ 0,11 ^a
Banho Térmico	1,895 $\pm$ 0,1 ^{ab}	1,975 $\pm$ 0,2 ^{ab}	2,107 $\pm$ 0,29 ^{ab}	2,205 $\pm$ 0,39 ^{ab}	2,108 $\pm$ 0,21 ^{ab}	2,145 $\pm$ 0,23 ^{ab}	2,011 $\pm$ 0,13 ^{ab}
Dose 0,4 kGy	1,895 $\pm$ 0,1 ^{ab}	2,229 $\pm$ 0,08 ^{ab}	1,866 $\pm$ 0,05 ^{ab}	1,980 $\pm$ 0,18 ^{ab}	2,319 $\pm$ 0,19 ^{ab}	2,337 $\pm$ 0,47 ^{ab}	1,855 $\pm$ 0,28 ^{ab}
Dose 1,0 kGy	1,895 $\pm$ 0,1 ^{ab}	1,811 $\pm$ 0,27 ^{ab}	2,252 $\pm$ 0,43 ^{ab}	2,406 $\pm$ 0,37 ^{ab}	2,611 $\pm$ 0,41 ^b	1,858 $\pm$ 0,32 ^{ab}	2,285 $\pm$ 0,27 ^{ab}
	Sacarose						
Controle	3,979 $\pm$ 0,61 ^{abc}	3,116 $\pm$ 0,32 ^a	4,410 $\pm$ 0,13 ^{abcdef}	4,485 $\pm$ 0,39 ^{abcdef}	4,376 $\pm$ 0,31 ^{abcdef}	4,654 $\pm$ 0,31 ^{abcdef}	5,298 $\pm$ 0,58 ^{abcdef}
Banho Térmico	3,979 $\pm$ 0,61 ^{abc}	4,220 $\pm$ 0,41 ^{abcde}	6,290 $\pm$ 0,93 ^{def}	4,509 $\pm$ 0,93 ^{abcdef}	4,389 $\pm$ 0,53 ^{abcdef}	4,954 $\pm$ 0,65 ^{abcdef}	6,444 $\pm$ 0,51 ^{ef}
Dose 0,4 kGy	3,979 $\pm$ 0,61 ^{abc}	4,908 $\pm$ 0,38 ^{abcdef}	4,095 $\pm$ 0,15 ^{abcd}	5,135 $\pm$ 0,45 ^{abcdef}	5,539 $\pm$ 0,35 ^{bcdef}	6,583 $\pm$ 1,36 ^f	4,558 $\pm$ 0,53 ^{abcdef}
Dose 1,0 kGy	3,979 $\pm$ 0,61 ^{abc}	3,447 $\pm$ 0,18 ^{ab}	4,923 $\pm$ 1,10 ^{abcdef}	5,652 $\pm$ 0,85 ^{bcdef}	6,054 $\pm$ 1,38 ^{cdef}	4,625 $\pm$ 0,88 ^{abcdef}	5,453 $\pm$ 1,49 ^{abcdef}

*Os valores representam as médias e $\pm$ o desvio padrão (n=3). Médias seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

5.8 Avaliação de massa fresca e observação visual

Foram avaliados 18 frutos de cada tratamento em relação à perda de massa fresca e a decomposição desses mesmos frutos do início até o final do experimento.

A TABELA 11 mostra a porcentagem de perda de massa apresentada em cada tratamento. Os valores representam a variação do último dia de análise em relação ao peso inicial do fruto.

TABELA 11 – Perda de massa fresca de cada tratamento.

Tratamento	Massa (g)		Perda de massa (%)
	Dia 1	Dia 24**	
Controle	462,83 ^{*a}	445,80 ^a	3,68%
Banho Térmico	461,65 ^a	445,60 ^a	3,47%
Dose 0,4 kGy	476,85 ^a	460,71 ^a	3,38%
Dose 1,0 kGy	466,54 ^a	448,87 ^a	3,78%

*Os valores representam as médias e $\pm$ o desvio padrão (n=18). Médias seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

**Para o dia 24, considerou-se a média dos frutos que ainda se apresentavam em boa qualidade.

A manga perde peso durante o amadurecimento e a taxa de perda é influenciada pelas condições de armazenamento (MANICA *et al.*, 2001).

Nenhum tratamento influenciou na perda de peso dos frutos, dos quais todos apresentaram perdas de até aproximadamente 4%, e, não se diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) (TAB. 11).

Sabato *et al.* (2009) também encontraram porcentagens de perda de massa semelhantes ao deste trabalho, do qual obtiveram perda de massa variando de 3% a 5% do grupo controle, dose de 0,4 kGy e 1,0 kGy em mangas (cv. Tommy Atkins) armazenados sob mesmas condições de tempo-temperatura.

