

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**IRRADIAÇÃO GAMA E ARMAZENAMENTO
DO MAMÃO ‘FORMOSA’ MINIMAMENTE PROCESSADO**

JULIANA AUDI GIANNONI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Horticultura

BOTUCATU-SP
Dezembro – 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**IRRADIAÇÃO GAMA E ARMAZENAMENTO
DO MAMÃO ‘FORMOSA’ MINIMAMENTE PROCESSADO**

JULIANA AUDI GIANNONI

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Horticultura

BOTUCATU-SP
Dezembro – 2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Giannoni, Juliana Audi, 1971-
G434i Irradiação gama e armazenamento do mamão 'Formosa'
minimamente processado / Juliana Audi Giannoni. --
Botucatu, [s.n.], 2004.
xvi, 96 f. : il. color. , tabs.

Tese (Doutorado) -- Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas.
Orientador: Rogério Lopes Vieites.
Inclui bibliografia.

1. Mamão. 2. Mamão - Tecnologia pós-colheita. 3. Mamão -
Conservação. 4. Alimentos - Conservação por radiação. 5.
Tecnologia de alimentos. I. Vieites, Rogério Lopes. II.
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas.
III. Título.

CDD 634.6516

Palavras-chave: Mamão formosa.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO:

AUTORA: JULIANA AUDI GIANNONI

ORIENTADOR: ROGÉRIO LOPES VIEITES

Aprovado pela Comissão Examinadora:

PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES - Presidente

PROFA. DRA. GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA

PROFA. DRA. MARIA AMÁLIA BRUNINI

PROF. DR. JOSÉ DARLAN RAMOS

PROF. DR. MOACIR PASQUAL

Data de realização: 20/12/2004.

BIOGRAFIA DA AUTORA

JULIANA AUDI GIANNONI – Nascida em 07 de agosto de 1971 na cidade de Ribeirão Preto/SP, é filha de Marcos Antônio Giannoni e Ivanize Zumkher Audi Giannoni. Em janeiro de 1998 obteve o grau de Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras. Em outubro de 2000, defendeu a Dissertação de Mestrado pela Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP-Botucatu/SP), intitulada “*Efeito da radiação gama e do cálcio na conservação pós-colheita da goiaba branca armazenada sob refrigeração*”, obtendo o título de Mestre em Agronomia, área de Horticultura. Desde fevereiro de 2002 é professora do curso de Agronomia nas Faculdades Integradas Cantareira em São Paulo/SP, ministrando as disciplinas “Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal”, “Fruticultura Geral” e “Fisiologia e Conservação Pós-colheita de Frutas e Hortaliças”.

*Deus escolheu as coisas loucas do mundo para envergonhar os sábios e escolheu as coisas fracas do mundo para envergonhar as fortes;
e Deus escolheu as coisas humildes do mundo, e as desprezadas, e aquelas que não são, para reduzir a nada as que são;
afim de que ninguém se vanglorie na presença de Deus”.*

I Coríntios, 1:27-29

*A Deus que foi e sempre será o meu maior professor;
A Deus que sempre me deu forças para continuar e a certeza de que tudo daria certo;
A Deus por ser meu caminho e minha verdade.*

Ao meu querido esposo Carlos Artur Lopes Leite, por todo seu apoio, companheirismo e amor. Pela imensurável contribuição para realização deste trabalho. Por sempre estar ao meu lado.

Aos meus queridos pais Marcos Antônio Giannoni (in memoriam) e Ivanise Zumkher Audi Giannoni. Pelo exemplo de luta, pela vida e pelo imenso amor.

À minha amada família, que participou todos estes anos com sorrisos, palavras de conforto e orações para o término deste trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Campus de Botucatu, por ter propiciado condições para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites, por ter aceitado ser meu orientador no mestrado e doutorado, por sempre ter demonstrado confiança no meu trabalho e por ter se tornado mais do que um orientador: um grande amigo.

À querida Profa. Dra. Giusepina Pace Pereira Lima, por ter gentilmente cedido o Laboratório de Química e Bioquímica para realização de parte das análises. Pelo carinho que sempre me recebeu, por ajudar e encantar a todos que passam pelo seu caminho e pela amizade que o tempo não apaga.

Ao Prof. Dr. Nilton Luis de Souza, por gentilmente emprestar a câmara-fria do Departamento de Defesa Fitossanitária.

Ao Prof. Dr. Carlos Ruggiero, pelo profissionalismo, ensinamentos e consideração durante sua disciplina.

Aos Profs. Drs. José Darlan Ramos e Moacir Pasqual, por todos os ensinamentos, amizade e pelo ótimo convívio.

À querida Profa. Maria Amália Brunini, pela amizade e simpatia que sempre me tratou.

À querida Profa. Dra. Raquel Elisabete Domarco (*in memorian*), pelos grandes ensinamentos na área de irradiação e pela simpatia e humildade.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação da FCA/UNESP, Marilena, Marlene, Jaqueline e Kátia, pela simpatia e por toda a consideração com que sempre me atenderam.

Aos funcionários do Departamento de Horticultura, por todos os serviços prestados e amizade.

Aos laboratoristas Márcia Adriana P. Garcia e Francisco Rossi, pela colaboração nas análises e amizade.

Ao amigo laboratorista Edson Alves Rosa, que não mede esforços para nos ajudar, pelos bons momentos no laboratório e pela amizade.

À amiga Alessandra Pereira da Silva Peres Moron, pela ajuda durante as análises.

À amiga Andréa Dantas, pelo auxílio durante a montagem do experimento.

Aos estagiários André José dos Campos e Gláucia C. Moreira, pela ajuda nas análises laboratoriais.

À amiga Ester Alice Ferreira pelo auxílio nas análises estatísticas e amizade

Às Faculdades Integradas Cantareira, que transformaram meu sonho em realidade e me aceitaram de braços abertos. Meus sinceros agradecimentos aos amigos Profs. Paulo Meinberg, Marcos Roberto Furlan e Andréa Dantas.

À Empresa Verde Limpo, especialmente a Lilyan Cristina Rocha Michaloski, por ter concedido a execução do processamento do experimento; também às funcionárias que gentilmente auxiliaram durante esta etapa, Carla, Mara, Lívia, Rose, Cida e Kelly.

Aos Profs. Drs. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas e Paulo Roberto Clemente, por proporcionarem condições para que eu pudesse concluir as análises enzimáticas no Laboratório do Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras/MG e, pela amizade, sugestões e ótimo convívio.

Às laboratoristas da UFLA e amigas, Constantina Maria Braga Torres e Sandra Mara Lacerda Silva, pelo auxílio nas análises enzimáticas, por todos os ensinamentos, consideração e amizade que sempre me trataram.

À Companhia Brasileira de Esterilização/CBE em Jarinú/SP, especialmente a Rosângela Bacci e Dr. Paulo Roberto Rela, por permitir a irradiação dos frutos.

À Empresa Calliman Agrícola S.A., especialmente ao sr. Francisco Faleiros, que gentilmente cedeu os frutos para a realização deste estudo.

Ao antigo Grupo de Oração Manaaín da I Igreja Presbiteriana de Botucatu/SP, por toda a amizade, carinho e orações.

Às minhas amadas mãe, Ivanize, e sogrinha, Laudelina, pelo amor e orações por todo o tempo.

A todas as pessoas que de alguma forma colaboraram para a conclusão deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	01
ABSTRACT	03
1 - INTRODUÇÃO	05
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	09
2.1 - Colheita do Mamão ‘Formosa’	12
2.2 - Modificações com o Amadurecimento	13
2.3 - Processamento Mínimo	20
2.4 - Irradiação em Alimentos	24
2.5 - Refrigeração	28
2.6 - Microbiologia do Mamão	30
3 - MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 - Implantação do Experimento	34
3.2 – Análises Químicas, Físicas, Físico-Químicas e Sensoriais	40
3.2.1 - Perda de Massa Fresca (PMF), Aparência, Índice de Doenças e Conservação Pós-Colheita	40
3.2.2 - Textura	40
3.2.3 – Potencial Hidrogeniônico (pH)	41
3.2.4 - Acidez Titulável (AT)	41
3.2.5 - Sólidos Solúveis (SS)	41
3.2.6 - Açúcares Totais (A.Totais), Redutores (AR) e Sacarose (S)	41
3.2.7 - Vitamina C	41
3.2.8 - Pectina Total (PT) e Pectina Solúvel (PS)	42
3.2.9 - Atividade da Pectina Metilesterase (PME)	42
3.2.10 - Atividade da Poligalacturonase (PG)	42
3.2.11 - Análise Sensorial	42
3.3 - Análises Microbiológicas	43
3.3.1 - Contagem Total de Bactérias Aeróbicas Mesófilas e Psicrotróficas	43

3.3.2 - Contagem Total de Bolores e Leveduras	44
3.3.3 - Contagem de Coliformes Totais e Fecais	44
3.4 - Delineamento Experimental e Análise Estatística	44
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 - Perda de Massa Fresca (PMF) e Aparência	46
4.2 - Textura	49
4.3 - Potencial Hidrogeniônico (pH)	51
4.4 - Acidez Titulável (AT)	52
4.5 - Sólidos Solúveis (SS)	54
4.6 - Açúcares Totais (A.Totais), Redutores (AR) e Sacarose (S)	55
4.7 - Vitamina C	58
4.8 - Pectina Total (PT) e Pectina Solúvel (PS)	59
4.9 - Atividade da Pectina Metilesterase (PME)	61
4.10 - Atividade da Poligalacturonase (PG)	62
4.11 - Análise Sensorial	64
4.12 - Índice de Doenças e Conservação Pós-Colheita	67
4.13 - Análises Microbiológicas	69
4.13.1 - Contagem Total de Bactérias Aeróbicas Mesófilas e Psicrotróficas	69
4.13.2 - Contagem Total de Bolores e Leveduras	72
4.13.3 - Contagem de Coliformes Totais e Fecais	74
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
6 - IMPLICAÇÕES	78
7 – CONCLUSÕES.	80
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXO	95

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 - Variação média na perda de massa fresca (%) em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	48
Tabela 2 - Valores médios da aparência obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	49
Tabela 3 - Valores médios da textura (g/f) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	51
Tabela 4 - Valores médios do pH obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	52
Tabela 5 - Valores médios da acidez titulável (g de ácido cítrico.100g ⁻¹ de polpa) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	53
Tabela 6 - Valores médios da concentração de sólidos solúveis (°Brix) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	55
Tabela 7 - Valores médios da concentração de açúcares totais (%) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	56
Tabela 8 - Valores médios da concentração de açúcares redutores (%) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	57
Tabela 9 - Valores médios da concentração de sacarose (%) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetidos a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	58
Tabela 10 - Valores médios da concentração de ácido ascórbico (mg de ácido cítrico.100g ⁻¹ de polpa) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	59
Tabela 11 - Valores médios da concentração de pectina total (mg de ácido galacturônico.100g ⁻¹) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	60

Tabela 12 - Valores médios da concentração de pectina solúvel (mg de ácido galacturônico.100g ⁻¹) obtidos em mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	61
Tabela 13 - Valores médios da concentração de pectina metilesterase (ηmol/g ⁻¹ .min ⁻¹) obtidos em mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	62
Tabela 14 - Valores médios da concentração de poligalacturonase (ηmol/g ⁻¹ .min ⁻¹) obtidos em mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	63
Tabela 15 - Valores médios da cor, aroma, textura e sabor obtidos em mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	66
Tabela 16 - Índice de doenças (%) obtido em mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	67
Tabela 17 - Concentração de bactérias mesófilas (x10 ³ UFC/mL) obtida em mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	69
Tabela 18 - Concentração de bactérias psicotróficas (x10 ³ UFC/mL) obtida em mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	69
Tabela 19 - Concentração de fungos leveduriformes (x10 ³ UFC/mL) obtida em mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	73
Tabela 20 - Concentração de fungos filamentosos (x10 ³ UFC/mL) obtida em mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	73
Tabela 21 - Concentração de coliformes totais (NMP/g) obtida em mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Frutos de mamão ‘Formosa’ provenientes da Caliman Agrícola S.A.	35
Figura 2 - Seleção do Mamão ‘Formosa’ quanto à uniformidade de cor e ausência de doenças. Central de processamento da Empresa Verde Limpo, Botucatu/SP.	35
Figura 3 - Mamão ‘Formosa’ fatiado e reduzido em cubos de aproximadamente 2,5 x 2,5cm. Central de processamento da Empresa Verde Limpo, Botucatu/SP.	36
Figura 4 - Mamão ‘Formosa’ minimamente processado e armazenado em embalagens plásticas. Central de processamento da Empresa Verde Limpo, Botucatu/SP.	37
Figura 5 - Contagem em placa de Petri de bactérias mesófilas do grupo testemunha no 1º dia de análise.	70
Figura 6 - Contagem em placas de Petri de bactérias mesófilas do grupo irradiado com 1,0kGy no 5º dia de análise.	71

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 -	Mamão minimamente processado com o tratamento de irradiação. ...	Pág. 38
Fluxograma 2 -	Mamão minimamente processado sem o tratamento de irradiação (Fonte: Lima, 2000).	39

LISTA DE ABREVIATURAS

ACC = Ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico
ACC Sintetase = 1-aminociclopropano-1-carboxílico sintetase
Anvisa = Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AR = Açúcares Redutores
A.Totais = Açúcares Totais
AT = Acidez Titulável
CBE = Companhia Brasileira de Esterilização
Ceagesp = Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo
Cena = Centro de Energia Nuclear na Agricultura
cm = Centímetro(s)
Co⁶⁰ = Cobalto-60
cv. = Cultivar(es)
CV = Coeficiente de Variação
DIC = Delineamento Inteiramente Casualizado
DNA = Ácido Desoxirribonucléico (do inglês *Desoxiribonucleic Acid*)
Embrarad = Empresa Brasileira de Irradiação
EUA = Estados Unidos da América
FC = Frutos Cortados em Cubos sem Casca e sem Sementes
FFCF = Frutos Fatiados Longitudinalmente e Mantidos com a Casca e as Sementes
FFSS = Frutos Fatiados Longitudinalmente e Mantidos com a Casca e sem as Sementes
g = Grama
g/f = Grama-força
ha = Hectare(s)
IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMSF = International Commission on Microbiological Specifications for Foods
Ipen = Instituto de Pesquisa em Energia Nuclear
kGy = Quilogray(s)
LST = Caldo Laurilsulfato-Triptose
mat = Maturação (ponto de...)
mg = Miligrama(s)
mL = Mililitro(s)
mm = Milímetro(s)
MP = Minimamente Processado
MMP = Mamão Minimamente Processado
N = Normal (Unidade Química Estequiométrica)
NaOH = Hidróxido de Sódio
nmol = Nanomol(es)
NMP/g = Número Mais Provável de Microrganismos por Grama de Material
p = Por
PCA = Ágar para Contagem em Placa (do inglês *Plate Count Agar*)

PDA = Ágar Batata Glicosado (do inglês *Potatoe Dextrose Agar*)
PDO = Peroxidases (do inglês *Peroxidase*)
PG = Poligalacturonase
pH = Potencial Hidrogeniônico
PIF = Produção Integrada de Frutas
PME = Pectina Metilesterase
PMF = Perda de Massa Fresca
ppm = Partes por Milhão
PPO = Polifenoloxidasas (do inglês *Polyphenol Oxidase*)
PS = Pectina Solúvel
PT = Pectina Total
PVC = Cloreto de Polivinil (do inglês *Polyvinyl Chloride*)
SAM = Metionina S-Adenosil (do inglês *S-Adenosyl Methionine*)
S = Sacarose
SPS = Sacarose-fosfato Sintase (do inglês *Sucrose-phosphate Syntase*)
SS = Sólidos Solúveis
TMS = Temperatura Mínima de Segurança
ton = Tonelada(s)
U = Unidade(s)
UNEF = Universidade Estadual do Norte Fuminense
Unesp = Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
UR = Umidade Relativa
USP = Universidade de São Paulo
°C = Graus Centígrados
°F = Graus Fahrenheit
% = Porcentagem

IRRADIAÇÃO GAMA E ARMAZENAMENTO DO MAMÃO 'FORMOSA' MINIMAMENTE PROCESSADO. Botucatu, 2004. 96p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autora: Juliana Audi Giannoni

Orientador: Rogério Lopes Vieites

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo utilizar diferentes doses de irradiação gama sobre frutos de mamão 'Formosa' (*Carica papaya* L.) pré-cortados e refrigerados, visando facilitar as etapas do processamento mínimo e o consumo, além de encontrar a dose ideal de irradiação que proporcione total segurança alimentar com relação aos microrganismos, ampliando, desta forma, o período de vida útil dos frutos e mantendo as características de qualidade. Todo o processamento do mamão até a embalagem foi executado na Empresa Verde Limpo, situada em Botucatu/SP. Os frutos já embalados foram irradiados na Companhia Brasileira de Esterilização (CBE), em Jarinú/SP. As doses aplicadas foram 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0kGy. Após a irradiação os frutos minimamente processados foram armazenados à temperatura de $9 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $90 \pm 5\%$ durante nove dias. As avaliações foram a cada dois dias, exceto as análises microbiológicas que foram nos 1º, 5º e 9º dias de conservação. As alterações na qualidade pós-colheita foram detectadas por meio das seguintes análises: perda de massa fresca (PMF), aparência, textura, acidez titulável (AT), pH, sólidos solúveis (SS), vitamina C, açúcares totais (A.Totais) e redutores (AR), sacarose (S), pectinas total (PT) e solúvel (PS), enzimas poligalacturonase (PG) e pectina metilesterase (PME), análise sensorial (cor, aroma, textura e sabor), índice de doenças e conservação pós-colheita. Para as análises microbiológicas foram identificadas bactérias aeróbicas (mesófilas e psicotróficas), fungos (leveduras e bolores) e coliformes (totais e fecais). O delineamento estatístico empregado foi DIC inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento, utilizando o programa SISVAR[®] e teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. A partir dos resultados obtidos foi verificado que a aparência, cor, acidez titulável, pectina total e pectina

metilesterase foram significativamente beneficiadas pela irradiação na dose de 0,6kGy. A perda de massa fresca e textura, mesmo sem diferenciarem-se sob o ponto de vista estatístico, tenderam a apresentar melhores resultados na dose de 0,6kGy. A dose de 1,0kGy também apresentou frutos com aparência superior, com teor mais elevado de sólidos solúveis, menor hidrólise de açúcares totais, maior conteúdo de sacarose e menor solubilização da pectina solúvel. Em conjunto com a dose 0,2kGy, a irradiação a 0,6kGy apresentou melhores resultados de pH. A aplicação de irradiação não apresentou efeito sobre as variáveis vitamina C e açúcares redutores. As análises microbiológicas confirmaram que a irradiação foi eficiente para controlar a densidade microbiana até cinco dias de estocagem refrigerada, porém aos nove dias após a irradiação, observaram-se valores aumentados para contagens microbianas totais. Não foi encontrada *Escherichia coli* em qualquer tratamento, demonstrando a higiene na fase de processamento. A presença de microrganismos no decorrer do experimento provavelmente se deu em função da contaminação na câmara-fria. Com relação às doenças, pode-se afirmar que os cubos de mamão irradiados nas doses de 0,6; 0,8 e 1,0kGy propiciaram atraso de dois dias na manifestação de leveduras. O período de conservação pós-colheita do mamão minimamente processado foi de cinco dias para os frutos do grupo da testemunha, 0,2 e 0,4kGy, e de sete dias para os frutos tratados com 0,6; 0,8 e 1,0kGy. Constatou-se também nesta pesquisa que a irradiação gama torna as etapas do processamento mínimo bem mais fáceis e ágeis, diminuindo o tempo de manuseio dos pedaços de frutas; e que o mamão 'Formosa' possui potencial para o processamento mínimo. Devido à sua morfologia originou cubos convenientes ao consumo humano, com características visuais e organolépticas apreciáveis.

