INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**ANÁLISE DO EFEITO COMBINADO DA IRRADIAÇÃO E DO TRATAMENTO
HIDROTÉRMICO NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE MANGAS
PARA EXPORTAÇÃO**

MARCEL WILKE CARUSO

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

2009

A minha mãe por todo o apoio e dedicação e a Julia

Luz por me mostrar o caminho

AGRADECIMENTOS

À Dra. Susy F.Sabato pela orientação, suporte e confiança.

Ao Dr.Paulo R. Rela pela construção do banho térmico e por todo seu auxílio.

À FAPESP pelo apoio e pela bolsa de mestrado concedida.

Ao IPEN pela infra-estrutura.

À colega Juliana N. da Cruz pelas instruções e cooperação.

ANÁLISE DO EFEITO COMBINADO DA IRRADIAÇÃO E DO TRATAMENTO HIDROTÉRMICO NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE MANGAS PARA EXPORTAÇÃO

Marcel Wilke Caruso

RESUMO

Pretende-se com este trabalho estudar o tratamento hidrotérmico e a irradiação como método combinado de conservação e de desinfestação de frutas, otimizando o impacto destes nas características desejadas do produto final. Para isso foram utilizados banhos térmicos com diferentes tempos e temperaturas (46° C, 70 min e 52 °C, 5 min), e diferentes doses de radiação gama (doses 0,3 e 0,75 kGy) em mangas Tommy Atkins procedentes da região de Petrolina. As mangas tratadas pelo método combinado foram armazenadas em temperaturas idênticas à do processo de transporte e estocagem comercial (11° C por 14 dias e temperatura ambiente 25° C por 12 dias), simulando as condições reais a que são submetidas ao serem exportadas. As frutas foram avaliadas através de análises físico-químicas para serem determinados os parâmetros mais adequados de tratamento. Conforme previsto por Oliveira (1998) o método combinado de irradiação e tratamento hidrotérmico apresentou resultados superiores aos métodos individuais no aumento da vida de prateleira.

ANALYSIS OF THE IRRADIATION AND THERMAL TREATMENT COMBINED EFFECT IN THE QUALITY OF MANGOES FOR EXPORTATION

Marcel Wilke Caruso

ABSTRACT

In this research the effect of the hydrothermal treatment and irradiation as a combined method of food conservation and disinfestations was studied, searching to optimize the impact over the final product desired characteristics. Tommy Atkins mangoes from Brazil were submitted to a combined treatment: thermal treatment (46° C, 70 min and 52 °C, 5 min) and gamma irradiation treatment (doses 0,3 and 0,75 kGy). The fruits were stored at 11°C during 14 days and kept at an environmental condition for more 12 days, where their physical–chemical and sensorial properties were evaluated. As predicted by Oliveira (1998) the combined method of irradiation and thermal treatment showed better results then the individual methods in increasing the shelf-life.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. Radiação ionizante.....	14
3.2. Irradiação da manga	15
3.3. Irradiação como tratamento quarentenário	16
3.4. Banho térmico para desinfestação de frutas.....	17
3.5. Dimensionamento do banho térmico	19
3.6. Tratamento combinado: banho térmico e irradiação.....	19
3.7. Características da manga.....	20
3.7.1. Ponto de colheita	22
3.7.2. Características da manga pós-colheita	23
3.7.3. Composição nutricional	24
3.7.4. Importância dos cultivares	25
3.7.5. Principais agentes deterioradores.....	26
3.7.6. Análises de textura.....	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1. Materiais	30
4.2. Métodos	30
4.2.1. Irradiação	31
4.2.2. Banho térmico	31
4.2.3. Armazenamento e amostragem	31
4.2.4. Análises físico-químicas.....	32
4.2.4.1. Perda de massa	32
4.2.4.2. pH	33
4.2.4.3. Textura	33
4.2.4.4. Cor da casca.....	34
4.2.4.5. Cor da polpa	35

4.2.4.6. Sólidos solúveis totais (BRIX).....	36
4.2.4.7. Acidez.....	36
4.2.5. Dosimetria.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1. Perda de peso.....	37
5.2. pH	38
5.3. Textura	41
5.4. Sólidos solúveis totais	44
5.5. Acidez	47
5.6. Cores da casca e da polpa	49
6. CONCLUSÃO.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Estágios de maturação da manga	21
Figura 2	Exemplos de tipos de probe.....	28
Figura 3	Gráfico do perfil das forças ao longo do ensaio de textura	29
Figura 4	Acondicionamento das frutas.....	32
Figura 5	Ensaio de textura	34
Figura 6	Padrões da Cor da Casca da manga	34
Figura 7	Grupo 2A Avaliação da cor da casca	35
Figura 8	Padrões da cor da polpa da manga.....	35
Figura 9	Grupo 1B Avaliação da cor da polpa.....	36
Figura 10	Gráfico do pH em função do tempo de armazenamento.....	39
Figura 11	Gráfico do pH em função do tempo de armazenamento e comparação com Broisler	40
Figura 12	Gráfico dos valores de textura (força máxima) em função do tempo de armazenamento	42
Figura 13	Gráfico dos valores de textura (força média) em função do tempo de armazenamento	43
Figura 14	Gráfico dos valores de sólidos solúveis totais (SST) em função do tempo de armazenamento.....	45
Figura 15	Gráfico dos valores de sólidos solúveis totais (SST) em função do tempo de armazenamento e comparação com Broisler 2007	46
Figura 16	Gráfico dos valores de Acidez em função do tempo de armazenamento.....	48
Figura 17	Gráfico dos valores de Acidez em função do tempo de armazenamento e comparação com Broisler 2007	49
Figura 18	Gráfico das médias da cor da casca em função do tempo de armazenamento	50
Figura 19	Gráfico das médias da cor da polpa em função do tempo de armazenamento	51

Figura 20	Gráfico das médias dos valores da cor da casca em função do tempo de armazenamento e comparação com Broisler 2007	53
Figura 21	Gráfico das médias dos valores da cor da polpa em função do tempo de armazenamento e comparação com Broisler 2007	53

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Tabela nutricional da manga.....	25
Tabela 2	Tratamentos combinados envolvendo irradiação e banho térmico.....	31
Tabela 3	Perda de peso para cada grupo de tratamento	37
Tabela 4	Medidas de pH em função do tempo de análise e para cada tratamento	38
Tabela 5	Valores de resistência à penetração (força máxima) em função do tempo de armazenamento.....	41
Tabela 6	Valores de resistência à penetração (força média) em função do tempo de armazenamento.....	42
Tabela 7	Valores de sólidos solúveis totais (SST) em função do tempo de armazenamento.....	44
Tabela 8	Valores de acidez em função do tempo de armazenamento	47
Tabela 9	Média dos valores da cor da casca em função do tempo de armazenamento	50
Tabela 10	Média dos valores da cor da polpa em função do tempo de armazenamento	51

1) INTRODUÇÃO

Com a crescente exportação de frutas para os grandes consumidores mundiais (Estados Unidos, Europa e Japão) o capital envolvido nesse mercado tem crescido consideravelmente e um aumento, por menor que seja, da vida de prateleira desses bens perecíveis pode significar uma maior lucratividade e maior aceitação do produto. Além disso, os países importadores muitas vezes exigem uma desinfestação das frutas exportadas para garantir que o meio ambiente local não seja infestado com espécies desconhecidas.

Há uma diversidade de tratamentos e métodos aos quais podem ser submetidos os alimentos visando uma conservação de suas características ao longo do tempo. Podemos citar a pasteurização, a esterilização, o branqueamento, a secagem, a utilização de aditivos e conservantes, atmosferas modificadas, proteção com filmes, dentre outras inúmeras possibilidades. Porém em grande parte os métodos de conservação acabam afetando de alguma forma o produto, seja alterando características sensoriais e físico-químicas, ou simplesmente conferindo alguma característica indesejada. A irradiação surge então como uma alternativa eficaz de desinfestação (WINDEGUTH, 1990) e conservação (SOLANAS & DARDER, 1968) do alimento que, em doses controladas, praticamente não altera as características do produto (GAGNON et al., 1993).

Como as doses de radiação não podem ser muito elevadas para não afetar a qualidade da fruta, a sua eficácia na eliminação de alguns fungos e microorganismos mais resistentes pode ser complementada pelo banho térmico. Este último método já é empregado na indústria e pode ser redimensionado, sendo menos agressivo à fruta.

Dentre as diversas frutas exportadas pelo Brasil a manga foi escolhida como objeto de estudo por diversos motivos. Primeiramente há uma grande quantidade de dados científicos e pesquisas sobre a manga, incluindo diversos artigos e teses sobre aplicações da irradiação nessa fruta (VIJAYSEGARAN et al., 1992) e doses já especificadas de irradiação (GAGNON et al., 1993).

Além disso, o Brasil é o sétimo maior produtor mundial de mangas, segundo a FAO, atingindo em 2004 a quantidade de 890.000 toneladas. De 2004 para 2005 houve um aumento de 13 % nas exportações desse produto pelo Brasil, atingindo 73 milhões de dólares e sendo o preço por tonelada de 638 dólares (o que é um valor bem elevado se considerarmos abacaxis, U\$310/ton, e melões, U\$508/ton). Em preço por tonelada, de acordo com o Ministério da Agricultura (2005), a manga fica atrás apenas dos morangos (U\$3.020,00/ton), dos figos (U\$2.646,36/ton), das uvas (U\$2.094,7/ton) e dos mamões (U\$790,36/ton). Considerando o valor total (U\$) das frutas exportadas, a manga perde apenas para as uvas (U\$107.276.000,00) e melões (U\$ 91.480.000,00). Esses dados comprovam a importância econômica da fruta e o seu alto valor agregado.

2) OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo determinar experimentalmente o efeito do tratamento combinado da irradiação (radiação gama) com o banho térmico nas características físico-químicas da manga Tommy Atkins cultivadas na região nordeste (Petrolina). Pretende-se determinar os parâmetros de tempo, temperatura do banho e da dose de radiação que combinados irão contribuir para uma adequada vida de prateleira e que constituam o tratamento menos prejudicial para as características da qualidade das frutas.

3) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1) Radiação ionizante

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. 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 dos elétrons e durante este movimento transmite energia. (ICGFI; Vienna, 1992). A irradiação de frutas normalmente é feita por radiação gama, não se utilizando feixe de elétrons. Esse último não é utilizado por ter a sua penetração limitada.

Segundo a resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2001), fontes de radiação são aquelas autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, na conformidade das normas pertinentes, a saber:

- Isótopos radioativos emissores de radiação gama: Cobalto 60 e Césio - 137;
- Raios X gerados por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV;
- Elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV.

A unidade de medida adotada no Sistema Internacional de Unidades é o Gray (Gy) e corresponde a absorção de 1 Joule (J) por Kilograma (Kg) de produto irradiado.

A irradiação em alimentos altera a estrutura molecular de microorganismos deterioradores e até de insetos, impedindo que estes atuem nos alimentos. Além disso, a irradiação também altera processos fisiológicos dos tecidos das plantas, inibindo a maturação, o envelhecimento e o brotamento de alguns tipos de frutas e legumes. (DEL MASTRO, 1999)

Embora a irradiação possa causar também a inativação de enzimas, as doses utilizadas na irradiação de alimentos não são suficientes para alterá-las. (FRANCO & LANDGRAF, 1996) Nesse caso tratamentos como banho térmico podem ser adequados para complementar a irradiação.

3.2) Irradiação da manga

A irradiação de frutos pode ser realizada com diferentes propósitos, dentre eles, conferir características desejadas, aumentar a vida de prateleira, retardar o amadurecimento, desativar enzimas, inibir o crescimento de fungos e impossibilitar o desenvolvimento de pragas. Dependendo da dose utilizada algumas alterações serão mais perceptíveis do que outras e características indesejadas são também possíveis de se desenvolver como efeitos colaterais do processo (IEMMA *et al.*, 1999). Doses acima de 1 kGy podem gerar um aumento da taxa respiratória, acelerando o amadurecimento do fruto, assim como podem alterar a semi-permeabilidade da membrana celular, proporcionando uma textura indesejável.

Segundo Bustos *et al* (1990) as mangas irradiadas com doses de até 1 kGy não apresentaram alterações metabólicas, permanecendo constantes as taxas respiratórias e transpiratórias da fruta, e nem apresentaram nenhuma perda nutricional. Além disso, a aceitação por consumidores foi idêntica para as frutas irradiadas e para as não irradiadas. Esse mesmo estudo mostrou que doses de 250 Gy são suficientes para desinfestar a fruta de larvas de quatro espécies de moscas: *Anastrepha serpentina*, *A. ludens*, *A. obliqua* e *Ceratitis capitata*.

De acordo com o IDIDAS 2006 (International Database on Insect Desinfestation and Sterilization) a desinfestação da *Sternonchetus mangiferae*, 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.

A irradiação atua na fruta destruindo a semi-permeabilidade da célula com água, tornando o tecido gradativamente menos resistente e interferindo na textura da fruta. Porém até 1000 Gy essas alterações não são perceptíveis sensorialmente (GAGNON *et al*, 1993).

Outros estudos comprovam a boa resistência da manga a irradiação, sendo que até 750 Gy a fruta não apresenta nenhuma alteração físico-química considerável, enquanto que outras frutas como o mamão e a carambola são mais sensíveis, apresentando injúrias a partir de 300 e 200 Gy, respectivamente (VIJAYSEGARAN *et al*, 1990).

Um importante aspecto a ser considerado é que a irradiação em doses menores do que 1.000Gy não altera a concentração das duas vitaminas mais importantes da manga, as vitaminas A e C. Segundo constatado por Lacroix (1993) a concentração de vitamina C não foi alterada quando a fruta foi submetida à doses de até 1.000 Gy e no caso da vitamina A, a redução dessa vitamina foi menor do que a apresentada pelo controle.

Broisler (2007) estudou mangas irradiadas colhidas em diferentes estágios de maturação e concluiu que a irradiação viabilizou a desinfestação do fruto, cumprindo a função de não alterar as propriedades nutricionais da manga, e indiretamente contribuindo para o aumento da vida de prateleira.

Embora os valores de doses encontrados na literatura indiquem que uma dose de 300 Gy seja suficiente para garantir a desinfestação do fruto, é comum se estudar o impacto de doses mais elevadas na fruta devido a possível variação da dose de radiação recebida por cada fruta em um processo industrial. Em escala laboratorial o controle de dose é facilmente realizado e a uniformidade da dose absorvida é mais fácil de ser atingida. Em escala industrial a variação de dose é maior e, dependendo do fator de variação, algumas frutas podem receber doses três vezes maiores do que a estipulada.

3.3) Irradiação como tratamento quarentenário

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 fito-sanitárias no comércio de commodities entre diferentes países.

Como comentado anteriormente a radiação ionizante pode ser aplicada em alimentos com diferentes propósitos, dentre eles a desinfestação de frutas como medida fito-sanitária para exportação. A irradiação é um tratamento muito efetivo para evitar que larvas e moscas, ainda em estágios iniciais de desenvolvimento, atinjam a fase adulta e esse fato é recomendado como o

objetivo principal de se utilizar tratamentos quarentenários envolvendo irradiação (HALLMAN, 1999; MOY, 1993).

Atualmente no Brasil a principal medida fito-sanitária para frutas exportadas é a imersão em banho térmico a 46°C por 90 -110 minutos, porém uma nova tendência está surgindo entre grandes grupos exportadores de mangas que estão interessados em aplicar a irradiação como método alternativo de tratamento (APHIS, 2007).

Para muitos autores a irradiação é um método de grandes benefícios, cumprindo diversas legislações quarentenárias, controlando as pragas mais importantes em seus estágios larvais e com grande eficiência na desinfestação de insetos. (BYRNE, 1996; MOY, 1993; KARDER, 1986). 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 & BURDITT 1983). A não formação de resíduos é um aspecto muito favorável nos dias atuais, onde o meio ambiente está se saturando de poluentes e mais do que nunca as alterações causadas pelo homem estão sendo percebidas.

As legislações quarentenárias em quase sua totalidade exigem a morte das pragas presentes na fruta. Nesse caso algumas doses de irradiação que apenas inviabilizam a reprodução de insetos ou causam alterações nesse sentido podem ser consideradas barreiras ineficientes, mesmo cumprindo com seu papel de evitar a propagação da praga. Segundo Hallman (1999), a sobrevivência de insetos após a irradiação, mesmo que por um breve período, tem sido considerada a maior barreira para utilização desse método como tratamento quarentenário.

3.4) Banho térmico para desinfestação de frutas

O banho térmico é um tratamento bastante utilizado para desinfestar frutas para exportação e há uma diversidade de dados na literatura sobre suas aplicações em diferentes tipos de frutas. Segundo Shellie & Mangan (2002a) a imersão 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 (SHELLIE & MANGAN,

2002b) 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.

Outros trabalhos científicos têm aplicado diferentes tempos e temperaturas de banho em outros tipos de frutas. Em maçãs, por exemplo, a imersão em banho de 53 °C por 2 minutos foi suficiente para reduzir o crescimento de *Gloeosporium* rot em 38%. (SCHIRMER et al, 2003). Banhos mais longos com temperaturas mais baixas conseguem uma melhor penetração do calor no interior da fruta, atuando de maneira mais homogênea e sendo mais recomendados para desinfestação de pragas que penetram o fruto. Banhos mais curtos e com temperatura mais elevadas tem impacto maior sobre a superfície do fruto, sendo efetivos contra fungos e pragas que afetam a casca e a parte mais externa das frutas.

Os fungos a princípio precisam de temperaturas mais elevadas de banho para serem inativados e caso sejam fungos que crescem no interior da fruta dificilmente o tratamento térmico irá inativá-los sem comprometer as características de qualidade do produto. Isso porque esse tipo de tratamento é mais eficaz na superfície da fruta, onde as temperaturas mais elevadas serão atingidas. Para atingir os microorganismos no interior da fruta a irradiação é o tratamento mais eficaz. Follet & Gabbard (2000) afirmam que a irradiação seria a alternativa viável para desinfestar mangas contendo a praga *Sternonchetus mangiferae*, já que pesquisadores de pós-colheita não tiveram sucesso quando aplicaram outros tratamentos como calor, frio e fumigantes para matar a praga do caroço da manga (*mango seed weevil*). Felizmente essa praga não é encontrada no Brasil.

Atualmente a maior parte dos exportadores de mangas utiliza o banho térmico como único tratamento quarentenário. Com o crescente aumento de exigências e de barreiras fito-sanitárias o banho térmico como forma única de tratamento está tornando-se incapaz de cumprir todos os requisitos sem alterar as características dos frutos consideravelmente.

3.5) Dimensionamento do banho térmico

Ao utilizar o banho térmico como forma de tratamento e desinfestação de frutas deve-se ter uma considerável compreensão sobre a transferência de calor na fruta em tratamento para maximizar os benefícios e diminuir as injúrias causadas. Para isso podem-se utilizar modelos matemáticos de previsão que permitem a obtenção rápida e econômica de distribuições de temperatura nos frutos em diversas situações muitas vezes complexas de serem realizadas por outros métodos (KHOURY JUNIOR et al 2005).

Atualmente muito utilizada na literatura é a equação de Incropera & De Witt (2003) que rege a transferência unidimensional de calor, em regime transiente, para um corpo esférico com propriedades termofísicas constantes:

$$1/r^2 * d/dr(kr^2*dT/dr) = p * Cp * dT/dt \quad (1),$$

onde r = raio da esfera (m) , k = condutividade térmica ($W m^{-1} ^\circ C^{-1}$), T = Temperatura ($^\circ C$), t = tempo (s), p = massa específica ($Kg m^{-3}$) e Cp = calor específico ($J Kg^{-1} ^\circ C^{-1}$).

3.6) Tratamento combinado: banho térmico e irradiação

Em mamões a combinação de banho térmico com irradiação apresentou resultados satisfatórios na inibição do *Colletotrichum Goeosporioides* (SILVA, 1989).