Esses resultados indicaram que a perda de massa não está relacionada com a significativa perda de textura para a dose de 1,0 kGy, uma vez que o amolecimento poderia ter sido dada pela maior perda de água dos frutos durante o armazenamento.

CARUSO (2009) estudou o efeito combinado (tratamento hidrotérmico e irradiação) em mangas cv. Tommy Atkins. O autor observou que os grupos submetidos ao banho de 46°C por 70 min e tratados na dose de 0,3 kGy apresentou uma perda de 3,24% menor que o grupo controle. A variação de perda de massa dos tratamentos combinados,

encontrada por esse autor, foi de 6,55 a 9,8%, valores superiores aos encontrados neste trabalho.

Todos os frutos de cada tratamento iniciaram o experimento sem manchas, sem podridões e sem murchamentos. Como os frutos ficaram armazenados em câmara fria por 14 dias, eles mantiveram essas características iniciais preservadas.

No dia 22, diversos frutos apresentaram lesões na casca como pontos pretos, aparecimento de fungos e, além disso, murchamento. O grupo do banho térmico foi o que obteve o maior número de descarte dos frutos em, aproximadamente, 55%, seguido dos demais grupos, todos com cerca de 16% de descarte.

No dia 24, o grupo do banho térmico manteve o mesmo número de frutos descartados (55%) referentes ao dia 22. Entretanto, o grupo controle apresentou apodrecimento em 33% dos frutos, seguido das duas doses de irradiação, em cerca de 27%.

De acordo com Paull (1994) mencionado por Jacobi (2001), a severidade do estresse induzido pelo banho térmico é determinada pelo diferencial de temperatura e da duração da exposição. Para a manga, a imersão em água quente a 42-49 °C induz uma série de lesões externas (queimaduras na casca e pontos pretos) em diversas cultivares. A severidade e a incidência dessas lesões diminuem a qualidade dos frutos e depende da cultivar, do método de aplicação de calor e do nível de estresse sofrido pelo tecido dos frutos.

De todos os tratamentos aplicados à manga, os grupos que apresentaram uma menor porcentagem de descarte de frutos por decomposição foi o grupo das duas doses de irradiação (0,4 e 1,0 kGy), mostrando a efetividade da irradiação em relação ao tratamento por banho térmico, além do grupo controle, na preservação externa dos frutos, diminuindo o aparecimento de podridões ou murchamento.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho indicou que os frutos submetidos ao banho térmico apresentaram um comportamento químico e físico-químico similar ao grupo controle. Entretanto, assim como mencionado em diversos estudos citados neste trabalho, o tratamento térmico promoveu uma aceleração no amadurecimento dos frutos interferindo nas suas qualidades extrínsecas, como constatado na análise de observação visual, dos quais obtiveram o maior número de descarte por decomposição.

Concluiu-se que os frutos irradiados na dose de 0,4 kGy apresentaram perfis similares ao grupo submetido ao banho térmico e ao grupo controle em relação a qualidade intrínseca dos frutos. Isso indica que tanto o banho térmico como a irradiação nessa menor dose não interferiu no atraso de amadurecimento da manga em relação às suas características químicas e físico-químicas, mas, ao mesmo tempo, não interferiu na qualidade do fruto de modo negativo.

A dose de 1,0 kGy tem a capacidade de manter uma coloração verde do fruto por um longo período de armazenamento, sugerindo que isso ocorra quanto maior a dose aplicada ao fruto. Entretanto, observou-se que, independente dessa coloração, outras variáveis como pH, teores de sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais não são concomitantemente influenciadas. Exceto o teor de acidez total titulável, em que esta dose induziu uma maior degradação de ácido cítrico, além de promover uma redução da textura nos frutos ainda verdes.

Quanto ao aspecto dos carboidratos, concluiu-se que, mangas podem ser irradiadas com 1,0 kGy, sem que seja afetado o adoçamento e o sabor dos frutos, uma vez que os teores dos açúcares totais foram semelhantes em todos os tratamentos aplicados.

Em relação à análise de observação visual, notou-se que a irradiação, tanto na dose 0,4 como na dose de 1,0 kGy, permitiu uma melhor conservação dos frutos em relação às suas qualidades extrínsecas. A irradiação prolonga a vida útil dos frutos, uma vez que suas características externas são preservadas. No entanto, observou-se que, internamente, os frutos continuam seu amadurecimento normal, independente da dose aplicada.