Palavras-chave: Irradiação Gama Co^{60} , Pós-Colheita, Processamento Mínimo, Mamão 'Formosa', Tecnologia de Alimentos.

GAMA IRRADIATION AND STORAGE OF MINIMALLY PROCESSED 'FORMOSA' PAPAYA FRUIT. Botucatu, 2004. 96p. Thesis (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Juliana Audi Giannoni

Adviser: Rogério Lopes Vieites

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the influence of gamma irradiation on 'Formosa' papaya fresh-cut fruits (*Carica papaya* L.), stored under refrigeration, in order to facilitate the minimal processing stage and human consumption, finding ideal dose of irradiation that provides total nutritional safety against microorganisms, enlarging fruit shelf life and sustaining quality characteristics. Processing till packing of papaya was executed in Verde Limpo Enterprise, situated on Botucatu/SP. Packing fruits were irradiated on Companhia Brasileira de Irradiação (CBE), placed at Jarinú/SP. Used dose were 0,0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; and 1.0kGy. After irradiation, the fruits were stored under temperatures of $48.2^{\circ}\text{F} \pm 33.8^{\circ}\text{F}$ and relative humidity of $90 \pm 5\%$, during 9 days and appraised each 2 days. Evaluations were performed each two days, except microbiological analysis, carried up on 1st, 5th and 9th days of conservation. Changes in postharvest quality were detected in the following analysis: loss of fresh weight (LFW), appearance, firmness, titratable acidity (TA), pH, total soluble solids (TSS), vitamin C, total reducer sugars (TRS), reducer sugar (RS), sucrose (S), total pectin (TP), soluble pectin (SP), activity of polygalacturonase (aPG) and pectin methyl esterase (aPME), sensorial analysis (color, aroma, firmness and flavor), disease index and postharvest conservation. Microbiological analysis was performed to identify aerobic bacteria (mesophilic and psychrotrophic), fungi (yeasts and moulds) and coliforms (total and fecal). Data were analyzed according to a completely randomized design, with 4 repetitions per treatment, using SISVAR™ program and Scott-Knott's test at 5% level of significance. Based on results obtained, it was observed that appearance, color, TA, TP and aPME were significantly improved by gamma irradiation at 0.6kGy. Despite of no statistical

differentiation, LFW and firmness have inclined to show best results at 0.6kGy. Dose of 1.0kGy also showed best appearance fruits, with higher concentration of TSS, lower TRS hydrolysis, higher sucrose content, and decreased SP solubilization. Connected with 0.2kGy dose, irradiation at 0.6kGy presented best results for pH. Application of gamma irradiation was not show effect on searched variables as vitamin C and RS. Microbiological analysis confirmed that irradiation was efficient to control microbial density till 5 days of refrigerated storage, but after 9 days post-irradiation, it was observed increased values of total microorganism counts. It was not isolated *Escherichia coli* in any treatment, showing hygienic care during processing phase. The presence of microorganisms during experimentation probably occurred due to contamination into refrigerated chamber. Concerning to disease manifestation, it was possible to state that irradiated papaya cubs at 0.6kGy; 0.8kGy; and 1.0kGy provide two-days delaying in yeast apparition. Postharvest conservation of minimally processed papaya was 5 days to control, 0.2kGy and 0.4kGy groups, and 7 days to fruits irradiated at 0.6kGy, 0.8kGy and 1.0kGy. In accord to this experiment conditions, it is possible to conclude that gamma irradiation makes minimal processing stages easier and more agile, reducing handling time of fruit cubs. Due to morphology that provides adequate cubs to human consumption, the 'Formosa' papaya showed high potential to minimal processing, with appreciable visual and organoleptic characteristics.

Keywords: Gamma Irradiation ^{60}Co , Postharvest, Minimal Processing, 'Formosa' Papaya, Food Technology.

1 – INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como o terceiro maior produtor mundial de frutas, com 37 milhões de toneladas/ano, atrás da China e Índia. Porém, apenas 1% do que se colhe no Brasil vai para o mercado externo, cujo potencial comercial alcança anualmente 20 bilhões de dólares (cerca de 10% da produção mundial). Em 2003 as vendas externas de frutas frescas alcançaram 335,3 milhões de dólares, com aumento de 39% em comparação aos 241 milhões de dólares de 2002. Neste ano de 2004, elas devem crescer em torno de 15%, chegando a 375 milhões de dólares. Com isso, torna-se cada vez mais factível a meta de se elevar a um bilhão de dólares as exportações nacionais de frutas frescas até o final desta década (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2004). O setor está confiante em manter o incremento no comércio externo, apesar de algumas dificuldades. O que prejudica excessivamente as exportações são as exigências fitossanitárias inadequadas à realidade da cultura (como os limites máximos de

resíduos estabelecidos para o mamão na União Européia), a logística, porque ainda não se domina perfeitamente a tecnologia pós-colheita para embarques marítimos com segurança, enquanto a oferta de espaço aéreo e a estrutura dos aeroportos brasileiros são insuficientes, aumentando custos e possibilitando a ocorrência de contaminação pela mosca-das-frutas, e a falta de padronização e controle de qualidade dos produtos. A falta de tecnologia durante todo o processo de produção e principalmente durante a colheita e pós-colheita também é um entrave, pois gera grandes perdas. Devido a esses fatores, mercados lucrativos são perdidos, como é o caso do Japão, que suspendeu as exportações de mamão por receio da disseminação da mosca-das-frutas.

Portanto, há necessidade de controle químico e fitossanitário, legislações e organização de normas de classificações, embalagens adequadas para vários produtos e exigência do cumprimento das normas estabelecidas. Com a implantação do PIF (Produção Integrada de Frutas) e o trabalho da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (Ceagesp) visando a padronização dos produtos hortícolas, este fato está tornando-se realidade e grande avanço está sendo atingido neste setor. A PIF não permite apenas produzir frutos com sabor, textura e tamanho exigido pelo mercado, mas também estabelece o emprego de normas de sustentabilidade ambiental, de segurança alimentar e de viabilidade econômica, possuindo um caráter socialmente justo mediante o uso de tecnologias não-agressivas ao meio ambiente e ao ser humano. Desde que foi implantada, a PIF permitiu uma redução de 63% no uso de agroquímicos nos pomares brasileiros de manga, 50% nos pomares de mamão, 32% nos pomares de uva e de 30% nos pomares de maçã (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2004).

Algumas empresas como a Caliman Agrícola S/A, que tem um alto nível tecnológico e padrão de qualidade durante toda a fase de produção até o destino do mamão ao país comprador, conseguem manter as exportações com os Estados Unidos (EUA) e Europa. Consequentemente, novos mercados têm sido abertos, como é o caso do Canadá, que está importando o mamão 'Formosa' brasileiro, fruto que alcançou grande aceitabilidade por parte dos consumidores daquele país. Isto ocorreu, além da divulgação realizada sobre as características organolépticas do fruto, devido ao trabalho de controle e monitoramento de pragas desde o plantio até o transporte, o que poderá levar à duplicação, em dois anos, das exportações do estado capixaba para o EUA (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2004).

Para se ter noção do mercado que envolve a comercialização de mamão, a Europa importa cerca de 12 mil toneladas por ano, e os Estados Unidos mais de 30 mil toneladas (Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira, 2000).

O grande interesse por esse fruto é devido às suas características de qualidade, já que o mesmo possui altos teores de vitaminas e sólidos solúveis, sendo muito palatável e com sabor e textura que conquistam os consumidores, principalmente as crianças e os mais idosos. Pode-se constatar que alguns inconvenientes do consumo do mamão 'Formosa' se devam ao seu grande tamanho. Muitas vezes o seu acondicionamento *in natura* revela-se um transtorno nas geladeiras, embalagens e fruteiras. Outro aspecto interessante é que por ser um fruto grande, na maioria das vezes acaba sendo desperdiçado, não sendo consumido por indivíduos que moram sozinhos.

Em vista do pouco tempo existente na rotina diária atualmente, nossa sociedade vem enfrentando muitas mudanças, inclusive na área alimentar. O consumidor está cada vez mais exigente com relação à dieta, procurando alimentos de fácil acesso, preparo e consumo, com qualidade, sem perdas nutricionais e sobretudo com controle higiênico. Conscientes dessa nova era em que vivemos, empresas, universidades e muitos outros órgãos vêm desenvolvendo pesquisas e lançando produtos revolucionários no mercado, com o objetivo de facilitar o cotidiano da população. Novas tecnologias vêm despontando com essa finalidade, como é o caso do processamento mínimo e da irradiação, em que ambos fornecem opção à população de obter alimentos higiênicos e naturais que se adaptam perfeitamente ao contexto em que vivemos.

Durante o processamento mínimo, os vegetais são submetidos a várias etapas que visam aumentar a qualidade e segurança destes produtos. Uma etapa de fundamental importância para reduzir a carga microbiana é a centrifugação. Entretanto, devido à fragilidade dos tecidos dos frutos, estes não podem ser centrifugados. De forma alternativa à centrifugação tem-se a secagem natural, o que torna inviável para empresas de fluxo contínuo devido à lentidão do processo. Processamentos demorados desdobram-se em metabolismo acelerado e perdas nutricionais e qualitativas, dentre outros malefícios. É sabido que o tempo máximo recomendado para a realização do fluxograma do processamento mínimo não deve exceder 30 minutos.

Em vista das dificuldades encontradas no processamento de frutas, a irradiação gama desponta como uma alternativa viável, por ser um processo rápido e a seco. Outras vantagens da irradiação são não deixar resíduos e não modificar as características do produto fresco, regras bem claras do processamento mínimo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos agilizar as etapas do processamento mínimo, facilitar o cotidiano das pessoas por meio de produto de fácil consumo, reduzir a flora microbiana, estender o período de vida útil e manter as características de qualidades do mamão ‘Formosa’, por meio do processamento mínimo e pelo uso de diferentes doses de irradiação, armazenados sob refrigeração.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é oriundo da América do Sul, se disseminou por todo o mundo tropical, sendo cultivado até 30°-32° de latitude norte ou sul. O mamoeiro pertence à divisão Embryophyta Siphonogama, subdivisão Angiospermae, classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamydeae, ordem Violales, subordem Caricineae e família Caricaceae (Lawrence, 1971). Os frutos do mamoeiro possuem várias utilidades, podendo ser industrializados para a fabricação de polpas, biscoitos, sorvetes, doces e sucos, além de servirem como fonte de papaína e carpaína. Entretanto, são principalmente consumidos *in natura*. Sua importância se dá também devido às suas agradáveis características organolépticas e por se constituir em boa fonte de cálcio, provitamina A e ácido ascórbico (Medina, 1995).

A cultura do mamoeiro tem sido caracterizada como migratória a partir da década de 1970 em função do ‘Mosaico do Mamoeiro’, que é a principal doença desta espécie sob condições brasileiras (Ruggiero, 1988).

Em 1966 existiam em São Paulo cerca de 3.500 hectares (ha) plantados com mamoeiro, 70% dos quais na região Araraquarense, resultando numa produção de aproximadamente 63.000 toneladas (ton) de frutos do tipo comum, cujas sementes eram obtidas dos próprios produtores, não havendo, portanto, padronização comercial de frutos (Simão, 1971).

Em 1967 os produtores tiveram suas lavouras arrasadas pelo ‘Vírus do Mosaico’, que continua sendo a maior preocupação para esta cultura. Devido a esta calamidade o estado de São Paulo passou de grande produtor de mamão para grande importador, tanto do grupo ‘Formosa’ como também do grupo ‘Solo’. Esta cultura sobressaiu-se economicamente após 1977, com a introdução dos cultivares havaianos do grupo ‘Solo’ e de híbridos do grupo ‘Formosa’ (Ruggiero, 1988).

De acordo com dados fornecidos pelo Agrianual (2001), o estado da Bahia nesta época teve uma produção de 367.562ton em uma área de 25.965ha. O estado do Espírito Santo colheu 197.840ton em uma área de 5.567ha.

No decorrer dos anos houve aumento na produção do mamão. A Bahia (com destaque para o extremo sul), lidera a produção com 783.000ton e 16.930ha cultivados. Em seguida vem o Espírito Santo, com 585.358ton em 9.165ha. Já este estado desponta na exportação, com 27.479.477 quilos em 2003 (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2004).

A produção nacional em 1999 foi da ordem de 1.402.142ton numa área colhida de 38.890ha. Em 2000 a produção foi de 1.439.712ton numa área colhida de 40.202ha. Já em 2001, a área cultivada com mamão diminuiu para 35.299ha, porém sua produção mostrou um aumento de 10,34% (Agrianual, 2004). O Brasil exportou, no ano de 2000, 11.745ton ao mercado europeu (Alemanha, Bélgica, Espanha, França, Inglaterra, Itália e Portugal), além das exportações para os Estados Unidos (Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira, 2001). Em 2003, as vendas para o exterior aumentaram 38% em relação ao ano anterior, com volume embarcado de 39.492.386 quilos (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2004). A produção brasileira de mamão em 2003, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), atingiu 1.597.696ton em 35.911ha, resultando em valores um pouco superiores aos

registrados para o ano de 2002, quando esses números foram de 1.489.324ton e 35.596ha (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2004).

Os frutos do grupo ‘Formosa’ são adquiridos principalmente do estado da Bahia, alcançando anualmente cerca de 60% a 75% do volume total comercializado no Entrepasto Terminal da Ceagesp. Em seguida vem o Espírito Santo, que fornece anualmente de 20% a 25% desse total. Os demais são oriundos de outros estados, como Minas Gerais, Pará e Paraná. Certas regiões de São Paulo, como Fernandópolis, Serra de Jaboticabal, Baixada do Ribeira, Campinas, Nova Alta Paulista, Região Araquarense, Cantagalo e Divisor Turvo Grande, ainda são as que mais contribuem para a participação do estado na comercialização interna, (Marin et al., 1995).

O mamão ‘Sunrise Solo’ lidera o mercado interno e externo, enquanto o volume comercializado deste fruto na Ceagesp em 2003 foi de 50.618ton e o preço médio por quilo de R\$0,82 (US\$2,37). Já o volume comercializado do mamão ‘Formosa’ foi de 24.079ton, assumindo um valor médio de R\$0,51 (US\$1,50), de acordo com o Agrianual (2004). Este fato se deve, entre outros motivos, ao mamão ‘Formosa’ apresentar falta de uniformidade de maturação, ser muito grande e de difícil consumo comparado ao ‘Solo’, e por não se enquadrar dentro das exigências impostas pelos exportadores. Com relação ao mercado externo no ano de 2001, o Brasil conseguiu reverter essa situação e passou a exportar o mamão ‘Formosa’ para o Canadá (Caliman Agrícola, 2003).

As cultivares do grupo ‘Formosa’ são na verdade híbridos provenientes do cruzamento entre o ‘Sunrise Solo’ e outro progenitor de cultivares oriundas da Costa Rica, Tailândia e Filipinas. Mamões híbridos ‘Tainung 01’ e ‘Tainung 02’ de polpa vermelha firme e ‘Tainung 03’ de polpa amarela de consistência mediana, têm sido importados. O peso médio dos frutos varia de 900 a 1.200g, 1.000 a 1.100g e 1.200 a 1.300g, respectivamente, e a produtividade média entre 50 e 60 toneladas por hectare (ton/ha), como afirmaram Luna (1986) e Marin et al. (1995). O mercado brasileiro tem dado preferência para os dois primeiros híbridos, em função da cor vermelha da polpa. Os frutos das cultivares do grupo ‘Formosa’ saem da lavoura e chegam aos consumidores com preços variando de 30% a 50% inferiores aos praticados para as cultivares do grupo ‘Solo’. Contudo, a alta produtividade, a resistência ao transporte e a boa qualidade de polpa, aliadas ao menor preço, fazem com que cultivares do grupo ‘Formosa’ também tenham espaço dentre aquelas destinadas ao mercado interno. Dessa forma, o

desenvolvimento de novas cultivares desse grupo, adaptadas as condições edafoclimáticas das regiões produtoras e a padronização de tratamentos pós-colheita, certamente virão beneficiar toda a cadeia agrícola, desde o produtor ao consumidor, reduzindo a dependência de sementes importadas (Giacometti e Ferreira, 1988).

Devido ao custo elevado das sementes, alguns produtores têm retirado as mesmas de frutos colhidos em pomares comerciais, o que vem acarretado desuniformidade tanto das plantas como do produto colhido, em consequência de segregação genética (Marin et al., 1986). Além disso, a produtividade é reduzida pela perda de vigor das plantas. Todos esses entraves tendem a gerar prejuízo ao produtor, principalmente pela falta de padronização, o que resulta em menor cotação no mercado (Marin et al., 1986).