Hammerton (1988) utilizou uma combinação de banho térmico (5 minutos de imersão a $55 ^\circ C$) com irradiação (0,75 kGy) em mangas Nang Klang Won . Oito dias após a colheita não houve nenhuma diferença na cor e nem nas condições de qualidade da fruta. Nesse mesmo trabalho utilizou-se uma dose de 0,22 kGy e um banho de $51,8 ^\circ C$ por 15 minutos e as análises foram feitas até 16 dias após a colheita. Nesse caso as mangas submetidas ao banho térmico, com ou sem irradiação posterior, apresentaram amadurecimento mais rápido. Apesar disso, a infestação e presença de larvas nas mangas submetidas ao tratamento combinado foi nula, enquanto que nas mangas submetidas a outros tratamentos a porcentagem de infestação ficou em torno de 10%. Houve também uma maior rejeição por parte dos provadores em relação às frutas que sofreram tratamento

de qualquer tipo em relação à manga que não passou por nenhuma desinfestação.

Dias *et al* (2005) verificou o controle da antracnose através de tratamentos combinados entre hidrotérmico (55°C por 5 minutos) e químico (variando composição de fungicidas).

A recomendação do ICGFI (1991) para irradiação de mangas sugere o uso de pré-tratamento envolvendo banho hidrotérmico de 50°C (10 minutos) ou 55°C (5 minutos).

Os tratamentos hidrotérmicos realizados por um produtor da região de Petrolina consistem das combinações: 46°C durante 70 minutos (para atingir o caroço) e 52°C por 5 minutos para eliminação de fungos.

Esses dados indicam que deve haver uma combinação ideal entre os parâmetros do banho e a dose de irradiação de tal forma que ocorra a desinfestação sem haver alterações nas características da fruta.

3.7) Características da manga

Manga é o nome popular da fruta catalogada como *Mangifera indica*. A maioria das espécies de *Mangifera* são encontradas nativas na Península Malaia, arquipélago Indonésio, Tailândia, Indo-China e Filipinas. Por ser uma fruta tropical se adaptou muito bem ao clima brasileiro e se tornou uma fruta de grande importância econômica no mercado nacional e internacional. Sua aparência atrativa e sua grande riqueza nutricional, com grande concentração de carotenóides, minerais e vitaminas, também contribuem para que a manga seja uma das frutas mais apreciadas no mundo. (BRANDÃO *et al.*, 2003)

O gênero *Mangifera* é apenas um entre outros 73 gêneros, com 850 espécies da família Anacardiaceae. A citada família é constituída, em sua maioria, de espécies tropicais, nativas na Ásia. Além da manga, outras espécies de frutíferas cultivadas pertencem à mesma família, como algumas dos gêneros *Spondias*, *Anacardium*, *Pistacea* e outros. As 69 espécies de *Mangifera* são nativas até uma faixa de latitude de 27° N e ao Leste das Ilhas Carolinas, sendo nativas em diversos países, mas com maior diversidade de espécies na Malásia, Bornéu e Sumatra, que é considerado o principal centro de origem.

A distribuição da maioria das espécies dá-se em áreas de diversas altitudes, desde áreas alagadas até altitudes de 1.000 m, ocasionalmente, em

altitudes maiores, como o caso de algumas espécies ao norte do Trópico de Câncer.

A origem de *Mangifera indica*, é o Nordeste da Índia (Assam), da região fronteira Indo-Myanmar e Bangladesh, embora possa ocorrer em outras regiões.

A vida do fruto da manga pode ser entendido do nascimento até sua plena maturidade como o desenvolvimento de 4 estágios distintos, conforme mostra a FIG. 1 (MANICA *et al.*, 2001).

1. *Juvenildade*: atividade metabólica intensa e elevado crescimento celular;
2. *Amadurecimento ou Adolescência*: taxa de crescimento exponencial, aumento dos compostos aromáticos, grande incremento das taxas respiratórias;
3. *Maturação ou Climatério*: estágio de plena maturidade;
4. *Senescência*: período pós-climatérico, redução das taxas metabólicas e acentuação da leasing celular.

Figura 1 – Estágios de maturação da manga

Ao longo de seu amadurecimento o desenvolvimento do sabor característico da manga é formado principalmente com a redução do conteúdo de

ácidos orgânicos e com o aumento do conteúdo de açúcares. Os principais ácidos encontrados na fruta são os ácidos málico e cítrico, mas outros tipos podem ser encontrados em menores quantidades, tais como: oxálico, succínico, oxalacético, alfa-oxiglutarico e pirúvico. A acidez expressa em porcentagem de ácido cítrico varia de 0,11% a 0,56% em frutos maduros (MANICA *et al.*, 2001).

A manga é uma fruta climatérica com polpa de cor amarela intensa no período de maturação, rica em carotenóides, precursores naturais da vitamina A, e em vitamina C. (AKINYELE, & KESHINRO, 1980). A concentração de vitamina C por 100 gramas de fruta pode chegar a mais de 200mg, fazendo da manga uma fonte importante dessa vitamina. Essa alta concentração em antioxidantes confere à manga a propriedade de retardar as reações químicas e metabólicas desencadeadas pelos radicais livres, diminuindo a velocidade de envelhecimento do organismo humano. Pesquisas indicam que os radicais livres atuam danificando células do nosso organismo e causam mudanças patológicas relacionadas com envelhecimento. Nesse caso o envelhecimento seria causado por acúmulos graduais das mudanças irreversíveis produzidas pelas reações iniciadas pelos radicais livres. Os antioxidantes, como a vitamina C e os carotenóides, inibem a autooxidação doando átomos de hidrogênio para os radicais livres e retardando assim as reações de propagação (AHMAD, 1996). Tais características fazem da manga uma boa fruta para esportistas e para pessoas expostas a poluição, casos em que o organismo está exposto a quantidades mais elevadas de radicais livres.

À temperatura ambiente a vida de prateleira da manga pós-colheita é curta, não passando de alguns dias, tornando limitada a sua distribuição comercial em pontos de venda muito distantes do centro de produção. (YUEN *et al.*, 1993) Além do mais, a manga é altamente perecível e sensível a injúrias e intempéries, dificultando e encarecendo o seu transporte e manuseio.

3.7.1) Ponto de colheita

O estágio de desenvolvimento da fruta no momento da colheita é um fator determinante das características de qualidade e da vida de prateleira pós-colheita. Frutas colhidas em um estágio muito prematuro, sem ter completado seu desenvolvimento fisiológico no campo, podem nunca chegar aos estágios de maturação ideais para o consumo (GUARINONI, 2000). Por outro lado frutas

colhidas em estágio muito avançado podem chegar ao consumidor já em fase final de senescência, com textura e coloração da polpa já comprometidas. Filgueiras (2000) recomenda um ponto de colheita que seria o equivalente a um ponto médio entre a nota 2 e 3 da escala utilizada para mangas Tommy Atkins exportadas (FIG 6).

3.7.2) Características da manga pós-colheita

Conforme o padrão de atividade respiratória apresentada pós-colheita os frutos podem ser classificados como climatéricos ou não climatéricos. Os frutos não climatéricos, tais como limões e laranjas apresentam um contínuo declínio na taxa de respiração em função do tempo, não amadurecendo depois de desconectados da planta. Após a colheita esses frutos não desenvolvem nenhuma característica de qualidade e apenas algumas alterações pequenas podem ocorrer (BIALE, 1960; MEDLICOTTI, 1986).

Os frutos climatéricos por outro lado, tais como bananas, mangas e peras, têm elevada taxa de respiração depois de desconectados da planta e a atividade respiratória no caso desse tipo de frutos afeta diretamente seu amadurecimento e sua vida de prateleira (AWAD, 1990). Portanto, para compreender os fatores que influenciam o amadurecimento do fruto é importante conhecer os fatores que influenciam a respiração no período pós-colheita. A espécie e o cultivar do fruto, o tamanho da superfície de troca gasosa, a temperatura, a composição da atmosfera, presença de injúrias e a concentração de etileno são os principais fatores que afetam a respiração.

A temperatura 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, 1990). Em pêssegos foi constatado que a redução da temperatura ambiente de estocagem de 21 °C para 0 °C resultou em um abaixamento da taxa respiratória de 72mg para 5mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹. (HARDENBURG, 1971).

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 hipobárico (ou baixa pressão) de produtos perecíveis (CRUCEFIX, 1986) e o armazenamento em atmosfera controlada ou modificada (PANTASTICO, 1975).

Em ambientes com baixa concentração desse gás o metabolismo fermentativo predomina gerando compostos indesejáveis para os padrões de qualidade do fruto. (MITCHELL *et al.*, 1972). O nível mínimo de oxigênio em atmosferas de estocagem para que não ocorra formação de aromas e sabores indesejáveis no fruto não é constante e dependente da temperatura e da resistência da epiderme à difusão do oxigênio

A concentração de oxigênio exerce influência também sobre a produção de etileno, cujas concentrações acima de 0,1 ppm aceleram o amadurecimento da maioria dos frutos climatéricos (ABELES, 1973). A síntese do etileno a partir do ácido 1-aminociclopropanocarboxílico, ou ACC, é realizada em ambientes aeróbicos em presença de oxigênio. Sem este gás há um acúmulo de ACC no tecido e em concentrações menores do que 8% alterações na produção de etileno já podem ser notadas em frutas. Outros gases também afetam a produção de etileno, notadamente o acúmulo de CO₂ nos espaços intercelulares de frutos funciona como uma barreira natural a sua produção (KADER, 1992).

3.7.3) Composição nutricional

A manga é composta principalmente por água e carboidratos, além de conter quantidades significativas de vitaminas, ácidos orgânicos e sais minerais. Dentre os carboidratos destacam-se os amidos, açúcares, celulosas e pectinas. Em cada 100 gramas de polpa de manga encontramos em média 91,7 gramas de água, 16,8 gramas de carboidratos, 0,3 a 0,4 gramas de lipídeos, 0,4 a 0,7 gramas de proteínas e 0,62 a 1,64 gramas de fibras. Essas composições variam de acordo com a espécie e as condições de cultivo.

Quanto às vitaminas, encontramos por 100 gramas de polpa 160 a 4.800 U.I de vitamina A, 0,01 a 0,051 mg de tiamina, 0,023 a 0,61 mg de riboflavina e de 0,2 a 1,1 mg de niacina. Os açúcares redutores ficam na faixa de 3,32% a 4,2%, estando os açúcares totais de 10,89% a 14,5 %.