Como foi verificado que nenhuma das doses promoveu um retardo no amadurecimento do fruto, concluiu-se que tanto a dose de 0,4 kGy como a de 1,0 kGy são efetivas para aplicação na manga quanto a sua preservação externa, sem afetar de modo

negativo suas características físico-químicas, principalmente no estágio ideal de consumo. Vale ressaltar que a dose de 0,4 kGy é ideal para a desinfestação do fruto conforme o IDIDAS, e a dose de 1,0 kGy foi estudada considerando a variação de dose em um irradiador durante uma real aplicação comercial. Portanto, neste trabalho, não foi verificado nenhuma restrição caso alguns frutos recebam essa maior dose.

A irradiação, em ambas as doses, foi mais efetiva para a preservação da qualidade de mangas *cv. Tommy Atkins*, diminuindo o surgimento de podridões ou murchamento em relação ao tratamento térmico. Sendo assim, recomenda-se o uso da irradiação na exportação de manga a mercados internacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. *Ehtylene in plant biology*. Dan Diego: Academic Press, 2ªed., 414p., 1997.

AEGERTER, A.F.; FOLWELL, R.J. Economics aspects of alternatives to methyl bromide in the postharvest and quarantine treatment of selected fresh fruits. *Crop Protection* v19, p.161-168, 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA); **Resolução RDCnº21**, de 26 de janeiro de 2001.

Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm>. Acesso em: 28 nov 2007.

AKAZAWA, T. & OKAMOTO, T. Biosynthesis and metabolism of sucrose. *The biochemistry of Plants*, New York: Academic Press, 1980, v.3., 199-270, 1980.

ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; PENTEADO, M.D.C. Vitamina A. In: PENTEADO, M.D.V.C. *Vitaminas: Aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos*. São Paulo: Manole, 2003. cap. 2, p.55-72.

AMORÓS, A.; ZAPATA P.; PRETEL, M. T.; BOTELLA, M. A.; SERRANO, M. Physico-chemical and Physiological Changes During Fruit Development and Ripening of Five Loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) Cultivars. *Food Sci. Tech. Int.* 9, (1), 43–9, 2003.

ANIMAL AND PLANT HEALTH INSPECTION SERVICE - APHIS, USDA (2007).

Disponível em:

<http://www.aphis.usda.gov/publications/plant_health/content/printable_version/faq_imp_i ndian_mango.pdf>. Acesso em: 10 fev 2008.

AREAS, J.A.G.; LAJOLO, F.M. Starch transformation during banana ripening I: the phosphorylase and phophatase behavior in *Musa acuminata*. *J. Food Biochem*, Weastport, v.5, p.19-37, 1981.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC Internacional*, 16ª ed, Arlington, 2v, 1995.

AWAD, M. *Fisiologia pós-colheita de frutos*. São Paulo: Nobel, 1993.

BARBONI, T.; CANNAC, M; CHIARAMONTI, N. Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. *Food Chemistry*, volume 121, Issue 4, p. 946-951, 2010.

BENEBION, 2007. *Phytosanitary treatment for Mangoes*.

Disponível em: <<http://www.phytosan.com/en/Mango.html?Menu=2>>. Acesso em: 03 dez 2009.

BERGMEYER, H.U.; BERNT, E. D-glucose. Determination with glucose oxidase and peroxidase. In: BERGMEYER, H.U.; GAWEHN, K.; eds. *Methods of enzymatic analysis*, 2 ed. New York: **Academic Press**, v.2, p.1212-1215, 1974.

BERNARDES-SILVA, A.P.F.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. ***Ciência e Tecnologia de Alimentos***, Campinas, 23, 116-120, 2003.

BERNARDES-SILVA, A.P.F. Perfil de carboidratos de diferentes cultivares de manga durante o desenvolvimento e amadurecimento. Tese (Mestrado): Faculdade de Ciências Farmacêuticas – USP, 2000.

BRANDÃO, M.C.C.; MAIA, G.A.; LIMA, D.P.; PARENTE, E.J.S.; CAMPELLO, C.C.; NASSU, R.T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P.H.M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos a desidratação osmótica-solar. ***Rev. Bra. Frut.***, 1 (25), Jaboticabal, 2003.

BRAZ, V.P.; NUNES, E.S.; VIEIRA, G.; JUNIOR, J.I.R.; BERTINI, L.A.; COUTO, F.L.A. Indução do amadurecimento de mangas cv. Tommy Atkins e Ubá pela aplicação de ethepon pós-colheita. ***Tecnologia Pós-colheita***, Bragantia, Campinas, v.67, n.1, p.225-232, 2008.

BROISLER, P.O. ***Simulação do transporte de mangas irradiadas para exportação***. Tese (Mestrado) - Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2007.