Em 2003, a Caliman Agrícola e a Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), situada em Campos dos Goytacazes do Rio de Janeiro, desenvolveram em pesquisas conjuntas, um híbrido derivado do cruzamento entre o mamão ‘Solo’ e o ‘Formosa’. O novo mamão recebeu o nome de híbrido ‘UENF/Caliman 01’ – UC01. Ao final dos trabalhos, a pesquisa encontrou um fruto intermediário entre o mamão ‘Solo’ e o ‘Formosa’, obtendo assim grande aceitação no mercado externo (Caliman Agrícola, 2003). Contudo ainda existe uma carência muito grande de pesquisas e divulgação sobre a qualidade do mamão ‘Formosa’, que se mantém em segundo plano há décadas.

2.1 - Colheita do Mamão ‘Formosa’

A colheita dos híbridos de mamão do grupo ‘Formosa’ inicia-se entre nove a dez meses após o transplântio das mudas. Os frutos são transportados até a casa de embalagem em carretas, acondicionados em caixas forradas com plásticos (quando o destino é a exportação) ou apenas acondicionados nas carretas (para o consumo interno), como citado por Manica (1982).

Com o intuito de minimizar as perdas, recomenda-se a colheita dos frutos verdes, mas fisiologicamente maduros, com no máximo duas listras amarelas. Os estágios de maturação em que os frutos são colhidos vão depender do mercado para o qual serão enviados. Esses estágios são definidos pelo número de pintas ou estrias apresentadas pelos frutos (Bleinroth, 1980;

Bleinroth, 1988). Os frutos colhidos nos estágios 1 e 2 destinam-se aos mercados distantes, enquanto que no estágio 3 (três pintas ou estrias), destinam-se ao mercado circunvizinho à região produtora. Deve-se evitar a exposição direta ao sol e o superaquecimento dos frutos no interior da carga. O mamão colhido no estágio adequado e convenientemente acondicionado pode suportar o transporte rodoviário tradicional por até 96 horas (Bleinroth, 1980; Bleinroth, 1988). Para o mercado de frutos minimamente processados (MP), o estágio de maturação difere do anterior. Paull e Chen (1997) estudaram o efeito do ponto de maturação e do processamento na fisiologia dos produtos minimamente processados e verificaram que frutos com 55% a 80% da casca amarela apresentaram os melhores resultados para a produção do mamão em metades. A casca do mamão deve apresentar 60% a 75% de coloração amarela, segundo Durigan (2000). De acordo com Miranda (2001), frutos com 55% a 80% de casca amarela foram considerados com o melhor estágio para utilização no processamento mínimo. Já que essa técnica de processamento mínimo expõe a polpa dos frutos, torna-se necessário trabalhar com os mesmos em estágios mais avançados de maturação, os quais possuem atributos visuais mais convidativos ao consumo como: coloração mais intensa, brilho, *flavor* e maciez, dentre outros. Vale ressaltar que a cadeia de frio não deve estar presente somente durante o transporte, mais sim no decorrer de todo o processamento mínimo, estendendo-se até a comercialização, sendo este um ponto crucial para a qualidade dos mesmos (Chitarra, 1999).

2.2 - Modificações com o Amadurecimento

De acordo com Crookes e Grierson (1983), o amadurecimento é um fenômeno de senescência, durante o qual existe aumento na permeabilidade das membranas celulares, conduzindo à perda de compartimentalização que regula a atividade de enzimas envolvidas no amadurecimento.

Durante o amadurecimento dos frutos muitas transformações na sua composição ocorrem, como mudanças na cor, peso, textura, perda da acidez, hidrólise do amido, aumento dos sólidos solúveis totais e solubilização péctica (Awad, 1993). Essas mudanças refletem na

aparência e ‘*flavor*’ dos frutos, podendo ocorrer mais lentamente se controladas por meio de técnicas pós-colheita.

O mamão é um fruto muito perecível, contudo muito consumido, devido às suas agradáveis características organolépticas e por se constituir em boa fonte de cálcio, provitamina A e ácido ascórbico (Medina, 1995).

O nível de ácidos orgânicos no mamão é notavelmente baixo, sendo que o pH da polpa varia em torno de 4,5 a 6,0 (Banwart, 1989). Sua acidez titulável total (ATT) varia de 0,05% a 0,18%. Também são destaques na composição química do mamão os seguintes metabólitos: sólidos solúveis totais (SST), de 7,00% a 13,50%; açúcares totais (AT), de 5,60% a 12,00%; açúcares redutores (AR), de 5,40% a 11,00%; pectina, de 0,50% a 1,50%; vitamina C, de 0,40 a 90,00mg por 100g de polpa; e vitamina A, de 0,12 a 11,0mg por 100g de polpa, como citado por Matsuura e Folegatti (1999).

Na cor ocorre degradação da clorofila, surgindo carotenóides que estavam mascarados pela clorofila ou foram sintetizados com o amadurecimento (Chitarra e Chitarra, 1990). Com o aparecimento de beta-caroteno (um carotenóide), ocorre o aumento de vitamina A, que é importante na dieta humana, fornecendo em torno de 3.000UI/g por polpa (Kays, 1991).

A cor salmão da polpa indica um considerável nível de caroteno, como o licopeno, o qual está ausente em variedades de polpa amarela. O desenvolvimento da cor amarela inicia na placenta e espalha-se em direção à epiderme (Pádua, 1986).

Para cada 100g de polpa de mamão, podem ser encontradas outras vitaminas de importância, como: tiamina, 0,025-0,030mg; riboflavina, 0,029-0,038mg; e niacina, 0,238-0,399mg (Pádua, 1986).

Após a mudança de cor, o amolecimento do fruto é a transformação mais característica que acontece durante sua maturação. É de grande relevância para o setor econômico por comprometer a qualidade do fruto, resistência ao transporte, conservação e resistência ao ataque de microrganismos.

As mudanças na textura do mamão são causadas pela progressiva transformação da protopectina (forma menos solúvel) em pectinas ou ácido péctico (Chitarra e Chitarra, 1990).

Em pesquisa conduzida com mamão irradiado realizada por D’Innocenzo (1996), verificou-se que a textura dos frutos do grupo controle apresentou redução na força necessária para o rompimento da polpa dois dias antes que os frutos tratados por irradiação a 0,5kGy. De

certa forma, confirmou-se que a irradiação exerceu efeito na textura. Pimentel (2001) também verificou notas mais altas para textura no teste organoléptico com frutos irradiados, confirmando os resultados da análise física para textura que também foram superiores nos frutos submetidos a este tratamento. Thomas (1986) e Pimentel (2001) afirmaram que a irradiação retarda o amadurecimento. Esse retardo possivelmente foi devido à irradiação, que atuou na ACC sintetase, bloqueando a passagem da metionina S-Adenosil (SAM) para ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC). Este bloqueio atrasa a produção do etileno, estendendo assim a vida útil do fruto. Zhao et al. (1996) pesquisaram o efeito da irradiação em mamão cv. 'Sunset' armazenado a 23°C e 75% de umidade relativa (UR). Estes autores verificaram que a textura dos frutos irradiados foi mantida por dois dias a mais do que os frutos não-irradiados, porém doses de 1,5kGy provocaram amaciamento nos frutos.

Segundo Chitarra e Chitarra (1990), a perda de água afeta adversamente não somente o peso, mas também a aparência, o '*flavor*' e a textura dos produtos vegetais. Estes pesquisadores verificaram que logo após a colheita ocorre perda de massa fresca nos frutos, sendo que perdas da ordem de 3% a 6% são suficientes para causar grande declínio na qualidade; contudo, alguns produtos ainda podem ser comercializados com 10% de perda de umidade. O principal fator pela perda de massa fresca dos frutos é a transpiração, estando diretamente associada com a respiração (Chitarra e Chitarra, 1990).

Os produtos minimamente processados são mais suscetíveis à perda de massa fresca que frutos *in natura*, devendo-se este fato à ausência da casca protetora. Sem a casca, os tecidos dos frutos ficam mais vulneráveis à contaminação e com metabolismo acelerado. Estas alterações causadas nos tecidos elevam a transpiração, provocando perdas na textura, na aparência (como murchamento e enrugamento), no frescor e na qualidade nutricional (Kader, 2002). O rompimento celular, produzido durante as operações de corte do MP, agrava a perda de umidade e acelera as mudanças na qualidade (Wiley, 1994). Dessa maneira, para se conseguir frutos de boa qualidade e maior conservação, é necessário inibir o metabolismo respiratório, retardar a ocorrência do climatério e também evitar a perda de água, sendo a manutenção de temperatura baixa e de UR alta durante o armazenamento um dos meios mais eficazes de controlar esta perda, porém tentando-se evitar a multiplicação de microrganismos em função da alta umidade (Awad, 1993).

Em pesquisa com goiaba irradiada em diferentes doses, após 21 dias de conservação, Frateschi (1999) concluiu que a menor perda de massa foi observado nos frutos tratados com a dose de 0,3kGy. Em contraposição, Pimentel (2001) não verificou efeito desta técnica sobre os parâmetros perda de massa fresca e aparecimento de doenças.

A aparência, como mencionaram Chitarra e Chitarra (1990), é um dos atributos de qualidade mais importantes na determinação do valor de comercialização do produto. Bleinroth (1995) verificou que a irradiação de mamão com 0,5kGy e 0,8kGy, além de manter a textura sem que ocorram perdas do aroma e do sabor, também fornece frutos de coloração uniforme quando amadurecidos. Testes sensoriais (aparência) e organolépticos (aceitação) foram realizados por Pimentel (2001) com mamões em três pontos de maturação (mat 0, mat 1 e mat 2) submetidos à irradiação com 0,75kGy e grupo Controle em quatro diferentes períodos de conservação. Observou-se que o fruto no ponto de maturação 0 e não-irradiado recebeu as piores notas para aparência, devido ao surgimento de podridões. Para o atributo aceitabilidade, a maior conceituação foi para os mamões irradiados e colhidos com grau de maturação mais elevado. Com relação à doçura, não houve diferença entre os frutos irradiados e Controle.

Chitarra e Chitarra (1990) relataram que os componentes responsáveis pelo aroma e sabor do fruto são modificados devido à síntese de compostos voláteis típicos e mudanças no balanço entre os constituintes doces e ácidos. A concentração de ácidos orgânicos declina geralmente durante a maturação, devido à utilização como fonte de energia durante a respiração ou como fonte de carbono para a síntese de açúcares. Segundo Awad (1993), os ácidos cítrico e málico são encontrados em maior quantidade nas frutas tropicais, sendo que para o mamão, o ácido orgânico predominante é o cítrico, sendo que o seu teor diminui com a maturação. Durante o amadurecimento do mamão a uma temperatura de 24°C, a acidez aumenta e depois, com o fruto maduro, diminui (Arriola et al., 1975). No caso do mamão, o conteúdo de açúcar é maior que o de ácidos, sendo predominante o sabor doce.

Uma das mais importantes alterações que ocorre durante a fase de maturação é o drástico aumento em seus conteúdos de açúcares (Santana et al., 2004), acentuando ligeiramente com o início do amadurecimento (Pádua, 1986). Gomez et al. (1999) relataram que durante o amadurecimento, o adoçamento do mamão pode ser originado pelo acúmulo de sacarose proveniente da fotossíntese, já que o mamão não possui quantidades significativas de amido que possam ser convertidas em açúcares nesta fase. Após o início do amadurecimento,

a sacarose é o principal açúcar, compreendendo cerca de 48,3%; em seguida encontram-se a glicose (29%) e a frutose (21%), como citado por Pádua (1986). Com o início da senescência e alta atividade da invertase, este perfil se altera, com queda na concentração de sacarose e aumento nos teores de glicose e frutose, indicando que a sacarose é hidrolisada para açúcares simples (Chan Jr. et al., 1979).

Foi observado que nos frutos mantidos à temperatura ambiente, que os açúcares totais, a sacarose e os açúcares redutores apresentaram oscilações durante o período de maturação. No início, verificaram redução durante a fase pré-climatérica com seguidos acréscimos durante a fase de ascensão climatérica; em seguida, ocorreu diminuição nas fases pós-climatérica e senescência (Honório e Rocha, 1988). Segundo Chitarra e Chitarra (1990), geralmente o conteúdo de açúcares nos frutos é composto de 65% a 85% do teor de sólidos solúveis. Akamine e Goo (1971) descreveram que o teor de sólidos solúveis totais tem grande importância na formação do sabor do mamão e que se obtém seu valor máximo após o amadurecimento quando colhidos com 33% da casca amarelada. Os frutos colhidos antes deste estágio, apesar de possuírem um aumento nos sólidos solúveis, não atingem o total obtido com a coloração de 33%. Já o conteúdo de sólidos solúveis sofre declínio com mais de 80% da casca amarela, devido ao processo respiratório.

De acordo com Bleinroth e Sigrist (1989), os mamões não devem ser colhidos com menos de 11,55% de sólidos solúveis totais na polpa. Honório e Rocha (1988) relataram que os valores de sólidos solúveis totais durante o amadurecimento podem alcançar valores de até 14% a 15%, e que este parâmetro interfere no valor comercial do fruto fresco e dos produtos industrializados. Estes autores também apontaram, para frutos de mamão maduro cv. 'Solo', acidez total entre 0,040 e 0,066 de ácido cítrico/100g. Arriola et al. (1975) trabalhando com mamão a 24°C, constataram que a acidez titulável total aumentava e decrescia à medida que o fruto avançava no processo de senescência. Pesquisas conduzidas por Draetta et al. (1975) também descreveram incremento da acidez para mamão, com uma diminuição gradativa do pH. Os autores explicam que este acréscimo é devido à formação do ácido galacturônico, em decorrência da hidrólise da pectina, pela pectina metilesterase. Os mesmos autores fizeram determinações diárias da parte superior e inferior da polpa de mamão variedade 'Comum' armazenados à temperatura de 25°C. Após 72 horas obtiveram os seguintes resultados para a região próxima ao pedúnculo: pH de 5,2; sólidos solúveis totais de 8,0°Brix; acidez titulável

total de 0,5g ácido cítrico/100g); e ácido ascórbico de 60mg/100g. Na parte de baixo dos frutos foram encontrados valores de pH de 5,0; sólidos solúveis totais de 9,0°Brix; acidez titulável total de 0,18g ácido cítrico/100g; e ácido ascórbico de 50,0mg/100g.

Bicalho (1998) desenvolveu experimento com mamão cv. 'Sunrise Solo' Line 72/12 tratados com cálcio e filme de PVC, estocados a 10°C. Após 35 dias de avaliações, encontrou para frutos do grupo Controle e com cálcio, respectivamente, valores para: pH, 5,18 e 6,13; acidez titulável total, 0,98% e 0,91% de ácido cítrico no suco; sólidos solúveis totais, 13,53% e 12,83%; ácido ascórbico, 103,59 e 115,82mg/100g; pectinametilesterase, 9,11 e 7,13 U/min/g de tecido; e poligalacturonase, 297,82 e 313,82 U/min/g de tecido.

Santana et al. (2004) estudaram 12 genótipos de mamão com coloração da casca 100% amarela, pelo período de dois anos. Estes pesquisadores verificaram para o primeiro e o segundo anos respectivamente, os seguintes valores: pH, variando na faixa de 5,19 a 5,59 e 4,91 a 5,89); acidez titulável total, em torno de 0,04 a 0,13g ácido cítrico/100g amostra e 0,07 a 0,16g ácido cítrico/100g amostra); sólidos solúveis totais, entre 9,0 a 14,0°Brix e 9,9 a 14,0°Brix); e ácido ascórbico, variando entre 52,8 a 142,6 mg/100g amostra. e 42,5 a 93,0mg/100g amostra.

A vitamina C é largamente encontrada nos frutos e vegetais e recebe o nome de ácido ascórbico (forma reduzida), sendo o ácido L-ascórbico a sua forma principal e biologicamente ativa (Braverman, 1967). As oscilações do nível de ácido ascórbico não apresentam regularidade e normalmente o teor deste ácido nas frutas e hortaliças durante o amadurecimento decresce (Cheftel e Cheftel, 1992). No mamão o nível de ácido ascórbico aumenta gradualmente durante o amadurecimento, alcançando valor máximo de 55mg/100g. No fruto imaturo, o teor é de 42mg/100g. Com isso, 100g de mamão são suficientes para suprir a necessidade diária de uma pessoa com vitamina C (Arriola et al. 1975).

Os teores de ácido ascórbico para mamão 'Comum' e 'Solo', segundo De Martins et al. (1977) e Soler et al. (1985), situam-se entre 63,0 e 83,3mg/100g, respectivamente.

De acordo com Hilker e Young (1966), em mamão 'Solo' tratado por irradiação, as mudanças na vitamina C não foram significativas em qualquer estágio de amadurecimento até a dose de 1,0kGy. Já Yasir (1990) afirmou que a irradiação inibiu a síntese de vitamina C, mas não afetou o que já estava presente nos tecidos.

Compondo também as características químicas do mamão, têm-se as pectinas e as enzimas, que desempenham papel importante no amadurecimento dos frutos. As substâncias pécticas encontram-se na parede celular e na lamela média, assegurando a coesão entre as células. O conhecimento do comportamento destes componentes durante o amadurecimento é útil, uma vez que estão envolvidos diretamente no processo de amaciamento dos frutos (Chitarra e Chitarra, 1990). Conforme o fruto amadurece, ocorre a descompartmentalização da parede celular e há aumento na solubilização das substâncias pécticas. Awad (1993) citou que neste processo há interferência de duas enzimas: a poligalacturonase (PG, EC 3.2.1.15) e a pectina metilesterase (PME, EC 3.1.1.11). A PG é a principal enzima responsável pela modificação da textura dos frutos. Ela catalisa a hidrólise das ligações glicosídicas na protopectina (Pressey e Avants, 1982). A pectina metilesterase é a enzima que cataliza a hidrólise de metil ésteres na pectina; além disso, a PME pode, isoladamente, contribuir para o amolecimento de certos frutos (Awad, 1993).