A acidez total varia de 0,21 a 0,58% e o pH fica entre 3,69 e 5,5. Os sólidos solúveis totais ($^{\circ}$.Brix) são de 16,5 a 21,3 % da fruta e a relação $^{\circ}$.Brix /Acidez fica entre 38,3 e 158. (MANICA et al 2001). Essas informações podem ser melhor visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Tabela Nutricional da Manga

Para 100 g de polpa			
Valor Energético (Kcal): 64 a 73			
Água (g)	91,7	Ferro (mg)	0,39 a 0,78
Proteínas (g)	0,40 a 0,70	Sódio (mg)	7,0 a 23,1
Lipídios (g)	0,30 a 0,40	Potássio (mg)	76,2 a 189,3
Carboidratos (g)	16,8	Magnésio (mg)	18
Fibras (g)	0,62 a 1,64	Vitamina A (IU)	18,160 a 4800
Pectina (g)	0,96 a 3,06	Vitamina C (mg)	32 a 200
Cinzas (g)	0,4	Tiamina (mg)	0,010 a 0,051
Cálcio (mg)	10 a 34	Riboflavina (mg)	0,023 a 0,061
Fósforo (mg)	17 a 54	Niacina (mg)	0,20 a 1,10

Fonte: MANICA et. al., 2001.

Na maioria dos cultivares são encontrados três principais tipos de açúcares solúveis: sacarose, frutose e glicose. A frutose é o açúcar predominante podendo chegar a mais 3,5% do peso da fruta madura e é o principal componente do teor de sólidos solúveis. Esse monossacarídeo ($C_6H_{12}O_6$) é um dos açúcares de maior poder adoçante e faz da manga uma fruta doce quando madura. A glicose e a sacarose são encontradas em concentrações normalmente menores do que 1%. As concentrações desses açúcares variam de acordo com o metabolismo de cada fruto (SILVA et al., 2003).

3.7.4) Importância dos cultivares

A palavra “cultivares” guarda relação com a expressão inglesa “cultivated varieties”, ou seja, variedades cultivadas que indicam mudas ou sementes desenvolvidas por meio da intervenção do homem. Os cultivares de mangas foram se desenvolvendo ao longo da história para gerar frutos mais resistentes, saudáveis, com maior qualidade e com maior vida de prateleira. Os principais cultivares de mangas são: a Bourbon, a Carabao, a Rubi, a Rosa e a Tommy Atkins (LYNCH, 1954).

O desenvolvimento da coloração da casca normalmente é muito diferente entre cultivares, com a coloração do fruto podendo variar entre amarela e vermelha arroxeada no período de amadurecimento. Além disso, Manica et al

2001 determinaram que os sólidos solúveis totais, a acidez titulável, os teores de vitamina C e de pigmentos de mangas maduras podem apresentar valores muito diferentes de acordo com as variedades do fruto.

Diferentes cultivares também podem ter grandes diferenças metabólicas e, portanto, a vida do fruto após colheita assim como suas características de qualidade estão muito relacionadas com esse fator.

3.7.5) Principais agentes deterioradores

A riqueza da manga em seus valores nutricionais atrai diferentes agentes deterioradores como pragas e fungos. As pragas incluem insetos, ácaros e aracnídeos que infestam o tronco, folhas e raízes da mangueira e o fruto propriamente dito. Além de comprometer a saúde das plantações muitas dessas pragas atuam como vetores de doenças mais sérias ao fruto, tais como a antracnose. Alguns tipos de insetos podem gerar a destruição total da plantação, ocasionando perdas financeiras significativas.

Dentre as diversas pragas a mosca da fruta é uma das que mais gera preocupações no mercado exportador. A maioria das moscas pode colocar ovos na manga que irão desenvolver-se apenas depois de certo período. Assim a aparência da fruta 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.

O *Sternochetus mangiferae* é uma praga também muito considerada por autoridades sanitárias de diferentes países. Conhecida como a praga do caroço, ela penetra na fruta e se desenvolve no interior de seu caroço reduzindo a germinação do fruto. O grande problema dessa praga é que por se desenvolver dentro da fruta, ela está protegida pela própria constituição da manga e em tratamentos térmicos dificilmente é inativada sem o comprometimento das qualidades do fruto (FOLLET, 2001). A irradiação por outro lado tem mostrado resultados satisfatórios no controle desse mal, uma vez que a radiação penetra a fruta até o seu centro geométrico sem grandes alterações em sua estrutura.

Os fungos são agentes deterioradores muito comumente encontrados em frutas. Seu desenvolvimento ocorre principalmente na casca e nas partes superficiais e é difícil de ser evitado principalmente em frutas mais maduras (SILVA et al 2006). A presença de fungos é também de difícil controle uma vez que esporos são facilmente transmitidos por meios aéreos e pelas próprias pragas citadas acima.

No caso da manga os principais gêneros de fungos encontrados são *Colletotrichum gleosporioides* e *Botryodiplodia theobromas*. Seu desenvolvimento é muito comum em frutas maduras e causam manchas na casca e amolecimento ou colapso interno. A maior parte dos controles de fungos envolve a utilização de fungicidas, porém muitos países restringem as quantidades e os tipos de fungicidas aplicados.

O crescente aumento das exigências dos consumidores tanto no mercado externo quanto interno e a grande variedade de frutas disponíveis tem também criado uma demanda de frutas em perfeito estado de conservação, sem alterações de cor ou de textura. Métodos de controle de pragas que não gerem frutos sanos e em perfeito estado de comercialização tendem a ser abandonados em benefício de métodos mais precisos e eficientes.

3.8) Análises de textura

A textura é um atributo sensorial importante, derivado da constituição e das estruturas físicas da fruta durante a mastigação. A avaliação da textura pode ser realizada por diferentes métodos, incluindo desde testes sensoriais por provadores até testes de ensaios mecânicos com equipamentos específicos.

O texturômetro é um equipamento utilizado para analisar a textura através da resistência à deformação apresentada pelos alimentos. Tal resistência é um atributo sensorial importante durante a mastigação e o texturômetro simula o tipo e a intensidade da mastigação humana. A análise sensorial propriamente dita, com a avaliação feita por provadores, pode não ser capaz de fornecer dados e medidas exatas sobre a textura dos alimentos. Já o texturômetro é mais analítico e preciso, e tem como objetivo substituir a percepção humana por uma medição mais mensurável.

A análise de textura realizada por esse tipo de equipamento pode medir de acordo com o teste a dureza, a fragilidade, a aderência, a fraturabilidade, a elasticidade, a firmeza e a consistência (STABLE, 2007).

Para essas análises o equipamento utiliza os testes de: Compressão, Penetração/Perfuração, Tensão, Fratura, Extrusão e Corte. Para cada um desses testes é utilizada uma sonda (probe) específica, dimensionada de acordo com as características necessárias.

Um mesmo tipo de teste pode possuir diferentes probes de acordo o alimento utilizado. Por exemplo, um teste de perfuração para uma maçã terá um probe diferente que um teste de perfuração de uma gelatina. Alguns exemplos de probes são mostrados na FIG. 2 abaixo:

Probe Cilíndrico Probe Cônico Probe Esférico Probe Agulha

Figura 2 – Exemplos de tipos de probes.

Fonte: Stable Micro System, 2007.

O computador acoplado ao equipamento gera, com o auxílio do “software”, um gráfico com o perfil das forças ao longo de todo o ensaio. A FIG. 3 representa um exemplo de gráfico gerado:

Figura 3 – Gráfico do perfil das forças ao longo do ensaio de textura

4.) Materiais e Métodos

4.1) Materiais

4.1.1 Cem mangas Tommy Atkins.

4.1.2 Irradiador Multipropósito pertencente ao CTR IPEN (desenvolvido pelo IPEN).

4.1.3 Dosímetro de rotina Amber (Harwell, United Kingdon).

4.1.4 Dosímetro Fricke.

4.1.5 Câmara Fria de 45 m³ pertencente ao CTR IPEN.

4.1.6 Balança semi analítica Mettler, modelo PB 3002.

4.1.7 pHmetro Micronal, modelo B474 com eletrodo tipo haste para medições de frutas.

4.1.8 Texturômetro Stable Micro Systems, modelo TA-TX2i.

4.1.9 Refratômetro de bancada ABBE, modelo Q-767b.

4.1.10 Banho Térmico (desenvolvido pelo IPEN).

4.1.11 Bureta Digital, “Digital Titration Apparatus”, marca Hirschmann Laborgerate GmbH & Co. KG; Mixer, marca Mondial.

4.2) Métodos

As mangas foram selecionadas no estágio de maturação 3, considerado o mais indicado para o tratamento quarentenário de acordo com Broisler (2007). As frutas foram transportadas em caixas de madeira até o IPEN onde foram separadas em grupos, de acordo com o tratamento ao qual seriam submetidas.

O lote recebido foi fracionado em dois grupos de 40 mangas e um grupo de controle de 20 mangas. Posteriormente cada grupo de 40 frutas foi submetido a um banho térmico com temperatura e tempo pré-determinados. Após o banho os grupos foram subdivididos em 2 grupos de 20 frutas e cada subgrupo foi irradiado com doses de 0,3 kGy ou 0,75 kGy. No final obtivemos quatro tratamentos combinados consistindo de 20 mangas cada, sendo que cada grupo possui uma combinação única de dose, tempo e temperatura.

4.2.1) Irradiação

Cada grupo de 20 mangas foram irradiadas no irradiador gama multipropósito (ver 4.1.2). As doses de radiação absorvidas foram 0,3 kGy e 0,75 kGy.

4.2.2) Banho térmico

Cada grupo de 40 mangas foi submetido a um banho térmico com temperatura e tempo pré-determinados, sendo: 46°C por 70 minutos ou 52°C por 5 minutos. Os tratamentos combinados estão apresentados na Tabela 2. Os grupos foram identificados por letras e números de acordo com o tratamento que receberam.

Tabela 2. Tratamentos combinados envolvendo irradiação e banho térmico.