BUSTOS, M. E.; ENKERLIN, W.; TOLEDO, J.; REYES J.; CASIMIRO A. Irradiation of Mangoes as a Quarantine Treatment. in Use of irradiation as a Quarantine Treatment of Food and Agricultural Commodities (27-31 August 1990).. Proceedings of the final research co-ordination meeting on Use Of Radiation as a Quarantine Treatment of Food and Agricultural Commodities organized by the joint FAO/IAES Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Kuala Lumpur, Malaysia, from 27 -31 August 1990. Printed by IAEA August 1992, p77-90.

BYALE, J.B.; YOUNG, R.E. Respiration and ripening in fruits – Retrospect and prospect. In: FRIEND, J.; RHODES, M.J.C eds. ***Recent advances in biochemistry of fruit and vegetables***. London: Academic Press, 19, 1-37, 1981.

BYRNE, M. Irradiation Update. ***Food Engineering International***, v.21, nº6, p37-41, 1996.

CALORE, L.; VIEITES, R.L. Conservação de pêssegos 'Biuti' por irradiação. ***Ciênc. Tecnol. Aliment.*** vol.23 , 2003.

CAMARGO, R. J. ***Estudo do tratamento combinado de radiação ionizante e cobertura de quitosana em mamão papaia (Carica papaya L.)***. 2004. Tese (Mestrado) – Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, São Paulo.

CAMARGO, R.J.; TADINI, C.C.; SABATO, S.F. Physical-chemical analyses of irradiated papaya (Carica papaya L.). ***Radiation Physics and Chemistry***, 76, 1866-1868, 2007.

CARUSO, M.W. Análise do efeito combinado da irradiação e do tratamento hidrotérmico nas características de qualidade de mangas para exportação. Tese (Mestrado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, 2009.

CASTRILLO, M.; KRUGER, N.J. WHATLEY, F.R. Sucrose metabolism in mango fruit during ripening. *Plant Sci.*, 1, (84), 45-51, 1992.

CEAGESP, 2009. Comercialização de mangas no mercado nacional. Juazeiro: *III Simpósio de manga*.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: ESAL, Fundação de Apoio ao Ensino, pesquisa e Extensão, 293p., 1990.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. UFLA, 2ª ed, 785 p., 2005.

CINTRA, R.F.; VITTI, A.; BOTEON, M. *Análise dos impactos de certificação das frutas brasileiras para o mercado externo, 2003*. Disponível em:
<<http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/certificacao.pdf>. Acesso em: 02 dez 2007.

CORDENUNSI, B.R.; LAJOLO, F.M. Starch breakdown during banana ripening Sucrose Synthase and Sucrose Phosphate Synthase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 43, 347-351, 1995.

DEL MASTRO, N.L. Development of Food Irradiation in Brazil. *Progress in Nuclear Energy*, v.35, n°3-4, p.229-248, 1999.

DENNIS, D.T.; BAKELEY, S.D. Carbohydrate metabolism. *Biochemistry & molecular biology of plants*: Rockville: American Society of Plants Physiologists, 630-675, 2000.

DIJOUA, T., CHARLES, F., LOPEZ-LAURI, F., FILGUEIRAS, H., COUDRET, A., JUNIOR, M.F., DUCAMP-COLLIM, M.N., SALLANON, H. Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica* L.) by hot water treatments. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 52, Issue 2, pgs. 221-226, 2009.

DURIGAN, J.F.; DE ALMEIDA TEIXEIRA, G.H.; CASTANHARO, N.M.; DOMARCO, R.E. Postharvest conservation of ‘Tommy Atkins’ mango influenced by gamma radiation, wax, hot water and refrigerator. *Acta Horticulturae*, 645, 601-604.

EMPRESA BRALISEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2004.
Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/colheita.htm>>. Acesso em: 29 nov. 2007.

EVANGELISTA, R.M. Qualidade de mangas “Tommy Atkins” armazenadas sob refrigeração e tratadas com cloreto de cálcio pré-colheita. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

FABBRI, A.D T. *Study of radiation in fresh tomatoes (Lycopersicon esculentum mill) e o nível de licopeno*. Tese (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/SP, 2009.

FILGUEIRAS, H.A.C. Colheita e manuseio pós-colheita. In: FILGUEIRAS, H.A.C et al. *Frutas do Brasil: Manga Pós-colheita*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 22-25, 2000.

FISHER, I.H. ARRUDA, M.C.; ALMEIDA, A M.; MONTES, S.M.N.M.; JERONIMO, E.M.; SIMIONATO, E.M.R.S.; BERTANI, R.M.A. Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em manga. *Ciências agrárias*, Londrina, v.30, n.1, p.107-116, 2009.

FOLLET, P.A.; GABBARD, Z. *Effect of mango weevil (Coleoptera:Cuculionidae) damage on mango seed viability in Hawai*, 2000.