Pressey e Avants (1982) sugeriram que a atividade da PG está diretamente relacionada ao grau de esterificação da pectina, promovido pela atuação da PME. A pectina metilesterase possui fundamental importância atuando na extensão em que a pectina estará acessível à degradação pela PG. Paull et al. (1999) verificaram que apesar da deesterificação da PME diminuir durante o amadurecimento do 'Papaya', os dados sugerem que os níveis de PME não acompanham o amolecimento do minimamente processado quando comparados aos frutos *in natura*. Em mamão, a atividade da PME se eleva com o amadurecimento e é acompanhada por um aumento na atividade da PG e redução da firmeza da polpa (Paull e Chen, 1983). Awad (1993) relatou que a atividade da PME pode aumentar, diminuir ou permanecer constante durante a maturação, dependendo do tipo de fruto. Em estudos dirigidos por Paull et al. (1999), a PG aumentou significativamente em mamão pré-cortado. Karakurt e Huber (2003) estudaram a atividade de diversas hidrolases em mamão minimamente processados e *in natura*, armazenados a 5°C durante oito dias. Verificaram que 24 horas após o fatiamento, a atividade das enzimas aumentou consideravelmente. Isto foi provocado pelas injúrias causadas nos tecidos durante o processamento. Segundo os pesquisadores, o aumento nas atividades das enzimas e a senescência acelerada estão envolvidos com o rápido amolecimento e deterioração dos tecido do MP.

A maioria das alterações indesejáveis na textura de um fruto, citaram O'Connor-Shaw et al. (1994), são causadas por enzimas beta-galactosidase e exopoligalacturonase, que solubilizam a pectina nas paredes celulares. Segundo Chitarra (1999), as enzimas que têm importância especial no processamento mínimo de frutos e hortaliças são as polifenoloxidasas (PPO), peroxidases (PDO) e lipoxigenases, associadas com modificações no *flavor* e na coloração. Também a pectina metilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG) atuam na modificação da textura, provocando o amaciamento dos tecidos.

D'Innocenzo (1996) descreveu o comportamento de quatro enzimas da parede celular de mamões irradiados com 0,5kGy e as modificações ocorridas na textura da polpa dos frutos durante o amadurecimento. Foi observado que a atividade para todas as enzimas analisadas (pectina metilesterase, poligalacturonase, beta-galactosidase e celulase) aumentou durante o amadurecimento, estando relacionadas ao amaciamento da polpa. As três primeiras enzimas foram afetadas pelo tratamento de irradiação, enquanto que a celulase foi semelhante para os dois tratamentos.

Muitas pesquisas têm sido realizadas sobre as transformações durante o amadurecimento, envolvendo principalmente enzimas e irradiação. Contudo, há necessidade de um estudo mais complexo para elucidar a ação da irradiação no retardo do amadurecimento. D'Innocenzo (1996) também sugeriu um estudo do comportamento dos compostos da parede celular integrado ao estudo destas enzimas, no intuito de esclarecer o papel da irradiação no amadurecimento do fruto.

2.3 - Processamento Mínimo

O processamento mínimo é um empreendimento econômico em franca expansão em médios e grandes centros urbanos, gerando maior consumo de frutas e hortaliças. No Brasil a utilização de produtos minimamente processados é recente, tendo sua produção iniciada na década de 1990 por algumas empresas atraídas pela nova tendência de mercado (Silva et al., 2001). Este mercado vem crescendo no mundo inteiro. Entre setembro/1998 e setembro/1999, os chamados produtos minimamente processados (MP) representaram um mercado nacional de aproximadamente US\$ 35 milhões, o que corresponde a 1% do mercado de frutas e

hortaliças do Brasil. Atualmente este mercado está avaliado em torno de seis bilhões de dólares, mas possui uma previsão de chegar a 20 bilhões de dólares em 2006 (Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical, 1999).

Muitos sinônimos são dados para o termo minimamente processado, incluindo levemente processado, parcialmente processado e ligeiramente processado (Cantwell, 1992).

Produtos MP podem ser definidos como frutas ou hortalças, ou combinação destas, que tenham sido fisicamente alteradas mas que permaneçam no estado fresco. O processamento mínimo de frutas se refere às operações que eliminam as partes não-comestíveis, tornando-as prontas para o consumo (Moretti et al., 2000). Um exemplo ocorre com o mamão 'Formosa' *in natura*, quando é oferecido sem casca e sementes, cortado em cubos ou em fatias e devidamente embalado, fazendo com que ocorra maior interesse por parte dos consumidores (Durigan, 2000). Outros exemplos também são mencionados pelo autor com relação à potencialidade das frutas prontas para o consumo, como o mamão cortado em cubos, a manga em fatias, o morango limpo e sem o pedúnculo, a melancia em pedaços, o melão em cubos ou em cilindros e os citros descascados ou em gomos. Durigan (2000) também cita o emprego dessas frutas prontas para coquetéis (como pêsego, pêra, abacaxi, maçã, uva, morango e limão), para tortas e bolos (como a maçã em fatias, o pêsego em metades, o morango em pedaços e a banana descascada em pedaços) e para o preparo de caldas (como a abóbora em pedaços e em fatias, a ameixa, a cereja, o pêsego em metades e o morango limpo), além da confecção de saladas de frutas (com misturas de pêsego, pêra, abacaxi, uva sem semente, cereja, banana, laranja, mamão e melão).

As atividades realizadas no processamento mínimo de frutas e hortalças são seleção e classificação da matéria-prima, pré-lavagem, processamento (corte, fatiamento), sanitização, enxágüe, centrifugação e embalagem, com a finalidade de obter um produto fresco, saudável e que, na maioria das vezes, não necessita de subsequente preparo para ser consumido (Moretti et al., 2000).

Enquanto a maioria das técnicas de processamento de alimentos estabiliza os produtos e prolongam sua vida útil, o processamento mínimo de frutas e hortalças acelera sua perecibilidade (Shewfelt, 1986). Devido a isso, além de maior controle da sanitização, é recomendável que outras técnicas sejam utilizadas adicionalmente, para que o período de conservação do produto seja ampliado (Watada et al., 1990; Wiley, 1997).

Estes alimentos são mais suscetíveis à contaminação microbiana, pois apresentam seus tecidos expostos, sem casca, muitas vezes esfoliados durante seu preparo, limitando assim sua vida de prateleira (Wiley, 1997). Além desse agravante, a composição microbiológica das frutas minimamente processadas é influenciada pela existência natural de uma microbiota endofítica habitante de vegetais, compostas principalmente por fungos (devido ao baixo pH e elevados teores de açúcares das frutas). Complementando estes fatores, a manipulação dos alimentos processados, além de contaminá-los com microrganismos deterioradores, pode também introduzir cepas patogênicas ao ser humano (Miranda, 2001). Tendo consciência dessa situação, há necessidade do emprego de técnicas que assegurem a sanidade destes produtos. Por se tratar de um alimento natural, não se pode lançar mão de substâncias que deixem resíduos ou que mudem a denominação de *produtos naturais*. Tendo em vista a preservação deste conceito, o emprego de algumas técnicas é limitado. Com isso a pesquisa vem buscando e estudando meios de preservação desses produtos que são tão perecíveis. O uso da irradiação proporciona aos alimentos estabilidade nutritiva, condições de sanidade e maior período de armazenamento, sem alterar as características de produto natural (Paull e Chen, 1997). Vários estudos têm sido realizados nessa linha de pesquisa, tanto para frutas e hortaliças quanto para bulbos, raízes e tubérculos, ocorrendo em maior escala para hortaliças que para frutas (Moretti et al., 2000).

O'Connor-Shaw et al. (1994) determinaram a vida de prateleira de mamão, melão 'Honeydew', kiwi, abacaxi e melão 'Cantalupe' minimamente processados. Estes pesquisadores concluíram que, à temperatura de 4°C, os produtos apresentaram maior vida útil que as frutas inteiras, e que a deterioração encontrada nos pedaços de frutos não foi consequência de crescimento microbiano e sim da ação enzimática.

Paull e Chen (1997) trabalharam com mamão da cultivar (cv.) 'Sunset' minimamente processado e em vários estágios de maturação. Estes pesquisadores verificaram que a respiração era acelerada nas primeiras horas após o corte. Depois de um dia, quando os minimamente eram colocados à temperatura de 4°C, a respiração se estabilizava independente do grau de maturação.

Estudando diversas hidrolases de membranas e parede celular de mamão intacto e minimamente processado, Karakurt e Huber (2003) verificaram que decorridas 24 horas do processamento, houve aumento superior para a atividade das enzimas PG e alfa/beta

galactosidases; o mesmo não ocorreu com a PME, que se manteve com atividade similar à dos frutos inteiros. Os mesmos autores constataram que a senescência precoce e o aumento nas atividades das hidrolases estavam envolvidos com o rápido amolecimento e deterioração dos tecidos dos frutos MP.

Carvalho e Lima (2000) estudaram as mudanças químicas e físico-químicas de frutos de mamão submetidos a três tipos de processamento mínimo: frutos fatiados longitudinalmente e mantidos com a casca e as sementes (FFCS); frutos fatiados longitudinalmente e mantidos com a casca e sem as sementes (FFSS) e frutos cortados em cubos sem casca e sem sementes (FC). Todos os frutos foram embalados em filmes rígidos de cloreto de polivinil (PVC) e analisados a cada dois dias, durante o período de dez dias. Os resultados desta pesquisa concluíram que o grupo FC mostrou-se com melhor aspecto, maior teor de SST, menor pH e ATT, e que o processamento mínimo em mamões é viável, possuindo grande potencial. Em nenhum dos tratamentos foi observado infecção aparente.

As modificações químicas e bioquímicas foram pesquisadas por Miranda et al. (2000) em mamão minimamente processado cv. 'Sunrise Solo' $\frac{3}{4}$ da casca verde. Os mamões da entressafra foram tratados com ácido ascórbico 5%, peróxido de hidrogênio 1% e cloreto de cálcio 2% e acondicionados a 10°C. Os autores observaram que para as variáveis pH, SST e ATT, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Com exceção do tratamento com ácido ascórbico, os demais tratamentos não sobressaíram quando comparados com o controle para o parâmetro vitamina C. Os pesquisadores constataram que a temperatura de 10°C não apresentou condições satisfatórias para o experimento com este mamão e que o tempo máximo de armazenamento foi de cinco dias.

Mões-Oliveira et al. (2000) afirmaram em sua pesquisa com mamão variedade 'Sunrise Solo' minimamente processado, que a lavagem com água clorada é muito utilizada. Contudo, muitas vezes deixa sabor residual no produto, podendo também reagir com algumas substâncias dos alimentos, formando compostos tóxicos. Os mesmos pesquisadores verificaram que os frutos de mamão MP da safra permaneceram aptos para o consumo até o sétimo dia de estocagem.

Algumas características físico-químicas e sensoriais, além do desenvolvimento de microrganismos, foram determinadas por Oliveira Jr. et al. (2000) em mamão 'Hawai' MP armazenados a 5°C e 10°C. Foi observado aumento na ATT e SST nos períodos de

armazenamento, porém a temperatura não influenciou estes parâmetros. A vitamina C apresentou queda até o 4º dia com posterior aumento, sendo que o pH diminuiu até o final do experimento nas duas temperaturas estudadas. A temperatura influenciou a coloração dos pedaços de mamão e o tempo alterou o sabor e a aparência. Também foi acusado o desenvolvimento de coliformes totais em níveis inaceitáveis a partir do 2º dia e de bolores e leveduras a partir do 6º dia de armazenamento

Teixeira et al. (2001) estudaram a possibilidade do uso de mamões do grupo 'Formosa' embalados em copos plásticos na produção de produtos minimamente processados, visando conhecer as reações deste fruto às operações de seu preparo. Estes pesquisadores estudaram dois tipos de corte (2,5 x 2,5cm e 2,5 x 5,0cm) e três temperaturas (3°C, 6°C e 9°C). De acordo com os resultados obtidos, os autores constataram que este fruto pode ser explorado de forma viável à temperatura de 3°C e 6°C durante um período de sete dias de análise.

Experimentos conduzidos por Miranda (2001) constataram que a aplicação de cloreto de cálcio, temperatura de 6°C e UR de 90% foram eficientes para manter a vida de prateleira do mamão MP da cultivar 'Improved Sunrise Solo' por oito dias. Já os tratamentos com ácido ascórbico 0,5% e peróxido de hidrogênio 1% reduziram este tempo para cinco dias.

Em estudos conduzidos com mamões 'Formosa' MP submetidos a dois tipos de cortes e três temperaturas de refrigeração (Sarzi, 2002), foi constatado que as maiores perdas de massa fresca (PMF) ocorreram à temperatura de 9°C em cortes no formato de cubos. Verificou-se também que a vida útil para produtos armazenados a 3°C e 6°C foi de 10 dias, enquanto que para os frutos mantidos a 9°C foi de sete dias. O mesmo autor também observou que, com o período de armazenamento, a ATT e a textura aumentaram nos cubos de mamão.

2.4 - Irradiação em Alimentos

As razões pelas quais a irradiação desperta os interesses de diversos países estão relacionadas com as grandes perdas de alimentos, que ocorrem constantemente como consequência da infestação, contaminação e decomposição. Também há crescente preocupação com respeito às doenças transmitidas pelos alimentos e o aumento do comércio internacional de produtos alimentícios, sujeitos às rígidas normas de exportação em matéria de

qualidade e de quarentena (Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiação de Alimentos, 1991).

A irradiação é uma tecnologia pós-colheita com a finalidade de estender a vida útil do produto ao máximo possível, sem causar com esse prolongamento o desenvolvimento de patógenos ou perdas nutricionais e qualitativas. O processo de irradiação consiste em submeter os produtos a uma quantidade minuciosamente controlada de radiação ionizante, por um tempo prefixado e com objetivos bem determinados (Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiação de Alimentos, 1991).

A irradiação é um tratamento pós-colheita que pode ser utilizado tanto para desinfestação quanto para o aumento da vida útil, oferecendo, desta forma, frutos de maior qualidade. A irradiação tem também a vantagem de penetrar uniformemente no tecido vegetal, atuando em qualquer etapa de desenvolvimento das larvas de moscas, como *Anastrepha* spp. (Thomas, 1986).

Bande (1990) relatou que os frutos e hortaliças corretamente irradiados não apresentaram qualquer toxidez, mantendo praticamente o mesmo valor nutritivo que as processadas por outros métodos. A irradiação diferencia-se beneficemente em alguns aspectos de outras tecnologias, principalmente por não deixar resíduos e não alterar a temperatura dos produtos tratados. Uma das grandes vantagens dessa tecnologia é proporcionar a opção de irradiar os produtos já embalados ou não, preservando assim a aparência dos mesmos por diminuir o manuseio (Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiação de Alimentos, 1991).

De acordo com O'Beirne (1989), no processo de irradiação de alimentos, apenas os raios entram em contato com o alimento, sem qualquer contaminação radioativa. A irradiação de frutos e hortaliças tem como principal interesse a redução ou retardo nos danos causados por doenças, atuando como fungicida ou inseticida (Chitarra e Chitarra, 1990). Os raios gamas são altamente penetrantes, obtidos principalmente do cobalto (Co^{60}), sendo este elemento muito eficiente e seguro por apresentar-se na forma metálica e não ser solúvel em água.

Para que a irradiação obtenha sucesso, é necessário adequar a dose aplicada a cada fruto, de modo a evitar reações indesejáveis, como amolecimento indiscriminado ou escurecimento da casca. Deve-se levar em consideração a cultivar, tamanho, e estágio de amadurecimento do fruto, uma vez que a eficácia do tratamento varia com estas características (Iaderoza et al., 1988).

Dentre os frutos estudados, o mamão parece ser o mais adequado à irradiação, pois apresenta poucos efeitos colaterais relacionados diretamente ao processamento (Gómez et al., 1999).

De acordo com Loaharanu (1994) e baseado no Comitê de Especialistas em Sanidade de Alimentos Irradiados da Organização Mundial da Saúde, a irradiação não promove efeito fisiológico e toxicológico em qualquer produto alimentício até uma dose média de 10 quilograys (kGy). Além disso, verificou-se que esta dose máxima não gera problemas carcinogênicos, nutricionais ou microbiológicos.

A irradiação em doses baixas (1,0kGy ou menos) tem sido sugerida como técnica de processamento mínimo para prolongar a vida útil de algumas frutas e hortaliças (Kader, 1986). Vegetais cortados, embalados e irradiados em doses de 1,0kGy exibiram atraso de vários dias em sua decomposição quando armazenados a 10°C (Urbein, 1986).

De acordo com Silva (1989), experiências com irradiação em manga e mamão ‘Papaya’ demonstraram que estas frutas podem ter sua vida útil prolongada por cerca de 35 dias, permanecendo isentas de quaisquer insetos.

Bleinroth (1995) relatou que doses de 0,5kGy a 0,8kGy aplicadas em mamões permitiram a manutenção da textura, sem ocorrer perda do aroma e do sabor, permitindo estender sua vida útil por uma semana.

Segundo Maxie et al. (1971), a mudança química mais significativa que ocorreu nos frutos irradiados é a quebra irreversível da celulose, hemicelulose e pectinas das paredes celulares. Estes pesquisadores citaram também que o amolecimento da casca e polpa do fruto aumenta a susceptibilidade de injúrias mecânicas a um ponto que seria inviável à irradiação. Já Yasir (1990), trabalhando com mamão ‘Solo’, verificou que o amolecimento do fruto e a solubilização de substâncias pécticas foi retardada pela irradiação nas doses de 0,75; 1,0 e 1,5kGy. Confirmando estes achados, Pimentel (2001) também afirmou que mamões irradiados apresentaram uma estabilidade de firmeza ao longo do período de conservação.

Vários autores em diferentes tipos de frutos têm trabalhado com irradiação, entre eles Vieites (1998), com tomates; Frateschi (1999), com goiaba branca; Giannoni et al. (1999), com lima ácida ‘Tahiti’, Giannoni e Vieites (1999), com Kinkan; Giannoni (2000), com goiaba branca; Calore (2000), com pêssago; e Lacerda (2000), com pepinos *in natura* e minimamente processados.