Dose	Grupo	Banho Térmico
0,3 kGy – 40 mangas	1A	46°.C por 70 min – 20 mangas
	1B	52°.C por 5 min – 20 mangas
0,75 kGy – 40 mangas	2A	46°.C por 70 min – 20 mangas
	2B	52°.C por 5 min – 20 mangas

4.2.3) Armazenamento e amostragem

Já devidamente identificadas em caixas de papelão, as mangas foram armazenadas por 14 dias na câmara fria à temperatura de $11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e por 12 dias à temperatura ambiente. Amostras de três frutas foram utilizadas para cada dia de análise. As amostragens foram feitas nos dias 1, 7, 14, 19, 22 e 26, sendo que o dia 1 foi para o primeiro dia após os tratamentos. Essas datas foram selecionadas de acordo com os dados obtidos no trabalho de Broisler (2007) que estudou o amadurecimento da mangas irradiadas. Nesse trabalho ficou evidente que as datas citadas representam um acompanhamento preciso do amadurecimento da fruta, representando bem o tempo de prateleira.

A FIGURA 4 mostra as frutas do grupo controle que não foram submetidas a nenhum tratamento.

Figura 4 - Acondicionamento das frutas

Nas datas estabelecidas, as amostras foram retiradas da câmara fria e transportadas até o laboratório.

4.2.4) Análises físico-químicas

Cada fruta foi submetida a uma sequência de análises, iniciando-se pela observação visual da cor da casca, e em seguida foram realizadas as análises destrutivas consistindo de textura, pH e difusividade.

Para as análises posteriores, as frutas foram descascadas e cortadas pela metade. Os cortes foram feitos próximo ao caroço para que a avaliação visual permitisse a melhor aproximação das figuras à tabela de cores da polpa. Após a realização da análise da cor da polpa, as partes retiradas foram maceradas e trituradas com o auxílio do *mixer* e o suco resultante foi utilizado para análise de sólidos solúveis e acidez. Todas as análises foram feitas em triplicatas.

As análises realizadas foram:

4.2.4.1) Perda de massa

As amostras foram pesadas em balança semi-analítica nos dias estabelecidos. Os dados coletados foram registrados em gramas com precisão até a segunda casa decimal. O resultado final de perda de peso foi expresso em

porcentagem (%) e representa a média das três amostras para cada grupo. O resultado em porcentagem de perda de peso de cada amostra foi obtido subtraindo-se o peso da fruta no último dia de análise do peso original medido no primeiro dia, dividindo-se essa diferença pelo peso original e multiplicando-se essa fração por 100.

4.2.4.2) pH

As medidas de pH foram realizadas utilizando um pHmetro com eletrodo tipo haste, o qual permitiu a medida diretamente na fruta. O pHmetro foi previamente calibrado com as soluções padrão de pH ácido e básico e aferido antes do início de cada dia de atividade.

4.2.4.3) Textura

As medidas foram feitas com o auxílio do texturômetro que permite a medição da resistência à penetração de um corpo de prova. Uma sonda (*probe*) cilíndrica foi utilizada para a realização dos testes mecânicos de resistência à perfuração. A sonda possui a extremidade na forma cilíndrica com 21 mm de diâmetro, evitando que a presença de cantos “vivos” influenciasse na ruptura (corte) da casca. O suporte foi fixado em uma base quadrada e durante a realização dos ensaios de penetração o *probe* foi movimentado em direção ao suporte, de cima para baixo, a uma velocidade de 1,0 mm/s. O ponto de parada do probe foi estabelecido em 10 mm após a tensão de ruptura. A unidade utilizada para medida de força foi o Newton (N). A FIGURA 5 abaixo mostra um ensaio de textura sendo realizado.

Figura 5 - Ensaio de textura

4.2.4.4) Cor da casca

A coloração da casca foi comparada com escala utilizada no campo pelo agricultor para constatar as alterações ao longo do tempo. A FIGURA 6 mostra a escala desenvolvida pela EMBRAPA Semi-Árido, a qual é rotineiramente utilizada pelo produtor. A FIGURA 7 mostra as frutas do grupo 2A preparadas para a avaliação da cor da casca.

Figura 6 - Padrões da cor da casca da manga

Figura 7 -Grupo 2A Avaliação da cor da casca

4.2.4.5) Cor da polpa

A cor da polpa foi observada visualmente utilizando-se a escala desenvolvida pela EMBRAPA Semi-Árido e seguiu o mesmo critério de classificação do produtor. A escala de notas varia de 1 a 5, sendo: 1= Branco, 2=Branco-amarelado; 3= Amarelo; 4= Amarelo-laranja; 5= Laranja. A FIGURA 8 apresenta essa escala para a cor da polpa da manga, enquanto a FIGURA 9 apresenta frutos do grupo 1B preparados para avaliação da cor da polpa.

Figura 8 - Padrões da cor da polpa da manga

Figura 9 - Grupo 1B Avaliação cor da polpa

4.2.4.6) Sólidos solúveis totais (Brix)

As medidas de sólidos solúveis totais foram realizadas diretamente no suco preparado (ver item 4.2.4) e corrigidas para temperatura de 20°C.

4.2.4.7) Acidez

Para as medidas de acidez empregou-se 10 gramas do suco preparado que foram diluídas em 100ml de água destilada. Esta solução foi titulada com solução de NaOH 0,1N para obtenção da acidez. O conteúdo de acidez titulável foi expresso em porcentagem de ácido cítrico e teve como ponto de viragem o pH 8,1 (AOAC,1995).

4.2.5) Dosimetria

A dosimetria foi realizada com o dosímetro de rotina Gammachrome YR batch 64 (Harwell, United Kingdom), conforme procedimentos internos do Laboratório de Dosimetria do CTR-IPEN. Todo sistema dosimétrico empregado, envolvendo dosimetria de referência e curvas de calibração, está inserido e tem rastreabilidade no programa International Dose Assurance Service (IDAS) da International Atomic Energy Agency.

5) RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados experimentais obtidos estão apresentados em tabelas e figuras. Os valores mostrados em cada tabela reportam a média do conjunto de dados e seu respectivo desvio padrão. Para cada conjunto de dados foi aplicado um tratamento estatístico de análise de variância (ANOVA) seguido do teste de Tukey. Letras iguais indicam que não houve diferença estatística entre as amostras para um mesmo dia de análise ($p < 0,05$).

Para cada parâmetro de análise estão apresentados dois gráficos, onde o primeiro mostra os valores obtidos neste estudo e o segundo compara os resultados deste trabalho com os obtido por Broisler (2007). Broisler analisou mangas da mesma variedade deste estudo e aplicou diferentes doses de radiação. Entretanto não houve tratamento combinado com banho térmico.

5.1) Perda de peso

A Tabela 3 mostra a perda de peso apresentada em cada tratamento (grupo). Os valores estão em porcentagem e representam a variação do último dia de análise em relação ao dia inicial.

Tabela 3: Perda de peso para cada grupo de tratamento.

Perda de Peso		
Grupo	Perda de Peso (%)	Desvio padrão
CONTROLE	9,79	1,50
1 A	6,55	0,34
1 B	7,69	0,40
2 A	7,98	0,77
2 B	7,81	1,09

Os grupos submetidos ao tratamento combinado obtiveram perdas de peso similares e menores do que a redução de massa sofrida pelo grupo controle. O tratamento 1A foi o que apresentou menor redução de massa, 3,24% inferior à perda identificada no grupo de frutas não tratadas. Nesse aspecto o tratamento combinado foi favorável à comercialização da fruta.

Em relação à perda de massa, Broisler (2007) não constatou nenhuma diferença significativa entre as diversas doses utilizadas e o controle. Com o tratamento combinado essa diferença foi evidente, consistindo em mais de 2% para a maioria dos grupos. É importante ressaltar que no trabalho de Broisler (2007) a metodologia utilizada para a perda de massa foi distinta e talvez a irradiação tenha por si só interferido na perda de massa sem que esse resultado tenha sido notado. Sabato et al. (2009) obtiveram perda de massa variando de 3% a 5% durante o teste de transporte internacional de mangas irradiadas.

5.2) pH

A Tabela 4 apresenta a média dos valores de pH obtidos durante todos os dias de análise e seus respectivos desvios padrões. A FIGURA 10 mostra graficamente a evolução desses valores.

Tabela 4: Medidas de pH em função do tempo de análise e para cada tratamento.

	pH				
	Controle	Grupo 1A	Grupo 1 B	Grupo 2 A	Grupo 2 B
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
Dia 1	3,25 ± 0,20a	4,00 ± 0,84a	3,62 ± 0,32a	3,59 ± 0,46a	3,40 ± 0,50a
Dia 7	3,78 ± 0,15a	3,48 ± 0,21a	3,48 ± 0,43a	3,37 ± 0,30a	3,42 ± 0,66a
Dia 14	3,67 ± 0,34a	3,30 ± 0,04a	3,81 ± 0,56a	3,78 ± 0,53a	3,68 ± 0,92a
Dia 19	4,23 ± 0,13a	3,89 ± 0,15a	4,38 ± 0,31a	3,96 ± 0,64a	4,47 ± 0,75a
Dia 22	4,63 ± 0,30a	4,66 ± 0,18a	4,89 ± 0,22a	4,21 ± 0,37a	4,17 ± 0,26a
Dia 26	4,93 ± 0,30a	5,23 ± 0,32a	5,08 ± 0,20a	4,05 ± 0,54a	4,83 ± 0,69a

Obs: Para o mesmo dia, médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$)

Figura 10 - Gráfico pH em função do tempo de armazenamento

Para todas as amostras houve aumento no valor de pH com o passar do tempo (Tabela 4). Pode-se observar que o grupo 1A foi o que obteve pH final mais elevado, mesmo assim ao longo do experimento os valores foram muito próximos dos apresentados pelo controle, sendo englobados pelo desvio padrão (Tabela 4 e Figura 10). Não houve diferença estatística entre os diferentes grupos ($p < 0,05$).

O grupo 2 A apresentou o menor valor final e pelo gráfico (Figura 10) pode-se observar que foi o que obteve valores mais constantes ao longo do experimento, seguindo uma tendência diferente aos demais grupos.