FOLLET, P.A. Irradiation to control insects in fruits and vegetables for export from Hawai. *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 71, n.s 1-2, 163-166, 2004.

FOLLET, P.A. *Mango response to mango seed weevil infestation*. The ESA 2001 Annual Meeting – 2001: An Entomological Odyssey of ESA. Pacific Basin Agricultural Research Center, 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO, 2007.

Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 20 jan 2010.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia de alimentos*; São Paulo; Editora Atheneu, 1996.

FRYLINCK, L.; DUBERY, I.A.; SHABORT, J.C. Biochemical changes involved in stress response and ripening behaviour of γ -irradiated mango fruit. *Phytochemistry*, 3 (26), 684-686, 1987.

FUCHS, Y.; ZAUBERMAN, G.; YANKO, U.; HAMSKY, S. Ripening of mango fruits with ethylene. *Tropical Science*, Whurr, v. 17, 211-216, 1975.

GAGNON, M.; LACROIX, M.; PRINGSULAKA, V.; JOBIN, M.; LATREILLE, B.; NOUCHPRAMOL, K.; PRACHASITTHISAK, Y.; CHARON, S.; ADULYATHAM, P.; LETTRE, J. GRAD, B.; Effect of gamma irradiation with hot water dip and transportation from Thailand to Canada on biochemical and physical characteristics of thai mangoes, *Rad. Phy. Ch.*, v.42, n.1-3, p.283-287, 1993.

GALLI, J.A.; MICHELLOTO, M.D.; SPATTI, L.R.; MARTINS, A.L.M. *Ocorrência de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em diferentes variedades de manga (Mangifera indica L.)*, 2005.

Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/biologico/v68_supl_raib/210.PDF>

Acesso em: 02 dez 2007.

GIL, A.M.; DUARTE I.F.; DELGADILLO, I.; COLQUIHON, I.J.; CASUSCELLI, F.; HUMPFER, E.; SPRAUL, M. Study of the compositional changes of mango during ripening by use of nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, 48, p. 1524-1536, 2000.

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

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; WANG, C.Y.; BUTA, J.G.; KRIZEK, D.T. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe Tommy Atkins mangoes. *Internacional Journal of Food Science and Technology*, 36, p.767-773, 2001.

GUARINONI, A. Efecto del estado de madurez de los frutos a la cosecha sobre su conservacion. In: *Congresso IberoAmericano de Tecnologia Postcosecha y agroexportaciones*, 2, Bogotá, Colombia, 2000. Simposio: Control de fisiopatias em frutas durante el almacenamiento en frio, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, v.1, p.29-38, 2000.

HULME, A.C. *The biochemistry of the fruits and their products*. New Yorg: Academic Press Inc., 1971.

IADEROZA, M., BLEINROTH, E. W., AZUMA, E. H. Efeitos da radiação ionizante na atividade da pectinesterase do mamão cultivar Solo. *Colet. Inst. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 76-82, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – IBRAF, 2008.

Disponível em:

<<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exportação/ComparativoExportacoesBrasileiras2008-2007.pdf>>. Acesso em 27 jan 2010.

INSITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2007.

Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>. Acesso em 15 jan 2010.

INTERNATIONAL DATABASE ON INSECT DESINFESTATION AND STERILIZATION – IDIDAS, 2007. *Database: mango*

Disponível em: < <http://www-ididas.iaea.org/IDIDAS/default.htm> >. Acesso em: 29 nov. 2007.

INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION - ICGFI. Collection of ICGFI documents on codes of good irradiation practice for treatment of various food commodities. *Training manual on operation of food irradiation facilities*, nº 14.Vienna, 1992.

JACOBI, K., MACRAE, E., HETHERINGTON, S. Loss of heat tolerance in ‘Kensington’ mango fruit following heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 2001, 21, 321-330.

JACOBI, K., MACERAE, E., HETHERINGTON, S. Effects of hot air conditioning of ‘Kensington’ mango fruiti on the response to hot water treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 2000, 21, 39-49.

JERONIMO, E.M. BRUNINI, M.A.; ARRUDA, M.C.; CRUZ, J.C.S.; FISHER, I.H.; GAVA, G. J.C. Conservação pós-colheita de mangas cv. Tommy Atkins armazenadas sob atmosfera modificada. *Ciências Agrárias*, Londrina, v.28, n.3, p.417-426, 2007.

KADER, A.A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.485, p.203-208, 1999.

KARIM, M.N.A.; VIJAYSEGARAN, S.; YON, R.M.; LAM, P.F.; RAMLI, H.; YOUSOF, N. *Gamma irradiation as a Quarantine treatment of Food and Agricultural Commodities*, Malaysia, 1990, p.53-54.