Analisando o efeito da irradiação sobre algumas propriedades nutricionais e bioquímicas do mamão Hilker e Young (1966) constataram que a irradiação na dose 1,0kGy não provoca alterações na vitamina C. Ao estudarem o efeito da irradiação gama nos alimentos habitualmente consumidos na região Sudeste do Rio de Janeiro e a disponibilidade das vitaminas, Lima et al. (2001b) verificaram que as modificações químicas são pequenas e não representam problemas nutricionais. Dentre os nutrientes, as vitaminas são as mais sensíveis à degradação pela irradiação. Kovacs et al. (1994) pesquisando as mudanças nos ácidos orgânicos em maçã irradiada nas doses de 0,5 a 5,0kGy, verificaram após 21 dias que os conteúdos de ácidos málico e ascórbico diminuíram com o aumento dos níveis de irradiação.

Em um estudo realizado por Kaneshiro et al. (2001) com diferentes doses de irradiação (utilizando o irradiador com fonte de Co^{60} do Instituto de Pesquisa em Energia Nuclear da Universidade de São Paulo - Ipen/USP) em abacates 'Breda', os pesquisadores concluíram que as doses mais altas (0,15; 0,20 e 0,25kGy) ocasionaram distúrbios fisiológicos nos frutos e manchas pretas na casca. Este fato também foi verificado por Frateschi (1999) nas doses mais altas de irradiação em goiabas 'Kumagai', utilizando os irradiadores Gammabem-650 com fonte de Co^{60} do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (Cena/USP), e por Giannoni (2000), utilizando o irradiador JS-7500 com fonte de Co^{60} da Empresa Brasileira de Irradiação (Embrarad/SP).

Oliveira Jr. et al. (2000) submetem mangas 'Haden' a doses de irradiação gama de 0,1; 0,3; 0,6; 0,8 e 1,0kGy na Companhia Brasileira de Esterilização (CBE), situada em Jarinú/SP. Estes pesquisadores verificaram que a dose mais efetiva foi de 0,6kGy, pois retardou o aparecimento de doenças, manteve a aparência e a textura, além de apresentar a menor PMF.

A respeito do comportamento das enzimas em mamão irradiado, D'Innocenzo (1996) verificou que a relação mais direta da PG, PME e da beta-galactosidase nas modificações da textura conduzem a uma suposição de que a modificação na estrutura da pectina (e não da celulose) estaria mais envolvida no amaciamento da polpa. O mesmo pesquisador ressalta que o tratamento com irradiação, além de ter mostrado eficiência no atraso do amadurecimento, pode ser apontado como técnica de estudo do comportamento de algumas enzimas que sofreram alteração direta sob sua ação.

De acordo com Tape (1996), Wiley (1997) e Santin (2000), a ionização com radiações gama associada a outras tecnologias, permite a preservação e a desinfecção de produtos minimamente processados já embalados.

2.5 - Refrigeração

A conservação de frutas minimamente processadas e refrigeradas é um processo especialmente complexo da qual participam as células vegetais danificadas, como também as células intactas. Logo, algumas células se encontram respirando em uma velocidade normal, enquanto as células danificadas respiram a uma velocidade maior e outras virtualmente apresentam-se mortas ou inativas (Rolle e Chism, 1987).

Na redução dos processos metabólicos em frutos, a refrigeração apresenta-se como o método mais eficaz, afetando a respiração e a biossíntese de etileno, além de reduzir a taxa de crescimento de microrganismos (Reyes e Paull, 1995). Outra tecnologia de sucesso para o controle microbiano que está sendo largamente usada é a embalagem. Ela proporciona possibilidade de estender a vida de armazenagem pós-colheita para os produtos minimamente processados, já que cria uma barreira (Kader, 2002). A embalagem fornece diversos tipos de proteção para o produto contra contaminação, secagem, oxidação, sendo que para produtos MP, torna-se inconcebível sua ausência, como lembra Lima (2004).

A temperatura utilizada para o armazenamento do mamão situa-se na faixa entre 9°C e 12°C; abaixo desses valores, os frutos podem manifestar as injúrias provocadas pelo frio. Para o mamão, essa injúria causa escaldadura na casca, áreas endurecidas ao redor dos feixes vasculares, presença de tecido com textura aquosa na polpa, atraso e desuniformidade no amadurecimento e aumento na suscetibilidade a outros patógenos de pós-colheita (Chen e Paull, 1986).

O mamão MP tem sua vida de prateleira grandemente reduzida quando comparada com o mamão inteiro, em parte devido às mudanças fisiológicas deteriorativas que ocorrem por ocasião do processamento. Para o armazenamento do mamão processado, há necessidade de temperaturas mais baixas (em torno de 4°C a 5°C), devido ao seu metabolismo ser mais intenso (O'Connor-Shaw et al., 1994; Paull e Chen, 1997).

De forma geral, as temperaturas ótimas recomendadas para os produtos minimamente processados oscilam entre 0°C e 4°C, com limite máximo de 7°C (Dignan, 1997).

O processamento mínimo de vegetais é um meio adequado para o crescimento de microrganismos. Esses produtos são sensíveis a vários microrganismos deteriorantes, como bactérias pectinolíticas, bactérias saprófitas Gram-negativas, bactérias do ácido láctico e leveduras. A contaminação dos minimamente processados ocorre em todo o estágio da cadeia de processamento. Temperaturas baixas, atmosfera modificada, desinfestação química e baixas doses de irradiação são bons métodos de controle para minimizar o crescimento de microrganismos deterioradores e patogênicos (The e Carlin, 1994). McGuire (1994) relatou que tratamentos alternativos, como irradiação gama e coberturas comestíveis contendo agente de controle biológico (como a levedura *Candida guilliermondii* ou similares), estão sendo utilizados para o controle de microrganismos.

Estes diferentes métodos combinados podem melhorar a conservação dos produtos minimamente processados e amenizar os efeitos causados pelas injúrias, reduzindo a aceleração do metabolismo, como afirmou Almeida (1998). O mesmo autor citou que o emprego de conservadores, a redução no pH e na atividade de água e o uso de irradiação são técnicas comprovadas para manter a qualidade dos MP.

Oliveira Jr. et al. (2000) estudaram duas temperaturas de conservação (5°C e 10°C) em mamão MP variedade 'Hawai'. Foi verificado que à temperatura de 10°C, houve o desenvolvimento de coliformes totais em níveis inaceitáveis a partir do 2º dia, e de bolores e leveduras a partir do 6º dia de armazenamento. Não foi detectado o desenvolvimento de *Enterobacter* spp., bolores e leveduras, *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* nas amostras. Considerando os resultados expressos pela análise microbiológica, concluiu-se que a temperatura de 5°C é mais adequada para armazenar mamão minimamente processado.

De acordo com Durigan (2000), a lavagem e a higienização do produto selecionado devem ser seguidas de resfriamento entre 5°C e 10°C. A operação de descasque e/ou de corte deve ser realizada preferencialmente sob refrigeração entre 10°C e 12°C. O processo de embalagem deve ser realizado à temperatura entre 2°C e 5°C, o armazenamento sob refrigeração entre 0°C e 5°C (90% a 95% UR) e o transporte e comercialização a baixas temperaturas (entre 0°C e 5°C).

2.6 - Microbiologia do Mamão

Os produtos minimamente processados assumem uma importância cada vez maior no contexto do consumo alimentar da sociedade atual, o que torna toda a cadeia de processamento e estocagem um desafio para o profissional que trabalha na área de ciência e tecnologia de alimentos.

Todos os vegetais possuem em sua superfície uma microbiota diversificada, porém mais ou menos específica, proveniente do ambiente (Mões-Oliveira, 2001). Os frutos, por fornecerem um ambiente propício aos microrganismos tolerantes à baixa acidez (como bactérias do ácido lático e fungos), sofrem rápida colonização após processamento mínimo (Jorge et al., 2001). O processamento mínimo, como lembrado por Miranda (2001), favorece a contaminação dos alimentos, principalmente em razão do manuseio e aumento de injúrias aos tecidos. Após o processamento, os frutos apresentam exposto o seu parênquima, o que facilita a colonização microbiana. A maior área superficial do produto MP garante rápida colonização, já que os sucos vegetais (basicamente carboidratos) fornecem farto substrato para o desenvolvimento da microbiota.

Mesmo sob controle total das diversas etapas envolvidas no processamento mínimo, torna-se impossível, sob condições não-experimentais, assegurar a esterilidade ou estabilidade do produto trabalhado, o que possibilita a maior colonização por parte da microbiota ambiental (Vanetti, 2004).

Determinadas medidas podem ser adotadas para minimizar a contaminação bacteriana, no intuito de reduzir a carga de microrganismos e dificultar a proliferação dos mesmos nos tecidos vegetais. Vanetti (2000) sugere o emprego das chamadas tecnologias de barreiras ou obstáculos, ou seja, a adoção de procedimentos que visem o estabelecimento de uma condição subletal de estresse para a microbiota, sem alteração substancial das características sensoriais do alimento. A medida inicial de controle visa obter frutos de excelente qualidade, evitando-se manipulação excessiva, especialmente no transporte. As injúrias provocadas pela colheita e posterior acondicionamento para transporte quebram barreiras naturais presentes na casca que, por sua vez, são responsáveis pela integridade do fruto. Este é o primeiro passo (e talvez um

dos mais relevantes) na colonização do parênquima por microrganismos diversos (Mões-Oliveira, 2001).

A utilização de sanitizantes e reguladores de crescimento microbiano (como o cloro diluído em água) pode não ser tão eficiente na tentativa de eliminar os microrganismos do fruto, pois apesar do ataque direto do sanitizante a microbiota superficial, aqueles microrganismos peri ou intracelulares não são atingidos, inviabilizando o tratamento químico na cadeia de produção (Watada et al., 1996).

De acordo com Silva (2000), o processo da irradiação é utilizado em alimentos com diversas finalidades, dentre elas o controle do crescimento microbiano. A formação de peróxido de hidrogênio após a irradiação faz com que a célula bacteriana seja destruída. Além disto, a irradiação é responsável pela desestruturação do aparato de multiplicação microbiano, interferindo no pareamento cromossômico e, desta forma, impedindo a reorganização do ácido desoxirribonucléico (DNA). Uma das principais vantagens desta tecnologia é não deixar resíduos no fruto, mantendo-o inócuo para o consumo humano. Souto et al. (2001) comprovaram a eficiência da irradiação gama no controle populacional de bactérias mesófilas e fungos (leveduriformes e filamentosos), ao pesquisarem açaí mantido sob refrigeração. Resultados de experimentos conduzidos por Lima et al. (2001a) em cenouras irradiadas sugeriram que a redução no crescimento microbiano é diretamente proporcional à dose de irradiação gama, como também apontado por Silva (2000).

O transporte dos frutos deve ser executado, preferencialmente, sob refrigeração. O frio é um regulador do crescimento, podendo reduzir sobremaneira a carga microbiana total em um fruto (Watada et al., 1996). Mesmo transportados em embalagens adequadas, os frutos podem sofrer injúrias, especialmente por quedas, empilhamento de caixas e excesso de umidade, o que proporciona maior colonização microbiana.

O grupo das bactérias mesófilas inclui aqueles microrganismos capazes de se desenvolverem em temperaturas ambientes, possuindo considerável amplitude de tolerância térmica. Como são germes de ampla distribuição no ambiente, a presença destes em alimentos é considerada normal, desde que preencha os requisitos de concentração microbiana para cada produto (Brasil, 2001).

As bactérias psicrófilas possuem a capacidade de se desenvolverem em temperaturas de refrigeração, diferindo das bactérias psicrófilas por possuírem temperaturas

ótimas de crescimento em torno de 25°C e 30°C (Silva, 2000). Este grupo de microrganismos cresce em alimentos refrigerados, mesmo sob condições controladas, sendo responsáveis por alterações organolépticas significativas.

Constituindo uma indicação da possível contaminação de um alimento, as bactérias do grupo coliforme são utilizadas para avaliar as condições higiênicas, contaminação após processamento, limpeza e sanitização deficitárias, tratamentos térmicos ineficientes ou multiplicação durante o processamento ou estocagem (Silva, 2000). Neste grupo bacteriano, os chamados coliformes fecais são representados por microrganismos oriundos de fezes de animais de sangue quente, indicando o contato do alimento com material proveniente destes substratos.

Os fungos filamentosos (ou bolores) crescem na superfície de alimentos, rapidamente desenvolvendo colônias macroscópicas e promovendo a deterioração do substrato. Sua presença em frutos é inevitável, já que são microrganismos ubíquos (Silva, 2000). As leveduras (ou fungos leveduriformes), devido à sua capacidade fermentativa mais alta e tolerância osmótica, também são encontradas em proporção considerável em frutos, mas sempre se originando do ambiente. Entretanto, a sua distribuição global em alimentos é sempre menor que a de bolores e bactérias, como apontado por Silva (2000).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde - Anvisa, em Resolução Legislativa (Brasil, 2001), sugere que a contagem microbiana total em alimentos não ultrapasse o valor de 2×10^3 Unidades Formadoras de Colônia por grama (UFC/g). Além disto, não deve haver a presença de coliformes fecais no material analisado. Infelizmente, não há parâmetros para bactérias mesófilas e fungos (filamentosos e leveduriformes) em frutos MP.

As contagens microbianas em mamão MP mostram valores descontraídos entre os diversos pesquisadores, em especial devido à metodologia empregada (testes microbiológicos, momento da análise, estágio de maturação do fruto, tipo de processamento mínimo utilizado).

Teixeira et al. (2001) apontaram que, para o mamão MP refrigerado a 9°C e sob estocagem de sete dias, a contagem microbiana total foi de 1×10^3 UFC/g. Estes pesquisadores não detectaram a presença de bactérias do grupo coliforme, atestando as condições higiênicas satisfatórias durante a cadeia de produção. Como conclusão deste estudo, foi sugerido que o mamão MP conservado entre 3°C e 6°C, e produzido sob boas condições de higiene,

apresenta-se adequado para o consumo humano, sem que a microbiota altere de forma significativa as características organolépticas do produto.

O'Connor-Shaw et al. (1994), ao trabalharem com mamão MP sob refrigeração, atestaram que o crescimento microbiano foi maior em temperaturas acima de 4°C, acelerando o processo de deterioração do fruto.

A contagem total de bactérias mesófilas apontada por Jorge et al. (2001) foi de 1×10^4 UFC/mL, colocando estes frutos sob condições higiênico-sanitárias adequadas para o consumo humano, segundo indicações da Anvisa (Brasil, 2001). Watada et al. (1996) apontaram que as bactérias mesófilas são a população predominante em produtos MP.

Miranda (2001), ao pesquisar a microbiota presente em mamões MP, não verificou a presença de coliformes totais e fungos (bolores e leveduras) independente do tratamento sanitizante utilizado no processamento mínimo. Esta pesquisadora concluiu que estes valores sobre a microbiologia dos frutos analisados se deveu às condições higiênico-sanitárias satisfatórias durante a cadeia de processamento.

3 – MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Implantação do Experimento

Os frutos para execução desta pesquisa foram do grupo ‘Formosa’ de polpa vermelha, obtidos da Fazenda Calliman, em Linhares/ES (Figura 1). Foram selecionados e embalados da mesma forma que para o mercado externo. Em seguida foram transportados em caminhão de cabine fechada até a plataforma de Osasco/SP. O estágio de maturação situava-se em torno de 80% amarelo (Figura 2), dentro da faixa desejável para o mamão minimamente processado. Na sequência, os frutos foram transportados para a Empresa Verde Limpo, situada em Botucatu/SP. Na central de processamento desta empresa, e sob temperatura de 10°C, o mamão ‘Formosa’ passou por várias etapas de processamento, iniciando pela seleção, estágio de maturação e descarte de frutos com fissuras ou podridões. Em seguida foi realizada a

lavagem dos frutos *in natura*, com água e detergente neutro, no intuito de remover resíduos da colheita e microrganismos aderidos à superfície dos frutos. Após este procedimento, os frutos foram deixados em água resfriada a 4°C por 15 minutos para diminuir o aquecimento oriundo do transporte. Seguindo as etapas, foi realizado descascamento; remoção das sementes; corte-padrão manual (cubos de aproximadamente 2,5 x 2,5cm – Figura 3); pesagem e embalagem (bandeja plástica de 350mL com tampa de encaixe), sendo que cada embalagem foi composta por 250g de mamão em cubos (Figura 4); rotulagem (informando os tratamentos) e armazenamento refrigerado a 9°C após o tratamento com irradiação.



Figura 1 - Frutos de mamão 'Formosa' provenientes da Caliman Agrícola S.A.



Figura 2 - Seleção do Mamão 'Formosa' quanto à uniformidade de cor e ausência de doenças. Central de processamento de Empresa Verde Limpo, Botucatu/SP.



Figura 3 - Mamão 'Formosa' fatiado e reduzido em cubos em torno de 2,5 x 2,5cm. Central de processamento da Empresa Verde Limpo, Botucatu/SP.



Figura 4 - Mamão ‘Formosa’ minimamente processado e armazenado em embalagens plásticas. Central de processamento de Empresa Verde Limpo, Botucatu/SP.