Em comparação com os valores obtidos por Broisler (2007) o pH das mangas apenas irradiadas foi mais baixo do que o pH obtido pelas frutas não tratadas e também do que os apresentados pelo tratamento combinado. No último dia de análise por exemplo o controle de Broisler apresentou valores de pH de 3,3 enquanto o controle deste trabalho apresentou pH 4,93.

Provavelmente esse resultado é devido a própria variabilidade das frutas e não ao tratamento. Esse argumento é baseado no fato do controle de Broisler ter apresentado pH sempre de menor valor do que o controle deste experimento. Como o grupo controle de ambos os trabalhos não foi submetido a

nenhum método de tratamento espera-se que os valores apresentados por esses grupos sejam próximos. Supondo-se que os parâmetros externos de armazenagem foram constantes em ambos trabalhos, a variação desses valores deve portanto ser justificada por fatores internos do próprio fruto.

No trabalho de Lima et al. (2007), no décimo segundo dia de análise o pH das mangas tratadas apenas com banho térmico foi 4,93, superior aos valores encontrados para todos os grupos de tratamento combinado no décimo quarto dia. Tal diferença pode ser devida à variedade do cultivar. A FIGURA 11 evidencia a diferença entre os tratamentos isolados e o tratamento combinado. Os valores de dose de 0,2kGy e 0,7kGy foram extraídos do trabalho de Broisler 2007 e os valores de banho 52°C por 5 minutos de Lima (2007). O tratamento combinado 1B apresentou o melhor resultado global em relação aos demais tratamentos combinados.

Figura 11 – Gráfico pH em função do tempo de armazenamento e comparação com Broisler 2007.

O tratamento combinado 1B que consiste de irradiação a 0,3 kGy e tratamento térmico a 52°C durante 5 minutos foi o que apresentou valores de pH mais próximos dos das frutas não tratadas (controle). Essa aproximação é importante para comprovar que é um tratamento menos agressivo para a fruta,

pois os valores de pH não tiveram diferença significativa entre o controle e o tratamento combinado ($p < 0,05$) (Figura 11).

5.3) Textura

A textura foi medida através dos parâmetros de força máxima e média da resistência à penetração. A Tabela 5 apresenta os resultados de textura envolvendo os valores referentes à força máxima, enquanto a Tabela 6 apresenta os valores para a força média. As FIGURAS 12 e 13 mostram a evolução gráfica dessas respectivas forças.

Tabela 5: Valores de resistência à penetração (força máxima) em função do tempo de armazenamento.

Textura Força Máxima (N)					
	Controle	Grupo 1A	Grupo 1 B	Grupo 2 A	Grupo 2 B
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
Dia					
1	18,14 ± 1,59ab	14,74 ± 3,69ab	18,15 ± 3,99ab	10,7 ± 1,95a	18,55 ± 3,13b
Dia					
7	15,00 ± 1,77a	13,08 ± 1,99a	18,71 ± 3,81a	12,81 ± 1,29a	20,01 ± 7,38a
Dia					
14	11,17 ± 2,68a	14,08 ± 0,78a	14,44 ± 2,8a	9,33 ± 0,27a	13,56 ± 3,21a
Dia					
19	8,68 ± 0,89a	8,26 ± 0,77a	9,43 ± 2,22a	6,35 ± 1,30a	9,44 ± 1,18a
Dia					
22	4,20 ± 0,68a	6,03 ± 1,56a	6,16 ± 0,44a	5,69 ± 1,27a	7,19 ± 1,80a
Dia					
26	3,33 ± 0,41a	4,85 ± 0,91b	4,87 ± 0,33b	4,41 ± 0,85b	5,72 ± 0,79b

Obs: Para o mesmo dia, médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$)

Figura 12 - Gráfico dos valores de textura (força máxima) em função do tempo de armazenamento.

Tabela 6: Valores de resistência à penetração (força média) em função do tempo de armazenamento.

Textura Força Média (N)					
	Controle	Grupo 1A	Grupo 1 B	Grupo 2 A	Grupo 2 B
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
Dia 1	1,57 ± 0,36a	1,55 ± 0,79a	2,68 ± 1,22ab	0,80 ± 0,13a	3,85 ± 2,27b
Dia 7	1,07 ± 0,13a	1,41 ± 0,45a	1,91 ± 0,78a	1,28 ± 0,16a	2,40 ± 1,10a
Dia 14	0,82 ± 0,19a	1,50 ± 0,03a	1,66 ± 0,74a	0,86 ± 0,06a	1,55 ± 0,56a
Dia 19	1,07 ± 0,19a	0,97 ± 0,27a	1,23 ± 0,54a	0,78 ± 0,08a	1,01 ± 0,20a
Dia 22	0,61 ± 0,12a	0,68 ± 0,27a	0,73 ± 0,3a	0,67 ± 0,10a	1,10 ± 0,28a
Dia 26	0,40 ± 0,04a	0,57 ± 0,12b	0,47 ± 0,09ab	0,43 ± 0,05ab	1,33 ± 1,08c

Obs: Para o mesmo dia, médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$)

Figura 13 - Gráfico dos valores de textura (força média) em função do tempo de armazenamento.

Os valores de resistência da fruta à penetração decaíram com o tempo para todos os grupos, chegando a 30% do valor inicial no último dia de análise. É importante ressaltar que todos os grupos apresentaram maior valor final de textura do que o controle no dia 26 (Tabela 6). Desde o dia 22, a força máxima requerida de penetração foi menor para o grupo de frutas não tratadas (controle) em relação aos demais grupos (Tabela 5). Isso reflete uma maior durabilidade da fruta submetida ao tratamento combinado, uma vez que sua consistência está mais preservada do que a da fruta sem tratamento. O mesmo pode-se observar para os resultados da força média, embora nesse caso os valores sejam muito próximos para todos os grupos.

Comparando-se os resultados obtidos com os apresentados por BROISLER (2007), que em seu trabalho fez o mesmo tipo de análise em mangas apenas irradiadas, pode-se ter uma idéia melhor da eficácia do tratamento combinado.

Para a textura, Broisler (2007) obteve uma variação em torno de 79% na resistência máxima à penetração para mangas irradiadas com doses de 0,7kGy, ou seja o valor obtido no último dia de análise (dia 24) foi apenas 21% do valor inicial. No caso do tratamento combinado este valor residual ficou entorno

de 30% no dia 26. Ainda para o tratamento combinado interpolando-se os valores do dia 22 e 26 obtemos para o dia 24 um valor residual de 37%.

5.4) Sólidos solúveis totais (SST)

O teor de sólidos solúveis está apresentado na Tabela 7 em valores de graus Brix. A FIGURA 14 mostra a variação gráfica desses valores ao longo do experimento.

Tabela 7: Valores de sólidos solúveis totais (SST) em função do tempo de armazenamento.

Sólidos Solúveis Totais (° Brix)					
	Controle	Grupo 1A	Grupo 1 B	Grupo 2 A	Grupo 2 B
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
Dia 1	12,63 ± 0,18a	12,94 ± 0,44a	13,63 ± 0,10b	13,38 ± 0,18b	12,13 ± 0,18c
Dia 7	13,25 ± 0,05a	14,00 ± 0,05b	13,63 ± 0,18c	12,25 ± 0,05d	11,50 ± 0,05e
Dia 14	12,25 ± 0,05a	11,75 ± 0,05b	12,00 ± 0,05ab	13,00 ± 0,05c	11,25 ± 0,05d
Dia 19	11,63 ± 0,18a	11,75 ± 0,05a	13,00 ± 0,18b	10,25 ± 0,05c	13,25 ± 0,05b
Dia 22	10,75 ± 0,35a	12,25 ± 0,05b	11,38 ± 0,05c	11,13 ± 0,18c	13,38 ± 0,18d
Dia 26	12,00 ± 0,05a	12,25 ± 0,05a	12,00 ± 0,05a	9,50 ± 0,05b	11,50 ± 0,05c

Obs: Para o mesmo dia, médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística (p<0,05)

Figura 14 - Gráfico dos valores de sólidos solúveis totais (SST) em função do tempo de armazenamento.

Os valores de Brix variam entre 13,75 e 9,5. Todos os grupos apresentaram comportamento oscilante para os valores de SST ao longo do experimento, sendo que com exceção do grupo 2A, todos obtiveram valores finais mais elevados do que o mínimo atingido em medição anterior. Esses resultados estão de acordo com o limite oficial que estabelece o mínimo de 11°Brix a 20°C (Ministério da Agricultura, 2000).

A análise estatística mostrou que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos: controle, 1A e 1B. Os resultados dos grupos 2A e 2B foram significativamente diferentes dos demais. Pode-se assim concluir que os tratamentos 1A e 1B foram menos nocivos a fruta em relação aos tratamentos 2A e 2B, não alterando o teor de sólidos solúveis.

As mangas submetidas ao tratamento combinado (grupos 1B, 2A e 2B) obtiveram Brix mais elevado do que o apresentado pelas mangas irradiadas com dose de 0,7kGy (BROISLER 2007) e com valores iguais (grupo 1B) ou menores (grupos 2A e 2B) do que os apresentados pelo controle. Isso indica que o tratamento combinado reduziu a velocidade de amadurecimento do fruto sem interferir bruscamente em suas características organolépticas, uma vez que o Brix é um dos principais indicativos do gosto da fruta sentido pelo consumidor. Desse

ponto de vista o tratamento combinado teve desempenho melhor do que a irradiação isoladamente.

Lima et al. (2007) submeteram mangas do cultivar Haden ao banho térmico a 55°C por 5 minutos. Nesse caso o grau Brix após 12 dias foi 11,90, que está em concordância com os valores encontrados (Tabela 7) e mais especificamente ao valor 12 obtido para o grupo 1B no décimo quarto dia. Os resultados de Brix demonstram que a irradiação resultou em impacto pouco negativo para a fruta, não prejudicando seu desenvolvimento.

Através da Figura 15 pode-se verificar que o banho térmico isolado não conseguiu retardar o amadurecimento do fruto e inclusive percebe-se um aumento do grau brix. A irradiação isolada apresentou resultados próximos ao controle, mas com uma diferença maior do que o tratamento combinado. A combinação do grupo 1B foi a que apresentou valores mais próximos ao controle ao longo do experimento e inclusive no último dia de análise.