KAYS, S.J. *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York, AVI Book, 532 p., 1991.

KIM, K.H.; YOOK, H.S. Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa* cv. Hayward). *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 78, Issue 6, p. 414-421, 2009.

KIM, Y., LOUNDS-SINGLETON, A.J., TALCOTT, S.T. Antioxidant phytochemical and quality changes associated with hot water immersion treatment of mangoes (*Mangifera indica* L.). *Food Chemistry*, vol 115, Issue 3, pgs. 989-993, 2009.

KRISHNAMURTY, S. SUBRAMANYAM, H. Pre and post-harvest physiology of the mango fruit: a review. *Trop. Sci.*, Oxford, v.15, 167-193, 1973.

LACERDA, A. Depois de 30 anos, a manga brasileira entra no Japão. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 10 jan 2005, Folha Economia, p.B4.

LACROIX, M.; JOBIN, M.; BELIVEAU, M.; GAGNON, M. Effect of gamma irradiation combined with hot water treatment on the texture, pulp color and sensory quality of 'Nahna Glahng Wahn' mangoes. *Microbiologie – Aliments – Nutrition*, 10, 129-139, 1992.

LIMA, L. C.; DIAS, M. S. C.; CASTRO, M. V. *et al.* et al . Control of anthracnose and quality of mangoes (*Mangifera indica* L.) cv. Haden, after hydrothermic treatment and storage under refrigeratio and in modified atmosphere. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, n. 2, 2007 .

LIMA, L.D. de O. Tecido esponjoso em mangas cv. Tommy Atkins: transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

LIMA, M.A.C.; SILVA, A.L.; AZEVEDO, S.S.N. Evolução de indicadores do ponto de colheita em manga ‘Tommy Atkins’ durante o crescimento e a maturação nas condições do vale do São Francisco, Brasil. *Ciênc. Agrotc.*, Lavras, v.33, n.2, p.432-439, 2009.

LUCENA, E.M.P. de; SILVA JUNIOR, A.; CAMPELO, I.K.M. Caracterização físico-química da manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins, em diferentes estádios de maturação. In: *Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Fortaleza, 2, p. 5246, 2000.

LUCENA, E.M.P. Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga Tommy Atkins no vale do São Francisco. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, 2006.

LYNCH, S. J. *Avocado and mango*. In: FRUIT NUTRITION. P 79-120, New Brunswick: N.F. Childers, 906 pgs, 1954.

MANGAN, R.L. and INGLE, S.J., 1992. Forced hot-air quarantine treatment for mangoes infested with West Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* **85**, pp. 1992,

MAIA, G.A.; SILVA, M.F.A.; HOLANDA, L.F.F.; MONTEIRO, J.C.S.; ORIÁ, H.F.; FIGUEIREDO, R.W. Estudo da maturação de algumas variedades de manga (*Mangifera indica* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.8, 67-74p., 1986.

MANICA, I.; ICUMA, I.M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V.H.V.; OLVEIRA, M.E.; CUNHA, M.M.; JUNQUEIRA, N.T.V. *Tecnologia, produção, agroindústria e exportação da manga*. Ed. Cinco Continentes, Porto Alegre – RS, 2001.

MCRAE, E.; QUICK, W.P.; BENKER, C.; STILL, M. Carbohydrate metabolism during postharvest ripening in Kiwi fruit. *Planta*, Berlin, 188, 314-323, 1992.

MEDLICOTT, A.P. THOMPSON, A.K. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var. Keitt) by high performance liquid chromatography. *J. Sci. Food Agric.*, London, v.36, 561-566, 1985.

MELLO, M.; BRAGA, D. Modernizando a logística exportadora. *Revista Hortifruti Brasil*, setembro de 2006, p. 6-12.

MERINO, S.R., EUGENIO, M.M., RAMOS, A.U., HERNANDEZ, S.T.. Fruit fly disinfestation of mangoes (*Mangifera indica* Linn. var. “Manila Super”) by vapor heat treatment. Report from the *Bureau of Plant Industry*, Ministry of Agriculture and Food, Manila, Philippines to the Ministry of Agriculture, Fisheries and Forestry, Japan, 89 pp, 1985.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Instrução Normativa Conjunta, nº9, de 12 de novembro de 2002.

Disponível em: <<http://www.agricultura.org.br>>. Acesso em 20 jan 2010.

MITCHAM, E.J.; MCDONALD, R.E. Cell wall modification during ripening of ‘Keitt’ and ‘Tommy Atkins’ mango fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, 6, (117), 919-924, 1992.