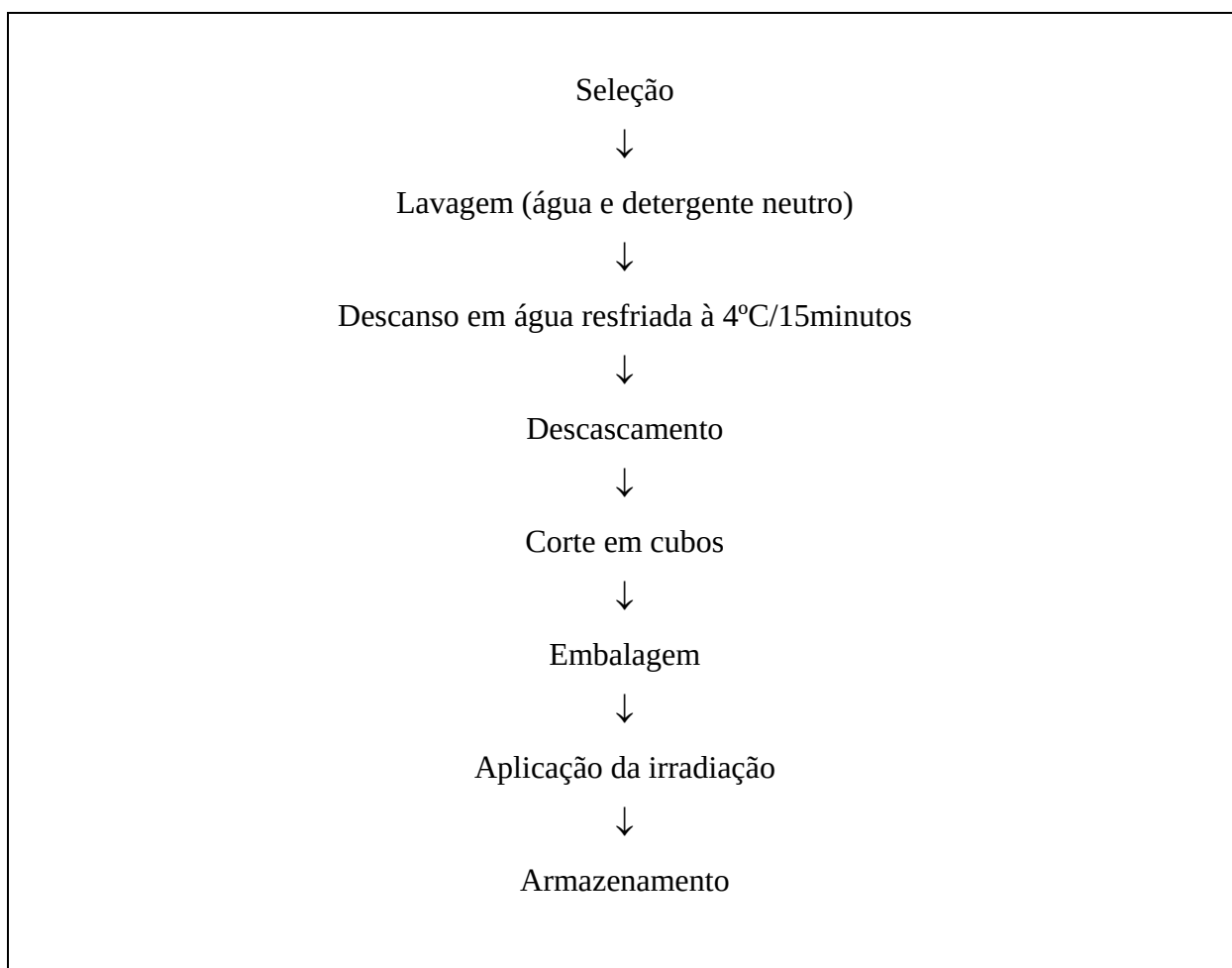
Todos os utensílios e equipamentos utilizados para o processamento do mamão foram desinfetados com solução de cloro a 200ppm. Após o processamento, os produtos foram levados para a Companhia Brasileira de Esterilização (CBE) em Jarinú/SP. O transporte foi realizado em caixas de isopor da própria Empresa Verde Limpo à temperatura de 4°C, sendo que esta temperatura foi mantida por meio de gelo reciclável e controle constante com termohigrômetro. Em seguida, os frutos já embalados foram irradiados nas doses: 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0kGy. Foram utilizados dosímetros nas caixas para comprovar as doses aplicadas. Não foram aplicados sanitizantes nos frutos em qualquer etapa do experimento.

Após submeter os frutos aos tratamentos, os mesmos foram transportados para o Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da UNESP de Botucatu/SP. Os mamões minimamente processados foram imediatamente armazenados em câmara-fria à temperatura de $9 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $90 \pm 5\%$ durante

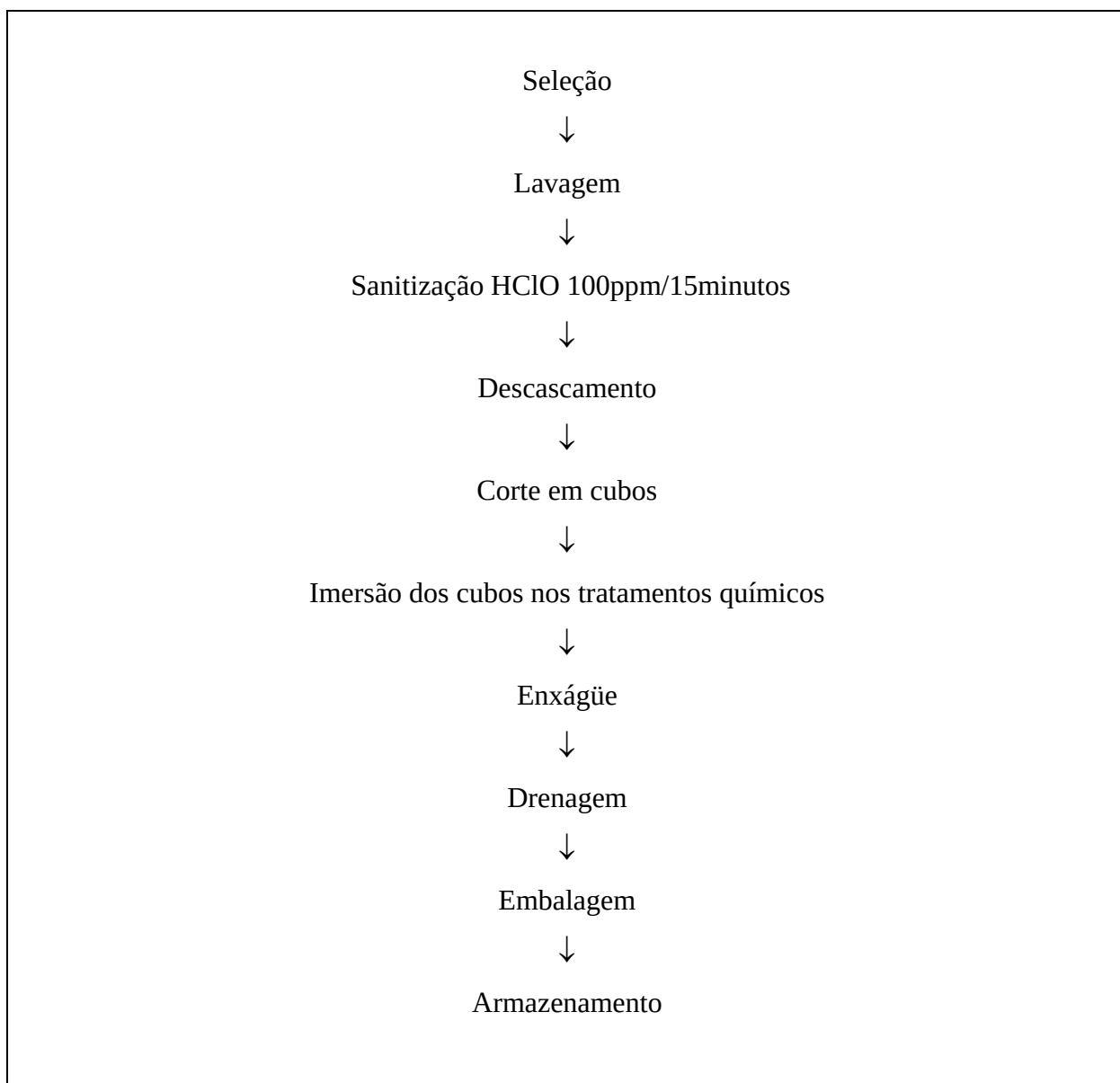
nove dias. As análises físicas, físico-químicas e sensoriais foram realizadas a cada dois dias até o final do experimento, e as microbiológicas foram efetuadas nos 1º, 5º e 9º dias. As análises enzimáticas foram determinadas no decorrer do experimento a partir do mamão minimamente processado (M.M.P.) armazenado em nitrogênio líquido e conservados em *freezer* a -18°C .

As diversas etapas do processamento mínimo utilizadas nesta pesquisa podem ser visualizadas no Fluxograma 1. No Fluxograma 2, demonstra-se as etapas do processamento mínimo sob o método convencional.

Fluxograma 1 - Mamão minimamente processado com o tratamento de irradiação



Fluxograma 2 - Mamão minimamente processado sem o tratamento de irradiação (Fonte: Lima, 2000)



3.2 - Análises Químicas, Físicas, Físico-Químicas e Sensoriais

3.2.1 - Perda de Massa Fresca (PMF), Aparência, Índice de Doenças e Conservação Pós-Colheita

Todos estes parâmetros foram avaliados no mamão minimamente processado M.M.P. não-destrutivos. A perda de massa fresca (PMF) foi determinada pesando-se as bandejas contendo os mamões em cubos em balança semi-analítica Mettler, modelo PC 2000. Os resultados foram expressos em porcentagem, considerando-se a diferença entre o peso inicial dos cubos e aquele obtido a cada intervalo de tempo de amostragem.

Para o parâmetro aparência foi utilizada uma escala numérica de um a três, segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz (1985), padronizada da seguinte forma:

- Produto bom 3
- Produto razoável 2
- Produto ruim ou impróprio 1

Os frutos foram observados diariamente até o final do experimento quanto à presença de doenças, correspondentes à porcentagem afetada. As embalagens contendo os pedaços contaminados foram examinadas no Departamento de Defesa Fitossanitária da UNESP de Botucatu/SP.

A conservação pós-colheita foi avaliada em função de sua qualidade comercial, ou seja, o número de dias em que os frutos se conservaram.

3.2.2 - Textura

A textura foi determinada nos cubos de mamão com auxílio do Texturômetro Stevens-LFRA Texture Analyser, com ponta de prova TA /2000. A velocidade de penetração foi de 2,0mm.seg⁻¹ a uma profundidade de 1,5mm, com os resultados expressos em grama-força (g/f).

3.2.3 - Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH foi mensurado na polpa triturada do M.M.P utilizando-se um potenciômetro (Digital DMPH-2), conforme técnicas recomendadas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.2.4 - Acidez Titulável (AT)

A AT foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100g de polpa (g de ácido cítrico.100g⁻¹), obtida por meio de titulação com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, utilizando-se 10g do material fresco triturado e diluído em 100mL de água destilada, conforme recomendação do Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.2.5 - Sólidos Solúveis (SS)

Foi determinado na polpa por refratometria em refratômetro tipo ABBE (marca Atago-N1) a 25°C, conforme as técnicas padronizadas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em graus Brix.

3.2.6 - Açúcares Totais (A.Totais), Redutores (AR) e Sacarose (S)

Os açúcares totais e redutores foram determinados a partir de 2g da amostra homogeneizada e dosados pelo método descrito por Somogyi e adaptado por Nelson (1944).

A sacarose foi determinada pela diferença entre A.Total e AR, sendo os resultados expressos em porcentagem.

3.2.7 - Vitamina C

As amostras para determinação do teor de vitamina C foram obtidas pela adição de 30mL de ácido oxálico a 30g de polpa, sendo congeladas em seguida a 20°C negativos. O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado a partir de 10g da polpa, por titulação em ácido

oxálico a 0,5% com iodato de potássio a 0,01N, com resultados expressos em mg de ácido ascórbico.100g⁻¹ de polpa (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

3.2.8 - Pectina Total (PT) e Pectina Solúvel (PS)

As pectinas, total e solúvel, foram extraídas segundo a técnica descrita por McCread e McComb (1952) e determinadas colorimetricamente segundo Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100g de polpa.

3.2.9 - Atividade da Pectina Metilesterase (PME)

A extração enzimática da pectina metilesterase foi realizada segundo a técnica de Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas Boas (1995). O doseamento foi realizado segundo Hultin et al. (1966) e Ratner et al. (1969), com modificações de Vilas Boas (1995). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1nmol de NaOH por grama de polpa fresca por minuto.

3.2.10 - Atividade da Poligalacturonase (PG)

A extração enzimática da poligalacturonase foi realizada segundo a técnica de Buescher e Furmanski (1978), adaptado por Vilas Boas (1995). O doseamento foi realizado segundo Markovic et al. (1975), com modificações de Vilas Boas (1995). A atividade enzimática foi expressa em η mol de açúcar redutor por grama de polpa fresca por min.

3.2.11 - Análise Sensorial

Foi realizada a cada dois dias durante os nove dias de conservação, em que os frutos foram identificados com números aleatórios compostos de três dígitos. Em seguida os mesmos foram oferecidos à degustação para uma equipe devidamente treinada para este tipo de

avaliação da empresa Verde Limpo, sendo um total de dez provadores. Foi utilizada uma escala hedônica de nove pontos em que as amostras foram avaliadas subjetivamente quanto à cor, aroma, textura e sabor. O modelo de ficha experimental adotado pode ser visualizado no Anexo.

3.3 - Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas visaram a identificação da microbiota bacteriana e fúngica presentes nos mamões no 1º dia antes da irradiação e nos 5º e 9º dias após irradiação.

Para cada tratamento, 25g de mamões MP foram submetidos à maceração hídrica sob agitação, em condições assépticas, utilizando como veículo 225mL de água peptonada 0,1% (p/v) estéril em frasco tipo Erlenmeyer, e agitação mecânica até desintegração completa da polpa.

Alíquotas desta solução foram então transferidas para as placas de meios de cultura, seguindo metodologia proposta pela ICMSF (1984).

A microbiota pesquisada foi distribuída da seguinte maneira: bactérias mesófilas e psicrotróficas, bolores (ou fungos filamentosos), leveduras (ou fungos leveduriformes) e bactérias do grupo coliforme (totais e *Escherichia coli*).

As contagens de microrganismos bacterianos (exceto *E. coli*) e fúngicos foram realizadas pela estimativa do número de Unidades Formadoras de Colônia por mililitro de cultura (UFC/mL), de acordo com recomendações da ICMSF (1984).

3.3.1 - Contagem Total de Bactérias Aeróbicas Mesófilas e Psicrotróficas

Utilizando o procedimento de plaqueamento em profundidade (técnica de *Pour Plate*), alíquotas de 0,1mL foram distribuídas em placas contendo o meio 'Plate Count Agar' (PCA), e inoculadas em triplicata, nas diluições 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} . As placas foram incubadas entre 35°C e 37°C por 48 horas (para a contagem de microrganismos mesófilos) e entre 5°C e 7°C por sete dias (para a contagem de microrganismos psicrotróficos).

3.3.2 - Contagem Total de Bolores e Leveduras

Alíquotas de 0,1mL foram semeadas por plaqueamento superficial em meio 'Potato Dextrose Agar' (PDA) acrescido com ácido tartárico a 3,5%, que após a inoculação foi incubado a 25°C por 3-5 dias.

3.3.3 - Contagem de Coliformes Totais e Fecais

Utilizando a técnica do Número Mais Provável (NMP), foi realizada a enumeração de coliformes nas amostras.

O teste presuntivo foi efetuado por meio da distribuição, em triplicata, de alíquotas de 0,1mL em tubos contendo caldo laurilsulfato-triptose (LST). As baterias constaram de uma série de três tubos (contendo tubo de Durham invertido), que foram incubados a 35°C por 48 horas. Tubos contendo gás ou turvação do meio foram considerados positivos para a presença de coliformes totais.

A pesquisa de coliformes fecais foi realizada à partir dos tubos de LST positivos oriundos do teste presuntivo. Alíquotas de 0,1mL destas culturas positivas para coliformes totais foram transferidas para tubos contendo caldo *Escherichia coli* (meio EC). A incubação foi realizada durante 48 horas à temperatura de 44,5°C. Foram considerados positivos para coliformes fecais os tubos que apresentaram formação de gás e turvação do meio.

Todos os resultados dessas leituras foram expressos em número mais provável de bactérias por grama de material analisado (NMP/g).

3.4 - Delineamento Experimental e Análise Estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por seis tratamentos e cinco tempos de armazenamento, compondo um fatorial 6×5, com quatro repetições. Excepcionalmente as análises microbiológicas foram avaliadas em três tempos de armazenamento.

Para as avaliações destrutivas, cada tratamento foi composto de quatro repetições e estas formadas por duas bandejas de mamões minimamente processados para cada dia de análise. Já para a análise sensorial, mesmo sendo destrutivas, foram utilizadas cinco bandejas como repetições para cada tratamento e para os cinco dias de degustação. Para as avaliações não-destrutivas como perda de massa fresca, aparência, conservação pós-colheita e doenças, foram utilizadas dez repetições por tratamentos ao longo do armazenamento.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Perda de Massa Fresca (PMF) e Aparência

Produtos minimamente processados são mais suscetíveis a perda de massa fresca do que frutos *in natura*, devendo-se este fato à ausência da casca protetora. Sem a casca, os tecidos dos frutos ficam mais vulneráveis à contaminação e com metabolismo acelerado. Estas alterações causadas nos tecidos elevam a transpiração, provocando perdas na textura, na aparência (como murchamento e enrugamento), no frescor e na qualidade nutricional (Kader, 2002). Conforme os dados apresentados na Tabela 1, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos para perda de massa fresca (PMF) ao longo do período de armazenamento. Provavelmente o único fator que influenciou a PMF foi o tempo de conservação. As perdas de massa fresca se devem a um aumento na exposição dos tecidos aos ambientes e ao

rompimento das estruturas, facilitando a transpiração pelos tecidos (Wiley, 1994). Observa-se que até o 7º dia de análise, a dose de 0,6kGy, mesmo sem apontar diferenças estatísticas entre os outros tratamentos, demonstrou menores valores de PMF. Oliveira Jr. et al. (2000) também verificaram menores perdas de massa fresca com 0,6Kgy. A variação média de perda de massa fresca encontrada neste experimento foi de 0,21% a 1,53 %, semelhante aos valores apontados por Paull e Chen (1997), que variaram de 0,95% a 1,04%, ao trabalharem com mamão minimamente processado e fatiado com semente e sem sementes. Porém os resultados de perda de massa observados nesta pesquisa são inferiores aos citados por Miranda (2001), que foram de 0,20% a 2,3% em mamão ‘Papaya’. Estas diferenças ocorreram em função da variedade, clima, solo e porção do fruto (Ital, 1989). Concordante com os trabalhos executados por Teixeira et al. (2001) e Sarzi (2002) ao estudarem diferentes temperaturas para armazenar mamão ‘Formosa’ minimamente processado, foi verificado que a temperatura de 9°C é inadequada para redução da PMF. Comportamento semelhante a esta pesquisa foi observado por Teixeira et al. (2001) ao pesquisarem outras frutas minimamente processadas, constatando que as perdas de massa fresca mais pronunciadas ocorreram nos três primeiros dias, depois se estabilizando. Logo, confirma-se que a dessecação é um dos problemas relativos à conservação do mamão MP, como também apontado por Chitarra (1999).