Figura 15 - Gráfico dos valores de sólidos solúveis totais (SST) em função do tempo de armazenamento e comparação com Broisler 2007.

5.5) Acidez

A Acidez foi expressa através da porcentagem de ácido cítrico no fruto (Tabela 8). A FIGURA 16 mostra o gráfico desses valores em função do tempo.

Tabela 8: Valores de acidez em função do tempo de armazenamento.

ACIDEZ (% ácido cítrico)					
	Controle	Grupo 1A	Grupo 1 B	Grupo 2 A	Grupo 2 B
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
Dia 1	0,842 ± 0,112a	0,594 ± 0,004b	0,596 ± 0,000b	0,359 ± 0,007c	0,864 ± 0,005a
Dia 7	0,568 ± 0,005a	0,590 ± 0,002ab	0,648 ± 0,006b	0,791 ± 0,018c	0,759 ± 0,000c
Dia 14	0,435 ± 0,010a	0,657 ± 0,011b	0,557 ± 0,005c	0,420 ± 0,010a	0,617 ± 0,037bc
Dia 19	0,320 ± 0,002a	0,354 ± 0,001a	0,295 ± 0,001a	0,471 ± 0,002b	0,297 ± 0,002a
Dia 22	0,197 ± 0,002a	0,207 ± 0,003a	0,212 ± 0,003a	0,206 ± 0,008a	0,168 ± 0,005a
Dia 26	0,133 ± 0,001a	0,116 ± 0,0001a	0,127 ± 0,001a	0,187 ± 0,001a	0,165 ± 0,001a

Obs: Para o mesmo dia, médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$)

Figura 16 - Gráfico dos valores de acidez em função do tempo de armazenamento

Os resultados do Dia 26 de acidez mostram que os grupos 1A e 1B obtiveram porcentagens de ácido cítrico menores que o controle, enquanto que os grupos 2A e 2B apresentaram frutas mais ácidas ao final dos 26 dias (Tabela 8). Tal resultado pode indicar que a dose mais alta de irradiação retardou o amadurecimento do fruto, embora a análise estatística mostre que não há diferença significativa entre os diferentes grupos ($p < 0,05$). Como é esperado a acidez deve decair com o aumento do índice de maturação e portanto quanto menor o valor de acidez mais maduro está o fruto. (BROISLER 2007)

Para a acidez o tratamento combinado apresentou pouca alteração em relação ao controle e essa pequena variação foi a mesma constatada em caso de frutas apenas irradiadas. O gráfico (Figura 17) mostra a semelhança entre os resultados de mangas irradiadas com doses de 0,5 kGy, valores retirados de BROISLER (2007), e o respectivo controle, assim como os resultados apresentados pelo tratamento combinado. Principalmente nos últimos dias de análise a proximidade entre as frutas tratadas e o controle fica evidente.

Figura 17 - Gráfico dos valores de acidez em função do tempo de armazenamento e comparação com Broisler 2007.

5.6) Cores da casca e da polpa

As médias ponderadas da cor da casca e da polpa foram calculadas a partir do número de frutos em cada grau de maturação para cada dia de análise e estão apresentados nas Tabelas 9 e 10. As figuras 18 e 19 mostram a intensificação das colorações ao longo do experimento para a casca e a polpa, respectivamente.

Tabela 9: Média dos valores da cor da casca em função do tempo de armazenamento.

Cor da Casca					
	Controle	Grupo 1A	Grupo 1 B	Grupo 2 A	Grupo 2 B
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
Dia 1	2,67 ± 0,58a	2,33 ± 0,58a	2,33 ± 0,58a	2,33 ± 0,58a	2,00 ± 0,00a
Dia 7	3,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00a	2,67 ± 0,58a
Dia 14	3,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00a	2,67 ± 0,58a
Dia 19	3,67 ± 0,58a	3,33 ± 0,58a	3,33 ± 0,58a	3,33 ± 0,58a	3,33 ± 0,58a
Dia 22	4,67 ± 0,58a	4,67 ± 0,58a	4,33 ± 0,58a	3,33 ± 0,58a	3,33 ± 0,58a
Dia 26	5,00 ± 0,00a	4,33 ± 0,58ab	4,00 ± 0,58bc	2,67 ± 0,58c	4,33 ± 0,58ab

Obs: Para o mesmo dia, médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$)

Figura 18 - Gráfico das médias da cor da casca em função do tempo de armazenamento.

Tabela 10: Média dos valores da cor da polpa em função do tempo de armazenamento.

Cor da Polpa					
	Controle	Grupo 1A	Grupo 1 B	Grupo 2 A	Grupo 2 B
	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão	Média e Desvio Padrão
Dia 1	2,33 ± 0,58a	2,33 ± 1,53a	2,33 ± 1,15a	2,33 ± 0,58a	2,00 ± 1,00a
Dia 7	3,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00a	2,67 ± 0,58a
Dia 14	3,00 ± 0,00a	3,00 ± 0,00a	3,17 ± 0,29a	3,00 ± 0,00a	2,33 ± 0,58a
Dia 19	3,67 ± 0,58a	3,33 ± 0,58a	3,67 ± 0,58a	3,67 ± 0,58a	3,33 ± 1,53a
Dia 22	4,67 ± 0,58a	4,33 ± 0,58a	4,33 ± 0,58a	4,00 ± 0,00a	4,33 ± 0,58a
Dia 26	4,67 ± 0,58a	4,33 ± 0,58ab	4,00 ± 1,00b	2,33 ± 0,58c	4,00 ± 1,00b

Obs: Para o mesmo dia, médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$)

Figura 19 - Gráfico das médias da cor da polpa em função do tempo de armazenamento.

A cor da casca e a cor da polpa seguiram um amadurecimento similar em todos os grupos. Em ambos os casos o controle apresentou a coloração mais viva, intensa e forte, o que pode ser observado pela nota obtida no dia 26 (tabelas 9 e 10). Por outro lado foi o grupo que apresentou maior número de injúrias na casca e frutos comprometidos por fungos em maior quantidade. O grupo 2A teve a coloração retardada mais fortemente pelo tratamento, demonstrando que a irradiação associada ao banho térmico de 46°C por 90 minutos afeta diretamente a cor do fruto, fazendo com que não seja atingido o estágio 4 no dia 26. Os outros grupos apresentaram desenvolvimento similar da coloração, terminado as análises no estágio 4. Esses resultados indicam que o tratamento combinado foi benéfico, prolongando o processo de desenvolvimento da coloração (FIG 18 e 19). É importante ressaltar que há possibilidade do tratamento comprometer a coloração de forma que os frutos nunca atinjam o nível 5 de coloração, apodrecendo antes disso. Porém neste trabalho não foi possível tal verificação (GUARINONI A., 2000).

Os valores de coloração tanto para casca como para polpa foram muito parecidos ao do tratamento combinado (FIG 20 e 21), ou seja, o controle apresentou valores mais intensos e os outros grupos obtiveram o desenvolvimento da coloração retardado (FIG 20). De acordo com o observado em Broisler (2007) quanto maior a dose de radiação, mais lento fica o desenvolvimento de cor. O mesmo aconteceu com o tratamento combinado para o grupo 2A. Esse grupo que recebeu uma dose de 0,75 kGy foi o que mais tardou em amadurecer sua coloração. Porém o mesmo não foi observado para o grupo 2B. Este fato pode ser justificado pela hipótese de que o banho térmico acelerou de alguma maneira o desenvolvimento da coloração compensando o efeito da dose de radiação recebida. Outra situação, menos provável, seria as amostras analisadas no último dia serem, por ordem do acaso, as mais maduras de todo o grupo.

Figura 20 - Gráfico das médias dos valores da cor da casca em função do tempo de armazenamento e comparação com Broisler 2007.

Figura 21 - Gráfico das médias dos valores da cor da polpa em função do tempo de armazenamento e comparação com Broisler 2007.

6) CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho apontam para uma maior durabilidade e maior vida de prateleira para as mangas sujeitas ao tratamento combinado 1B (0,3kGy e 52°C por 5 minutos) em relação às mangas não tratadas. Considerando os atributos perda de peso, textura, cor de casca e cor de polpa as frutas tratadas (grupos 1A, 1B, 2A e 2B) apresentaram índices de maior durabilidade. Para os atributos, pH, acidez e brix não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) confirmando a hipótese de que este tipo de desinfestação não interfere negativamente nas qualidades físico-químicas da manga. Pode-se perceber que a utilização conjunta da irradiação com o banho térmico apresentou resultados satisfatórios e comprobatórios de efeito sinérgico.

Pode-se também concluir que a combinação 1B (52°C por 5 min e 0,3kGy) foi a mais satisfatória, pois os resultados apresentaram boas tendências para todos os parâmetros, sendo que a acidez e os sólidos solúveis totais (Brix) foram bastante próximos aos resultados do controle, indicando uma fruta mais preservada mas ao mesmo tempo com características de uma fruta própria ao consumo. Esse mesmo grupo apresentou boa integridade física com valores mais robustos de resistência à penetração, coloração da polpa e casca mais preservados e a segunda menor perda de peso.

Essa combinação de banho térmico de 52°C por 5 min com a dose de radiação de 0,3 kGy se mostra adequada para tratar a manga sem comprometer sua qualidade e atende à dose de desinfestação exigida para eliminação de pragas resistentes.

Melhores resultados para a combinação de banhos de alta temperatura e curto tempo com a radiação eram esperados em relação a banhos de menor temperatura e tempos mais longos. Ao se combinar um banho de alta temperatura e curto tempo com a radiação consegue-se uma melhor complementação dos tratamentos. O banho atua, nesse caso, predominantemente na superfície do fruto enquanto que a radiação gama penetra até o caroço, garantindo uma total desinfestação. Fungos que se desenvolvem na casca requerem em geral doses mais altas de radiação do que outras pragas que se desenvolvem no interior do

fruto. Dessa maneira o banho térmico com temperatura mais alta garante a desinfestação superficial desses microorganismos mais resistentes.

7) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F.B. **Ethylene in plant biology**. Academic Press, NY, 302p. 1973.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA); **Resolução - RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001**. Disponível http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm Acesso em 19 de março de 2006

AHMAD, J. I. Free Radicals and Health: is vitamin E the answer? **Food science and technology Today** 10 (3). p147 a152. 1996

AKINYELE, I.O.; KESHINRO, O.O. , Tropical fruits as sources of vitamin C. **Food Chemistry**, London, 5: 163-7, 1980.

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

APHIS – **Animal and Plant Health Inspection Service**, USDA (2007). Available from: <http://www.aphis.usda.gov/publications/plant_health/content/printable_version/faq_imp_indian_mango.pdf> (acessado em novembro de 2007).

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. Editora Nobel, São Paulo – S.P., 1993

BIALE, J.B. **The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits**. Advances in Food Research, New York, Jan., 10:293-354, 1960.

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**, *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, n.1, Jaboticabal, 2003.

BROISLER; P. O. **Simulação do transporte de mangas irradiadas para exportação**. *Dissertação de Mestrado*. IPEN. USP. 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

BYRNE, M., Irradiation Update. **Food Engineering International**, v.21, n°6, p.37-41, 1996.

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, 1990.293p.

CRUCEFIX, D. **Respiration. Syllabus of the Post-harvest Fruit, Vegetable & Root Crop Technology Course**. Tropical Development Research Institute, London, 10p., 1986.

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

DIAS, M.S.C.; LIMA, L.C.; CASTRO, M.V.; RIBEIRO JUNIOR, P.M.; SILVA, E.B. **Controle da antracnose e qualidade de mangas (Mangifera indica L.) cv. VanDyke, após tratamento hidrotérmico e químico**. Cienc. Agrotec., v. 29, p. 289-295, mar-abr, Lavras, 2005.

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. p.22-25. 2000

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

FOLLETT, 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), <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture>, último acesso em 19 de março de 2006.

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

GAGNON, M.; LACROIX, M.; PRINGSULAKA, V.; JOBIN, M.; LATREILLE, B.; NOUCHPRAMOOL, 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**, Canadian Irradiation Center, Canada, 1993.

GUARINONI, A. **Efecto del estado de madurez de los frutos a la cosecha sobre su conservación.** In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGÍA Y AGROEXPORTACIONES, 2., 2000, Bogotá, Colombia. Simposio: Control de fisiopatías en frutas durante el almacenamiento en frío, Universidad Nacional de Colombia, 2000, v.1 p.29-38.

HALLMAN, G. J. Ionizing radiation quarantine treatments against tephritid fruit flies. **Postharvest Biology and Technology**, 16(2), 93–106. 1999.

HAMMERTON Quality of Mangoes Treated by Irradiation and thermal treatment. **Journal of Food Quality** v. 25, p 419-433, 1988.

HARDENBURG, R.E. Effect of in-package environment on keeping quality of fruits and vegetables. **HortScience**, Maryland, v.6, n.3, p.198-201, June, 1971.

IEMMA, J.; ALCARDE, A.R.; DOMARCO, R.E.; SPOTO, M.H.F.; BLUMER, L.; MATRAIA, C., **Radiação gama na conservação do suco natural de laranja**, Sci. agric. v.56 n.4 supl. Piracicaba 1999

INCROPERA, F.P; DE WITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e massa.** LTC Editora,2003. 730p

INTERNATIONAL DATABASE ON INSECT DESINFESTATION AND STERILIZATION (IDIDAS).

Disponível: [http://www-ididas.iaea.org/IDIDAS/w3.exe\\$IDIDASShow?ID=69](http://www-ididas.iaea.org/IDIDAS/w3.exe$IDIDASShow?ID=69)

Último acesso em 23 de março de 2006.

INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION (ICGFI) (Org.). **Code of good irradiation practice for shelflife extension of bananas, mangoes and papayas.** Vienna: Secretariat of ICGFI, Vienna, 1991. (ICGFI document nº6).

INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION (ICGFI) (Org.). **Training manual on operation of food irradiation facilities.** Vienna: Secretariat of ICGFI, Vienna, 1992. (ICGFI document nº14).

KARDER, A.A. Potencial Applications of Ionizing Radiation in Postharvest Handling of Fresh Fruits and Vegetables. **Food Technology**, p. 117-121, 1986.

KADER, A.A. Modified atmospheres during transport and storage. In: KADER, ^{aa} (ed) **Postharvest technology of horticultural crops.** California: University of California, 1992. P.85-92.

KHOURY JUNIOR, J.K.; MENDONÇA, A.C.; COUTO, S.M.; DA SILVA, J.N.; PINTO, M.S.; ZUIM, D.R. **Modelagem de condução de calor em tratamento hidrotérmico de goiaba. Engenharia na Agricultura** v13, n3, 145-154, Set 2005

LACROIX, M.; GAGNON, M.; PRINGSULAKA, V.; JOBIN, M.; LATREILLE, B.; NOUCHPRAMOL, K.; PRACHASITTHISAK, Y.; CHARON, S.; ADULYATHAM, P.; LETTRE, J. GRAD, B.; **Effect of gamma irradiation with or without hot water dip and transportation from Thailand to Canada on nutritional qualities, ripening index and sensorial characteristics of thai mangoes**, Canadian Irradiation Center, Canada, 1993.

LIMA, L. C.; DIAS, M. S.C.; CASTRO, M. V.; JUNIOR, P.M.R.; SILVA, E. **B.Controle da Antracnose e Qualidade de mangas (mangifera l.) cv. Haden, após tratamento hidrotérmico e armazenamento refrigerado em atmosfera modificada**. Ciências agrotec., Lavras, v31, n2, p298-304, mar 2007.

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

MANICA, I.; ICUMA I. M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V. H. V.; OLIVEIRA, M. E.; CUNHA, M. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; **Tecnologia, produção, agroindústria e exportação da manga**, Ed. Cinco Continentes, Porto Alegre-RS, 2001, p. 16-87:438-444

MEDLICOTT, A.P. **Fruit ripening. Syllabus of the Post-harvest Fruit, Vegetable & Root Crop. Technology Course**. Tropical Development & Research Institute, London, 7p., 1986.

Ministério da Agricultura (2005),Resumo da Balança Comercial do Agronegócio 2004/2005. Disponível:
http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/BALANCA_COMERCIAL/BALANCA_COMERCIAL_NOVA/BALAN%C7A%202005-2004_1.XLS. Último acesso em abril 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, **Instrução Normativa nº1, de 7 de janeiro de 2000**. <http://oc4j.agricultura.gov.br/agrolegis>. Acessado em 13/06/2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, **Instrução Normativa Conjunta, nº9, de 12 de novembro de 2002**. <http://www.agricultura.org.br>, Acessado em 14/05/2005.

MITCHELL, F.G.; GUILLOU, R.; PARSONS, R.A. Commercial **Cooling of Fruits and Vegetables**. California Agricultural Experiment Station. University of California, Davis, CA, U.S.^a, Manual, n.43, 44p., 1972.

MOY, J. H. (1993). Efficacy of irradiation vs thermal methods as quarantine treatments for tropical fruits. **Radiation Physics and Chemistry**, 42(1–3), 269–272

OLIVEIRA, Fernando A. M.B.; **Comportamento térmico e qualidade pós-colheita do mamão (carica papaya L.) submetido a radiação de microondas e tratamento hidrotérmico..** Tese de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 01/12/1998.

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

SABATO; S. F.; SILVA J. M.; 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 international consignment. Article in press. **Food Control** 2009.

SCHIRMER, H.; TRIERWEILER, B.; GRAF, V.; HOFFMANN, N. Q.;TAUSCHER, B.; SCHUSCMANN, H. B. **HeiBes Wasser hält Äpfle gesund: Die HeiBeswasserbehandlung: eine Methode zur Reduzierung der Gloeosporium-Fruchtfäule an ökologisch produzierten Äpfeln**. Biovision Zukunft mit Pflanzen. ForschungsReport 1/2003. p 27-29.

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 MAY 2002 (2002 a).

SHELLIE, K.C.; MANGAN, R. L. **Cooling method and fruit weight: Efficacy of hot water quarantine treatment for control of Mexican fruit fly in mango**. Hortscience 37(6): p 910-913 OCT 2002 (2002 b).

SILVA, A.P.F.B.; 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**, v. 23, São Paulo, FCF-USP, 2003.

SILVA, O.F.; ROCHA, E.S.; CÔRTEZ, M.V.C.B.; FREIRE, M.; BITTENCURT, A.M.; PIRES, L.F.G.; VITAL, H.C., **Radiação Gama no Controle *In Vivo* e *In Vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. e *Botryodiplodia theobromae* em frutos de Manga cv. “Tommy Atkins”**. Embrapa, Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, T. M.W.; **Tratamento térmico e radiação gama no controle de *Colletotrichum Gloeosporioides* (Penz) Penz et Sacc, agente causal da antracnose em frutos de mamoeiro (*Carica Papaya* L.).** Tese de Mestrado. ESALQ / CENA / USP. 01/03/1989

SOLANAS, J.; DARDER, A.; **Food Irradiation programme in Venezuela. Preservation of Fruit and Vegetables by Radiation (1968).** Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela. In Preservation of fruit and vegetable by radiation. IAEA, Vienna 1968. p13-20.

STABLE MICRO SYSTEM. Disponível em: www.stablemicrosystems.com. Acessado em 5 de novembro de 2007.

TILTON, E.W., BURDITT, A.K. Insect Disinfestation of grain and fruit. In: JOSEPHSON, E. S.; PETERSON, M.S. (Eds). **Preservation of food by ionizing radiation**. CRC Press, Boca Raton, v.3, cap.7, p. 215-229, 1983.

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. p53-76.

WINDEGUTH, D.L.; **Ionizing Radiation as a Quarantine Treatment for Caribbean Fruits Flies in Grapefruits, Carambolas and Mangoes** 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. p7-12.

YUEN, C.M.C.; TAN,S.C.; JOYCE, D. et al. Effect of postharvest calcium and polymeric films on ripening and peel injury in Kensington Pride mango. **ASEAN Food Journal**, Kuala Lumpur, v.8, n.3, p. 110-113, 1993.