MITCHELL, G.E.; MCLAUCHLAN, R.L.; ISSACS, R.L.; WILLIAM, D.J.; NOTTINGHAM, S.M. Effect of low dose radiation on composition of tropical fruits and vegetables. *J. Food Compost.* Anal 5, 291-311, 1992.

MORAIS, P.L.D.; FILGUEIRAS, H.A.C.; PINHO, J.L.N.; ALVES, R.E. Ponto de colheita ideal de mangas “Tommy Atkins” destinadas ao mercado europeu, *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 24, nº3, Jaboticabal, São Paulo, 2002.

MORENO, M.; CASTELL-PEREZ, M.E.; GOMES, C.; SILVA, P.F.; MOREIRA, R.G. Effect of electron beam irradiation on physical, textural and microstructural properties of Tommy Atkins mangoes (*Mangifera indica* L.). *Journal of Food Science*, 71 (2), E-80-E86, 2006.

MOSCA, J.L. *Conservação pós-colheita de frutos mamoeiro Carioca papaya L. Improvent sunrise solo Line 72/12 com utilização de filmes protetores e cera, associados a refrigeração*. Dissertação (Universidade Estadual Paulista), Jaboticabal, 1992.

MOTA, R.V. de; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Composição em carboidratos de algumas cultivares de banana (*Musa* spp.) durante o amadurecimento. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.17, n.2., p94-97, 1997.

MOY, J.H.; BIAN, X.; PENG, C.Q.; KAWABATA, O.; 1999. The effects of irradiation and heat treatment on the nutrient and sensory quality of papaya. *University of Hawaii Research Report*, Honolulu, 30p, 1999.

MOY, J. H. Low Dose Irradiation of Foods – Prospects and Problems In: *Food Engineering and Process Applications v. 1: Transport Phenomena*. Edited by: LE MAGUER, M. e JELEN, P. Elsevier Applied Science Publisher LTD, 1986 New York, USA.

MURRAY, D. R. *Biology of food irradiation*. London: Research Studies Press, 1990. 255p.

NASCIMENTO, A.S. do; CARVALHO; R.S. de; MENDONÇA, M.C.; BRAGA, R.H.S. Pragas e seu controle. In GENU, P.J. de; PINTO, A.Ç.Q. *A cultura da mangueira*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, p.277-297.

OGURA N., KANEKO, R., ABE Y., NAKAGAWA H., TAKEHANA, H. Effect of temperature on the respiratory rate and changes of organic acid contents of tomato fruits during the storage. Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo, Japan. *Tech. Bull. Fac. Hort. Chiba Univ.*, No. 23 : 17-22, 1975

PANGBORN, R.M. Relative taste intensities of selected sugars and organic acids. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 28, n. 6, 726-733, 1963.

PANTATISCO, E.B. Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables. *The AVI Publ. Co.*, Westport, CT, 560p., 1975.

PAULL, R.E. MCDONALDS, R.E. Heat and cold treatment. In: Paull, R.E., Armstrong, J.W. eds. Insects pests and fresh horticultural products: Treatment and responses. *CAB International Wallingford*, UK, 191-222, 1994.

PIMENTEL, C.R.M.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Mercado internacional de manga: situação atual e perspectiva. In: PIMENTEL C.R.M et al. *Frutas do Brasil: Manga Pós colheita*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000.

PINTO, A.C. et al. Melhoramento genético. In: GENU P. J.; PINTO, A.C. *A cultura da mangueira*. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, cap. 4, p. 51-92.

REYES, L.F.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Electron-beam ionizing radiation stress effects on mango fruit (*Mangifera indica* L.) antioxidant constituents before and during postharvest storage. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55 (15), 6132-6139, 2007.

ROCHA, R.H.C.; MENEZES, J.B.; MORAIS, E.A.; SILVA, G.G.S.; AMBRÓSIO, M.M.Q.; ALVEZ, M.Z. Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga Tommy Atkins. *Rev. Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal-SP, v.23, n.2, p.302-305, 2001.

SABATO, S.F.; SILVA, J.M.; CRUZ, J.N.; BROISLER, P.O.; RELA, P.R.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Advances in commercial application of gamma radiation in tropical fruits at Brazil. *Radiation Physics and Chemistry*, 78, 635-658, 2009.

SABATO, S. F.; SILVA, J. M. da; CRUZ, J. N.; SALMIERI, S.; RELA, P. R., LACROIX, M. Study of physical-chemical and sensorial properties of irradiated Tommy Atkins mangoes (*Mangifera indica* L.) in an internacional consignment. *Food Control*, 3 (20), 284-288, 2009.

SALLES, J.R. de J.; TAVARES, J.C. Vida útil pós-colheita de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins: influência da temperatura e do estado de maturação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.21, n.2, p.171-176, 1999.