Maxie et al. (1971) relataram que a irradiação pode aumentar a permeabilidade de membranas, incrementar a atividade metabólica e romper ligações intercelulares, além de aumentar a transpiração através da cutícula. Porém, o presente estudo não foi influenciado significativamente pelos tratamentos, concordando com resultados de Pimentel (2001). Alguns autores afirmaram que, dependendo da dose de irradiação, pode-se estender o período de vida útil em vez de causar injúrias (Vieites, 1998; Calore, 2000; Giannoni, 2000; Lacerda, 2000).

A aparência é de vital importância no aceite ou rejeição de frutos e hortaliças (Chitarra e Chitarra, 1990). No caso dos produtos minimamente processados, este atributo de qualidade torna-se ainda mais crítico, pois os consumidores se deparam com o conteúdo sem qualquer tipo de cobertura. Sendo assim, é de suma importância que estes produtos apresentem homogeneidade em sua cor e forma, com frescor e brilho de produto fresco (Shewfelt, 1986). Segundo Wiley (1994), o estresse causado pelo descasque, corte e outras operações, pode levar ao aparecimento de alterações indesejáveis, principalmente na aparência do produto, devido a descompartimentalização das enzimas e substratos. Devido a este fato, muitas

pesquisas têm sido realizadas com o intuito de amenizar os problemas gerados pelo fatiamento, que são escurecimento e amaciamento da polpa (Chitarra, 1999). Pode-se observar que houve diferença estatística entre todos os tratamentos (Tabela 2) e os frutos apresentaram reduções relevantes na aparência, a partir do 7º dia de conservação.

Tabela 1 – Variação média da perda de massa fresca (%) obtida em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO			
	3	5	7	9
TESTEMUNHA	0,49a	0,82a	1,10a	1,35a
0,2kGy	0,30a	0,70a	1,04a	1,37a
0,4kGy	0,41a	0,83a	1,07a	1,30a
0,6kGy	0,21a	0,53a	1,03a	1,53a
0,8kGy	0,29a	0,95a	1,25a	1,48a
1,0kGy	0,30a	0,58a	1,05a	1,38a
CV	97,18	68,15	59,78	49,66

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

A irradiação nas doses de 0,6 e 1,0kGy foi benéfica na preservação da aparência dos cubos, apresentando-os mais bonitos, claros, íntegros e firmes durante um período. Resultados semelhantes foram verificados por Oliveira Jr. et al. (2000) na dose de 0,6kGy. Pimentel (2001) também verificou aparência superior nos frutos com 0,75kGy com relação à testemunha. A aparência variou entre 3,00 e 1,00, significando que os M.M.P. no início do experimento demonstraram boa aparência, e que a partir do 7º dia houve declínio comprometendo a imagem dos cubos. No 7º dia os cubos receberam notas de 1,30 a 1,90, equivalente a classificação de impróprio para o consumo; esta situação foi agravada no 9º dia, ou seja, no último dia de análise. Pôde-se concluir que os cubos obtiveram boa aparência até o 5º dia de conservação. Os produtos minimamente processados são muito perecíveis, sendo a aparência um dos parâmetros mais difíceis de serem mantidos (Watada et al., 1990). Ao contrário de outras pesquisas com frutos *in natura*, as doses mais baixas de irradiação foram as que apresentaram aparência inferior. Geralmente os pesquisadores citam que a irradiação deprecia em muito a casca dos frutos íntegros, causando descolorações, manchas e

escurecimentos. Porém, nos frutos pré-cortados desta pesquisa, não foram visualizados estas alterações.

É possível que o escurecimento tenha ocorrido, porém ficou encoberto pela forte coloração do mamão, não sendo evidenciado macroscopicamente. Miranda (2001) também não detectou reações de escurecimento enzimático nos cubos de mamão, porém observou aspecto translúcido. O'Connor-Shaw et al. (1994) também encontraram aspecto translúcido em cubos de mamão armazenados a 13°C aos quatro dias de armazenamento. Neste experimento semelhante às pesquisas mencionadas anteriormente, foi constatado aspecto translúcido nos frutos de todos os tratamentos.

Tabela 2 – Valores médios da aparência obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	3,00a	2,10a	2,00a	1,30a	1,00a
0,2kGy	3,00a	2,20a	2,00a	1,40a	1,00a
0,4kGy	3,00a	2,10a	2,00a	1,40a	1,00a
0,6kGy	3,00a	2,70b	2,10a	1,90b	1,50b
0,8kGy	3,00a	2,10a	2,00a	1,60a	1,30b
1,0kGy	3,00a	2,70b	2,20a	1,80b	1,50b
CV	0,00	15,88	9,80	29,69	31,04

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Análise: 1 = ruim; 2 = razoável; 3 = bom

4.2 - Textura

Como demonstra a Tabela 3, houve diferença estatística entre os tratamentos para a variável textura apenas no 3º dia de análise. Pode ser verificado que neste dia os cubos de mamão tratados com a dose de 0,2kGy apresentaram maior retenção da firmeza. Este perfil também foi confirmado para a dose 0,6kGy nos 5º, 7º e 9º dias de avaliação, mesmo sem apresentarem diferenças estatísticas entre os tratamentos. Vários autores já constataram que as menores doses de irradiação são as mais indicadas para manter as características de qualidade (Thomas, 1986; Frateschi, 1999; Calore, 2000). Porém Kader (1986) e Urbein (1986) afirmaram que doses até 1,0KGy são benéficas para manter a qualidade dos produtos

minimamente processados. Os valores da textura neste experimento oscilaram entre 70,00 e 83,75g/f, diferentemente dos encontrados por Paull e Chen (1997), Karakurt e Huber (2003) e Sarzi (2002) em mamão pré-cortado. A perda da textura e as mudanças na aparência são conseqüências naturais do amadurecimento que ocorrem com maior visualização em frutos e hortaliças. E mais intensa nos frutos minimamente processados, que não possuem uma barreira para reduzir a transpiração e a respiração (Watada et al., 1990). Comportamento diferente foi observado neste experimento e também por Sarzi (2002), em que a perda da textura não foi brusca, sendo que durante o período avaliado verificou-se um incremento nos valores desta variável. Nos mamões minimamente processados de alguns tratamentos houve aumento nos valores da textura no 3º e 5º dias; também nas análises dos dias posteriores houve diminuição na firmeza devido à ação de enzimas pectinolíticas. Chitarra (1999) abordou esta alteração explicando que nos frutos pré-cortados a perda de água é muito grande, havendo maior dessecação superficial dos tecidos, e conseqüentemente promovendo maior rigidez nos produtos minimamente processados. Esta alteração pode ter ocorrido também em resposta à irradiação, pois logo após a aplicação da mesma nos frutos, houve aumento neste parâmetro, menos nos pedaços do grupo testemunha. Contraposto à menção acima, Zhao et al. (1996) afirmaram que logo após a irradiação em mamões, houve perda na textura, contudo, depois do amadurecimento, novas análises revelaram firmeza superior ao da testemunha. Está contradição pode ter ocorrido pelo fato destes autores trabalharem com mamão inteiro e não um produto minimamente processado, como utilizado neste experimento. Outros pesquisadores afirmaram que logo após o tratamento com irradiação, algumas alterações ocorreram e rapidamente se estabilizaram, como é o caso da respiração (Paull, 1995). Este mesmo autor mencionou que dentre os frutos estudados, o mamão parece ser o mais adequado à irradiação, pois apresenta poucos efeitos colaterais relacionados diretamente com o processamento.

Tabela 3 – Valores médios da textura (g/f) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	78,50a	78,00a	77,00a	76,50a	72,50a
0,2kGy	78,00a	83,75b	79,25a	78,00a	74,00a
0,4kGy	79,25a	79,25a	78,50a	77,50a	70,00a
0,6kGy	76,00a	78,25a	80,00a	79,00a	74,25a
0,8kGy	76,25a	78,75a	79,00a	77,25a	71,50a
1,0kGy	76,50a	78,75a	78,75a	76,75a	77,00a
CV	2,31	2,16	2,32	2,47	4,77

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.3 - Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os resultados referentes ao pH dos frutos podem ser visualizados na Tabela 4, em que se observa diferença estatística significativa durante o período de conservação. Os menores e maiores valores de pH foram vistos, respectivamente, no 9º dia de análise nos mamões minimamente processados do grupo testemunha e nos tratados com irradiação. Este relato é um indicativo da ação da irradiação no atraso do processo de senescência. Segundo D’Innocenzo (1996), a irradiação é responsável pela diminuição da atividade de enzimas responsáveis pela hidrólise das pectinas, no qual justificou o fato dos mamões minimamente processados irradiados terem obtido valores de pH mais altos e, portanto, menos ácidos. Pimentel (2001) não verificou efeito da irradiação sobre o pH. Os frutos do grupo testemunha apresentaram valores de pH inferiores aos frutos irradiados, principalmente com as doses de 0,2 e 0,6kGy. Nota-se declínio nos valores do pH ao longo do período estudado. Com relação a este ponto, Honório e Rocha (1988) explicaram que ocorre o decréscimo do pH do mamão com o amadurecimento, sendo este processo uma consequência da associação de ácidos fracos livres com seus sais potássicos, constituindo um sistema tampão.

Comportamentos similares foram obtidos por Pimentel (2001) trabalhando com mamão irradiado. Draetta et al. (1975) também obtiveram resultados semelhantes em mamão, com uma diminuição branda do pH de 5,4 a 5,1. Já Mões-Oliveira (2001) e Miranda (2001) obtiveram resultados diferentes ao deste trabalho em mamão minimamente processado, em

que houve um incremento nos teores de pH. Os valores de pH neste experimento variaram entre 4,37 e 5,18, similares aos apontados por D’Innocenzo (1996) e Pimentel (2001), que se situaram entre 4,50 a 5,80 e 5,00 a 5,21, respectivamente. Oliveira Jr. et al. (2000), Miranda (2001) e Sarzi (2002), ao trabalharem com mamão MP, encontraram valores de 4,12 a 4,45; 5,1 a 5,5; e 4,13 a 4,38, respectivamente. Os valores de pH desta pesquisa também são similares aos obtidos por Banwart (1989), Bicalho (1998) e Santana et al. (2004) em mamão *in natura*, se situando na faixa de 4,5 a 6,0 e 5,18 e 6,13 5,19 a 5,59 e 4,91 a 5,89, respectivamente.

Tabela 4 – Valores médios do pH obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	5,13a	5,06a	4,96a	4,75a	4,37a
0,2kGy	5,18a	5,16b	5,13d	4,95b	4,96c
0,4kGy	5,13a	5,08a	5,01b	4,93b	4,89b
0,6kGy	5,13a	5,07a	5,06c	4,97b	4,87b
0,8kGy	5,12a	5,08a	5,03b	4,97b	4,93c
1,0kGy	5,09a	5,05a	4,94a	4,89b	4,95c
CV	0,74	0,66	0,54	1,19	0,86

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.4 - Acidez Titulável (AT)

A acidez dos M.M.P. foi influenciada pelos diferentes tratamentos (Tabela 5). Os dados não seguiram uma tendência de aumentar ou diminuir, como visto normalmente nos trabalhos com frutos *in natura*. Via de regra é realizada uma seleção criteriosa quanto à uniformidade do ponto de maturação dos frutos para o processamento mínimo. Porém, mesmo trabalhando com todo este cuidado, com o mesmo cultivar e de uma mesma safra, ainda assim estes pedaços analisados podem apresentar diferenças enormes. Estas diferenças podem ser atribuídas à região em que os cubos avaliados foram retirados; por exemplo: mais próximo à polpa, onde o grau de doçura é maior, ou da casca ou extremidades, onde este nível é menor. Deve-se ressaltar que as injúrias provocadas durante o fatiamento e a ação de algumas enzimas contribuem muito para alterações ocorridas (Chitarra, 1999). Estes pedaços de frutos de

mesma origem, influenciados tanto por fatores internos como externos, adquirem características diferenciadas. Entretanto, tendo em vista esta situação, pode-se afirmar que a irradiação dos cubos com a dose de 0,6kGy sobressaiu sobre os demais tratamentos, justamente por mostrar, durante o armazenamento, os maiores teores de AT, ou seja, maiores reservas para manutenção das características de qualidade dos cubos de mamão minimamente processado. Thomas e Beyers (1979) e Pimentel (2001) não detectaram qualquer modificação na acidez do mamão com a aplicação de irradiação. De acordo com Chitarra (1999), os principais substratos utilizados na respiração são os açúcares livres e os ácidos orgânicos. No último dia de análise (com relação ao primeiro), verificou-se nos cubos de mamões irradiados, com exceção da dose 0,4kGy e testemunha, um ligeiro aumento na AT. Este acréscimo se deu provavelmente ao efeito do estresse nos pedaços dos mamões, que levou a um acréscimo na formação de ácido galacturônico, em consequência da hidrólise da pectina pela pectina metilesterase e pela poligalacturonase, e também ao aumento de vitamina C, comum neste fruto (Draetta et al., 1975). Os valores de AT variaram de 0,07 a 0,12g de ácido cítrico.100g⁻¹ de polpa, superiores aos encontrados por Teixeira et al. (2001) e Sarzi (2002), que foram de 0,050 a 0,072g de ácido cítrico.100g⁻¹ e 0,059 a 0,065mg ácido cítrico.100g⁻¹. O valor médio de acidez encontrado por Miranda (2001) foi 0,53%; já Mões-Oliveira (2001) encontrou valores variando entre 0,012% e 0,021%.

Tabela 5 – Valores médios da acidez titulável (g de ácido cítrico.100g⁻¹ de polpa) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	0,080b	0,075a	0,076a	0,120d	0,075a
0,2kGy	0,078b	0,078a	0,079a	0,087a	0,078a
0,4kGy	0,079b	0,076a	0,077a	0,091a	0,076a
0,6kGy	0,081b	0,085c	0,084b	0,107c	0,085c
0,8kGy	0,080b	0,081b	0,083b	0,087a	0,081b
1,0kGy	0,070a	0,074a	0,093c	0,099b	0,074a
CV	2,22	2,49	2,81	4,05	2,49

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.5 - Sólidos Solúveis (SS)

Os sólidos solúveis (SS) foram afetados pelos diferentes tratamentos no 5º e 9º dias de análises, como demonstrado na Tabela 6. Foram verificadas oscilações com diminuição nos teores do SS ao longo do período de armazenamento. Esta queda nos valores é devido à percentagem de SS já se encontrar no seu teor máximo no momento do processamento, diminuindo em seguida devido a senescência. Esta redução no SS pode ser explicada também em função das lesões causadas no tecido por rompimento das paredes celulares, permitindo perdas de material intracelular. Os frutos irradiados com a dose de 1,0kGy apresentaram maiores conteúdos de SS, apesar das irregularidades vistas durante o período avaliado. Provavelmente estas oscilações advenham do fato de muitos pedaços de diferentes frutos estarem sendo avaliados dentro de uma mesma amostra. De forma similar a esta pesquisa, Kader (1986) também constatou que a irradiação em doses baixas (1,0kGy ou menos) é uma ótima opção como técnica de processamento mínimo para prolongar a vida útil de algumas frutas e hortaliças. Os menores teores de SS encontraram-se nos frutos tratados com 0,2; 0,4 e 0,6kGy, e os maiores para as doses mais altas de irradiação e para a testemunha no final do período de conservação. Urbein (1986) verificou comportamento semelhante em vegetais cortados e irradiados a 1,0kGy.

Os menores valores de SS observados no final do período de armazenamento indicaram que os cubos de mamão mantiveram atividade metabólica mais intensa, tendo uma vida útil menor. Os frutos quando estão em estágios avançados de maturação, como é o caso deste experimento que utilizou o mamão MP, logo entram em processo de senescência, reduzindo desta forma o teor de SS. Akamine e Goo (1971) também constataram que mamões com mais de 80% de coloração amarela começaram a diminuir o teor de sólidos solúveis, devido a possível deterioração por respiração. Como demonstrado neste estudo, os M.M.P. em sua maioria apresentaram pico no conteúdo de SS durante a fase de ascensão climatérica (no 5º dia de armazenamento), com posterior declínio na fase pós-climatérica. Este declínio indica que as reservas estão sendo gastas para gerar energia para a manutenção metabólica destes frutos, pois estão em processo de senescência. Resultados semelhantes foram obtidos por Honório e Rocha (1988) trabalhando com mamão refrigerado e Pimentel (2001) com mamão

irradiado. Os valores de SS desta pesquisa variaram de 11,00 a 11,98°Brix concordantes com os encontrados por Sarzi (2002) ao trabalhar com mamão ‘Formosa’ (10,00 a 12,00°Brix).

Estes valores são concordantes também com os apresentados por Oliveira Jr. et al. (2000) e Teixeira et al. (2001). Porém, valores apontados por Miranda (2001) apresentaram-se maiores que os desta pesquisa. Estas variações são atribuídas as características individuais dos frutos e diferenças entre cultivares, época do ano, clima e solo e porção do fruto (Ital, 1989).