SELVARAJ, Y.; KUMAR, R.; PAL, D.K. Changes in sugars, organic acids, amino acids, lipid constituents and aroma characteristics of ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *J. Food Sci. Technol.* 26, 308-313, 1989.

SHARP, J.L. Hot-water immersion appliance for quarantine research. *J. Econ. Entomol.* 82, pp. 189–192, 1989.

SHELLIE, K.C.; MANGAN, R. L. *Hot water immersion as a quarantine treatment for large mangoes: Artificial versus cage infestation*. Journal of the american society for horticultural science 127 (3): 430-434, 2002.

SIGRIST, J.M.M. Respiração. In: BLEINROTH, E.W. et al. Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais, 2 ed, Campinas, ITAL, p.19-26, 1992.

SILVA, O. F.; ROCHA, E.S. CORTES, M.V.C.B. *Radiação gama no controle in vivo e in vitro de Colleotrichum gloesporioides Penz e Botryodiplodia theobromas em frutos de Manga cv. "Tommy Atkins"*. Embrapa, Rio de Janeiro, 2006.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO E ESTATÍSTICA DE MERCADO (SIEM) – CEAGESP, 2009.

<<http://www.ceagesp.gov.br/produtos/>>. Acesso em 27 jan 2010.

SIQUEIRA, T.V. *A cultura da manga: desempenho do período de 1961/2001*. Rio de Janeiro, BNDES, 2003.

SOUZA, R.C.; NETO, J.A. As transações entre supermercados europeus e produtores brasileiros de frutas frescas. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 16, n. 3, 2009.

SOUZA, W.A.; VILAS BOAS, O.M.G.C. A deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. *Rev. Panam. de Salud Pub.*, v.12, n.3, p.173-179, 2002.

TALCOTT, S.T; MORRE, J.P.; LOUNDS-SINGLETON, L.; PERCIVAL, S. Ripening associated phytochemical changes in mangos (*Mangifera Indica*) following thermal quarantine and low-temperature storage. *Journal of Food Science*, 5 (70), C337-341, 2005.

THANARAJ, T.; TERRY, L.A.; BESSANT, C. Chemometric profiling of pre-climacteric Sri Lankan mango fruit (*Mangifera indica* L.). *Food Chemistry*, 112, p. 786-794, 2009.

TILTON, E.W.; BURDITT, A.K. Insect Disinfestation of grain and fruit. In: JOSEPHSON, E.S.; PETERSON, M.S. *Preservation of food by ionizing radiation*. CRC Press, Boca Raton, v.3, cap.7, p215-229, 1983.

TINJACA, M.A.M. *Effect of electron beam irradiation on quality and shelf-life of Tommy Atkins mango (Mangifera indica L.) and blueberry (Vaccinium corymbosum L.)*. Tese (Mestrado) – Texas A&M University, 2005.

TUCKER, G.A.; GRIERSON, D. Fruits in ripening. In: DAVIES, D.D. ed. *The biochemistry of plants*. Academic Press, San Diego, v.12, p265-269, 1987.

TUCKER, G.A. Introduction, In: SEYMOURG; TAYLOR, J. TUCKER eds. *Biochemistry of Fruit Ripening*, London: Academic Press, cap.1, 1-51p, 1993.

TOVAR, B.; GARCIA, H.S.; MATA, M. Physiology of pré-cut mango II. Evolution of organic acid. *Food Research International* (34), p.705-714, 2001.

UNITED STATES DRUG ADMINISTRATION – USDA, 2007.

Disponível em:

<http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/01jan20061500/edocket.access.apo.gov/cfr_2006/janqtr/pdf/7cfr305.31.pdf> Acesso em: em 28 nov. 2007.

VIJAYSEGARAN, S.; LAM P; KARIM; HASSAN R.. *Gamma radiation as a quarantine treatment for carambola, papaya and mango*. In Proceedings of the final research co-ordination meeting on Use Of Radiation as a Quarantine Treatment of Food and Agricultural Commodities organized by the joint FAO/IAES Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Kuala Lumpur, Malaysia, from 27 -31 August 1990. Printed by IAEA August 1992. p 53-76.

YOUSSEF, B.M.; ASKER, A.A.; EL-SAMAHY, S.K.; SWAILAN, H.M. Combined effect steaming and gamma irradiation on the quality of mango pulp stored at refrigerated temperature. *Food Research Internacional*, 35, 1-13, 2002.

YUYAMA, L.K.O.; MARINHO, H.A.; ALENCAR, F. H.; COZZOLINO, S.M.F. Vitamina A (Retinol) e carotenóides. In: COZZOLINO, S.M.F. *Biodisponibilidade de nutrientes*. São Paulo: Manole, 2007a. Cap.3, p.217-261.