Tabela 6 – Valores médios da concentração de sólidos solúveis (°Brix) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	11,83a	11,78a	11,88c	11,65a	11,50b
0,2kGy	11,73a	11,55a	11,98c	11,40a	11,20a
0,4kGy	11,75a	11,30a	11,68b	11,40a	11,30a
0,6kGy	11,53a	11,75a	11,35a	11,33a	11,00a
0,8kGy	11,55a	11,65a	11,98c	11,73a	11,53b
1,0kGy	11,75a	11,43a	11,98c	11,40a	11,85c
CV	3,09	3,34	1,64	2,30	1,49

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.6 - Açúcares Totais (A.Totais), Redutores (AR) e Sacarose (S)

Como observado na Tabela 7, os primeiros picos de açúcares totais foram observados nos M.M.P. tratados com 0,6; 0,8 e 1,0kGy durante o 3º dia de análise, sendo que os dos demais tratamentos atingiram pico no 5º dia. Os frutos tratados com 1,0kGy acusaram pico de amadurecimento primeiro, sendo que a irradiação reduziu a hidrólise do açúcar, chegando ao final do experimento com maiores reservas e conseguinte maior tempo de vida útil. Já Gomez et al. (1999) não verificaram efeito da irradiação sobre os açúcares do mamão. Apesar dos M.M.P. dos grupos testemunha, 0,2 e 0,4kGy apresentarem pico mais tardiamente, foram inferiores aos tratados com 1,0kGy, pois chegaram ao final do período de conservação com os menores valores de açúcares totais. Este fato, também citado por Thomas (1986), afirma que a radiação gama em doses adequadas pode promover redução na taxa de hidrólise do amido; contudo os níveis de açúcares podem apresentar os mesmos resultados em frutos maduros

irradiados e não-irradiados. Os conteúdos de açúcares totais apresentaram aumento até o 5º dia; em seguida decresceram devido à entrada no processo de senescência. Comportamento semelhante foi constatado por Pádua (1986), Bicalho (1998), Miranda (2001) e Mões-Oliveira (2001). Os valores de açúcares totais variaram em torno de 11,66% a 14,01%, superiores aos citados por Matsuura e Folegatti (1999) e Mões-Oliveira (2001), que se situaram na faixa de 5,6% a 12% e 7,35% a 11,50%, respectivamente. O mesmo fato ocorreu quando se compararam os dados obtidos neste experimento com os achados por Gomez et al. (1999) e Miranda (2001), cujos valores foram, respectivamente, de 9,0% a 11% e 9,0% a 10,5%. Estas variações surgem devido às diferenças de ponto de maturação, cultivo, cultivares e clima.

Tabela 7 – Valores médios da concentração de açúcares totais (%) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	12,54a	13,68b	13,74b	13,21c	13,05e
0,2kGy	12,53a	13,83c	14,01b	13,18c	11,97b
0,4kGy	13,56c	13,65b	13,82b	12,92b	12,34c
0,6kGy	12,85b	13,41a	12,82a	12,85a	11,66a
0,8kGy	13,42c	13,93c	13,87b	13,68d	12,88e
1,0kGy	13,85d	13,88c	13,79b	13,71d	13,55f
CV	0,85	0,73	1,53	0,31	0,47

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Com relação aos açúcares redutores (AR), os dados obtidos permitem afirmar que houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, como pode ser visualizado na Tabela 8. Com exceção dos M.M.P. tratados com 0,4 e 1,0kGy, os demais apresentaram pico no 3º dia avaliação. Não se pode afirmar qualquer efeito da irradiação para os cubos de mamões destes tratamentos, já que os cubos de mamão irradiados com as doses de 0,2; 0,6 e 0,8kGy tiveram comportamento semelhante ao da testemunha, dados condizentes aos da pesquisa de Gomez et al. (1999). Apesar dos pedaços de mamão do grupo testemunha terem atingido pico mais precocemente no 3º dia, foram estes os que apresentaram os maiores valores de AR no final do período avaliado. A irradiação não manifestou efeito sobre este parâmetro, pois as maiores hidrolizações dos açúcares (glicose e frutose) foram demonstradas nos frutos irradiados no

final do período estudado. Houve aumento de AR até o dia sete, seguido de declínio, coincidindo com o processo de senescência. Os valores de AR desta análise apresentaram-se em torno de 10,10% a 13,16%, próximos ao pesquisados por Bicalho (1998), que foram por volta de 6,00% a 12,00%.

Tabela 8 – Valores médios da concentração de açúcares redutores (%) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	11,85a	13,01e	12,78e	12,60e	11,69e
0,2kGy	11,04a	12,46c	12,14d	12,14c	11,07c
0,4kGy	11,87d	11,08a	11,12a	12,51d	11,08c
0,6kGy	11,14b	11,67b	11,30b	11,29a	10,10a
0,8kGy	11,61c	13,16f	12,08d	12,02b	10,72b
1,0kGy	12,84e	12,80d	12,01c	12,84f	11,24d
CV	0,39	0,63	0,38	0,37	0,35

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Durante o amadurecimento do mamão, é provável que o adoçamento tenha se originado pelo acúmulo de sacarose produzida na fotossíntese, já que este fruto tem pouco amido para ser hidrolizado (Chan Jr. et al., 1979). A Tabela 9 demonstra as diferenças estatísticas entre os tratamentos para a variável sacarose (S). Com exceção das maiores doses de irradiação, pode-se observar que a sacarose diminuiu para os cubos do grupo testemunha, 0,1; 0,2; 0,4; 0,6kGy no final do experimento. Chan Jr. et al. (1979) relataram que esta redução apresenta-se como um comportamento normal da sacarose em mamão. Em M.M.P. irradiados com as doses de 0,8 e 1,0kGy, obteve-se para esse açúcar os maiores teores durante o armazenamento. Pode-se dizer que a hidrólise da sacarose foi mais lenta, mantendo dessa forma as características de qualidade dos frutos deste tratamento por um período maior. Estes dados deixam em evidência a influência das maiores doses de irradiação em retardar o amadurecimento, pois os menores valores de sacarose foram encontrados nos cubos de mamões com as menores doses e no grupo testemunha. Este comportamento não foi observado por Gomez et al. (1999), pois se verificou redução nos teores de sacarose para os M.M.P. irradiados quando comparados com os do grupo da testemunha. Hayashi e Kawashima (1995),

citados por Gomez et al. (1999), sugeriram que o aumento da sacarose acumulada em batatas irradiadas foi devido à menor hidrólise e maior síntese da sacarose, a partir de UDP-glicose e frutose-6-fosfato, associado à maior síntese da proteína SPS. De acordo com Gomez et al. (1999), se pode sugerir que, em mamão, a atividade da SPS esteja correlacionada apenas com a presença de sacarose acumulada. Os níveis de sacarose variaram de 0,41% a 2,54%, semelhantes aos níveis apontados por Gómez et al. (1999), que se situaram entre 0,50% e 4,00%.

Tabela 9 – Valores médios da concentração de sacarose (%) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	1,44b	0,66a	0,95a	0,60b	1,35c
0,2kGy	1,48b	1,36c	1,85b	1,03d	0,88a
0,4kGy	1,67c	2,54e	2,64c	0,41a	1,25b
0,6kGy	1,69c	1,72d	1,51b	1,55e	1,54d
0,8kGy	1,79c	0,76a	1,77b	1,64e	2,14e
1,0kGy	1,00a	1,08b	1,77b	0,85c	2,30f
CV	6,58	8,55	12,09	6,96	4,13

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.7 - Vitamina C

A Tabela 10 demonstra a variação média de vitamina C nos frutos dos diferentes tratamentos. Observa-se que os teores de vitamina C dos frutos decaíram no final do experimento. O mamão, ao contrário de outras frutas, tem seu conteúdo de ácido ascórbico aumentado com o amadurecimento, saltando de 42,0 para 55,0mg.100g de polpa, conforme dados obtidos por Arriola et al. (1975). Por se tratar de frutos minimamente processados, este aumento provavelmente já havia ocorrido, como pode ser visto no 3º dia de conservação; com a senescência, sofreram queda em seu teor. Outro fator colocado por Chitarra (1999) aponta que o corte dos tecidos aumenta a atividade enzimática, resultando em perda rápida do ácido ascórbico pelos produtos minimamente processados. As doses mais elevadas de irradiação não foram eficientes sobre este parâmetro, já que desde o início do experimento os maiores

conteúdos de vitamina C mantiveram-se nos frutos tratados com a menor dose de irradiação e nos do grupo testemunha. Dentre os nutrientes, as vitaminas são as mais sensíveis à degradação pela irradiação, como confirmado por Lima et al. (2001b). Esta diminuição nos teores de ácido ascórbico com o aumento da irradiação também foi comprovada por Yasir (1990), ao afirmar que a irradiação inibiu a síntese de vitamina C, mas não afetou o que já estava presente nos tecidos. Já Hilker e Young (1966) não verificaram efeito da irradiação até 1,0kGy, sobre a vitamina C em nenhum estágio de amadurecimento. Os valores de vitamina C oscilaram entre 52,67 e 72,69mg de ácido ascórbico.100g⁻¹ de polpa, similares aos encontrados por Sarzi (2002), que variaram entre 65,0 e 70,0mg.100g⁻¹. Os valores obtidos nesta pesquisa também estão condizentes com os citados por Matsuura e Folegatti (1999), que se situaram entre 0,40 e 0,90mg.100g de polpa de mamão. Os teores de ácido ascórbico para mamão ‘Comum’ e ‘Solo’ inteiros, segundo De Martins et al. (1977) e Soler et al. (1985), estavam entre 63,0 e 83,3mg/100g respectivamente, abrangendo também os valores deste experimento.

Tabela 10 – Valores médios da concentração de ácido ascórbico (mg ácido cítrico.100g⁻¹ de polpa) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	68,51c	72,69d	72,13d	69,23c	65,46c
0,2kGy	70,92d	71,69d	72,25d	67,28c	64,49c
0,4kGy	62,76b	64,49c	64,01b	55,23a	52,72a
0,6kGy	61,10a	64,29c	60,24a	59,13b	55,36b
0,8kGy	61,60a	61,77b	66,66c	65,50c	52,67a
1,0kGy	68,03c	59,84a	60,34a	58,04b	57,66b
CV	0,69	1,53	2,29	2,90	2,84

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.8 - Pectina Total (PT) e Pectina Solúvel (PS)

A pectina total (PT) apresentou diferença estatística entre os tratamentos, como pode ser visualizado na Tabela 11. Houve aumento nos valores de PT durante o período de armazenamento. Awad (1993) explicou que, conforme o fruto amadurece, ocorre a desintegração da parede celular, aumentando a solubilização das substâncias pécticas.

Comportamento semelhante a esta pesquisa foi encontrado por Bicalho (1998) e Miranda (2001), trabalhando com mamão *in natura* e pré-cortado, respectivamente. Verificou-se que a maior solubilização foi detectada nos frutos do grupo testemunha e com as menores doses de irradiação. Os M.M.P. tratados com as maiores doses de irradiação (e especificamente com a dose de 0,6kGy) apresentaram a menor solubilização de pectina total no final do período estudado. Estes resultados são condizentes com os encontrados por Zhao et al. (1996), que trabalharam com mamão irradiados nas doses 0,0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,0 e 1,5kGy. Estes pesquisadores verificaram que as doses de 0,5kGy e 1,0kGy apresentaram menor solubilização pética.

Tabela 11 – Valores médios da concentração de pectina total (mg de ácido galacturônico. 100g^{-1}) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	600,53b	604,44a	614,86a	754,91a	954,71c
0,2kGy	724,34c	753,20b	833,56e	896,04b	900,29c
0,4kGy	760,68d	870,06c	700,33c	862,24b	930,52c
0,6kGy	718,56c	755,59b	706,85c	705,54a	708,23a
0,8kGy	555,19a	654,54a	676,45b	716,45a	831,85b
1,0kGy	706,85c	757,46b	775,29d	756,61a	822,67b
CV	2,57	5,65	1,30	6,15	2,67

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Pode-se constatar que a irradiação foi eficiente na manutenção da integridade física dos frutos. Os valores de PT variaram entre 555,19 a 954,71mg ácido galacturônico. 100g^{-1} , similares aos teores encontrados por Bicalho (1998) em mamão *in natura*, que se situaram na faixa de 480,00 a 720,00mg ácido galacturônico. 100g^{-1} . Já Teixeira et al. (2001) obteve valores em torno de 0,43 a 0,60g ácido galacturônico. 100g^{-1} na polpa de mamão ‘Formosa’ minimamente processado.

Semelhante a (PT), a pectina solúvel (PS) também apresentou incremento em seus valores no decorrer do armazenamento e diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 12). A solubilização da pectina que acompanha o amadurecimento do fruto é normalmente atribuída à hidrólise das ligações glicosídicas na protopectina, catalizada pela

poligalacturonase (Pressey e Avants, 1982). Bicalho (1998) e Teixeira et al. (2001) também verificaram aumento nos valores de pectina solúvel no decorrer do armazenamento. Foi observado que, ao final do armazenamento, o mamão MP irradiado com 1,0kGy apresentou os menores teores de pectina solúvel. Este comportamento está de acordo com o encontrado por Zhao et al. (1996). Todavia contradiz algumas pesquisas que afirmaram que doses altas de irradiação podem causar injúrias e amaciamento dos tecidos (Maxie et al., 1971; Vieites, 1998; Chitarra e Chitarra, 1990). Os teores de pectinas solúveis encontrados nesta pesquisa foram de 166,25 a 422,05mg ácido galacturônico.100g⁻¹, similares aos encontrados por Bicalho (1998) em mamão *in natura* (entre 140,00 e 560mg ácido galacturônico.100g⁻¹). Os valores encontrados por Teixeira et al. (2001) variaram entre 0,48 e 0,52g ácido galacturônico.100g⁻¹. Estas diferenças são atribuídas a diferentes metodologias empregadas para a realização das análises, como também a diferentes unidades expressas.

Tabela 12 – Valores médios da concentração de pectina solúvel (mg de ácido galacturônico.100g⁻¹) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	168,06a	166,95a	224,91b	278,21c	280,81c
0,2kGy	166,25a	199,73c	204,86a	243,39b	255,67b
0,4kGy	218,25d	221,89d	228,53b	305,75d	422,05d
0,6kGy	188,03b	198,36c	205,82a	283,24c	300,14c
0,8kGy	195,58c	241,38e	262,65c	284,57c	291,69c
1,0kGy	186,33b	186,78b	210,69a	219,17a	236,37a
CV	2,68	1,75	2,50	3,71	3,58

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.9 - Atividade da Pectina Metilesterase (PME)

Pode-se verificar, com base nos dados expostos na Tabela 13, que os valores de pectina metilesterase (PME) apresentaram diferenças estatísticas significativas para todos os frutos tratados. Houve diminuição na atividade da PME para os frutos irradiados até o 5º dia de análise, e em seguida um ligeiro aumento, com posterior declínio concomitante com a senescência. Paull e Chen (1983) explicaram que em mamão, a atividade da PME se eleva

com o amadurecimento e é acompanhada por um aumento na atividade da PG e redução da firmeza da polpa. Os M.M.P. do grupo testemunha diferiram quanto a este comportamento, pois apresentaram alta atividade no 5º dia, revertendo este perfil nos 7º e 9º dias de armazenamento. A PME possui comportamento variável durante o amadurecimento do fruto, podendo aumentar, diminuir ou permanecer constante, como citado por Awad (1993). Acredita-se que esta enzima tenha pouco efeito no amaciamento da parede, servindo apenas para provocar a desmetilação parcial e permitindo a atividade da poligalacturonase (Paull et al., 1999). Os M.M.P. tratados com a dose de 0,6kGy chegaram ao final do período de armazenamento com menor atividade da enzima PME, ou seja, com possibilidade de maior vida útil. Estes dados estão condizentes com os encontrados por D’Innocenzo (1996) e Pimentel (2001). A atividade desta enzima em mamões minimamente processados oscilaram entre 625,00 e 1240,00 $\eta\text{mol/g}^{-1}.\text{min}^{-1}$. D’Innocenzo (1996) e Karakurt e Huber (2003) encontraram valores para PME na faixa de 25 a 55 meq/100g/h (mamão irradiado) e 0,30 a 0,50 mol H^{+} equivalentes $\text{kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ (mamão minimamente processado), enquanto Bicalho (1998) verificou valores médios de 7,13U/min/g de tecido para mamão tratado com cálcio.

Tabela 13 – Valores médios da concentração de pectina metilesterase ($\eta\text{mol/g}^{-1}.\text{min}^{-1}$) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	1.240,00e	960,00a	1.010,00c	945,00a	800,00c
0,2kGy	1.225,00e	1.012,50c	865,00a	990,00b	820,00c
0,4kGy	1.060,00d	986,50b	940,00b	1.025,00b	800,00c
0,6kGy	855,00b	960,00a	960,00b	1.120,00c	625,00a
0,8kGy	812,50a	940,00a	945,00b	1.120,00c	665,00b
1,0kGy	920,00c	1.040,00d	1.000,00c	1.000,00b	800,00c
CV	2,49	1,57	2,59	2,26	2,06

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.10 - Atividade da Poligalacturonase (PG)

A atividade de poligalacturonase (PG) aumentou concomitantemente com o tempo de armazenamento, como pode ser comprovado na Tabela 14. Este comportamento também foi

detectado por Paull e Chen (1983) e Paull et al. (1999). O amolecimento do fruto está correlacionado com a maior atividade da poligalacturonase. Pode-se constatar que tanto a PG quanto PS apresentaram melhores resultados nos cubos de mamões irradiados com as doses de 0,8kGy e 1,0kGy, respectivamente. D’Innocenzo (1996) verificou que o mamão irradiado apresentou menor atividade das enzimas PME, PG e B-galactosidase, responsáveis pela solubilização das pectinas que mantêm a firmeza do fruto ao longo do amadurecimento. O aumento na PG coincide com a perda da textura e com o aumento da pectina solúvel, segundo O’Connor-Shaw et al. (1994). Estas mudanças foram explicadas por Awad (1993), ao afirmar que o ácido poligalacturônico é despolimerizado formando unidades cada vez menores, até chegar ao ácido galacturônico e à pectina metilesterase (PME), que desesterifica as pectinas necessárias à ação da PG. Esta desesterificação provoca desestruturação e solubilização parcial da lamela média, causando perda de rigidez.

A poligalacturonase variou de 36,21 a 95,49 η mol/g⁻¹.min⁻¹. Karakurt e Huber (2003) encontraram em mamão minimamente processados valores para PG em torno de 0,15 a 0,4mol kg⁻¹ h⁻¹. Os valores encontrados por D’Innocenzo (1996) para PG em frutos de mamão se situaram na faixa de 1,00 a 7,00 η mol ác.galacturônico/100g/h. Bicalho (1998) encontrou valor médio de poligalacturonase para mamão com embalagem de PVC de 293,08U/min/g de tecido, e com tratamento com cálcio de 313,82U/min/g de tecido.

Tabela 14 – Valores médios da concentração de poligalacturonase (η mol/g⁻¹.min⁻¹) obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	59,24d	77,21d	80,22a	83,89d	93,93e
0,2kGy	63,84e	87,86e	88,56c	89,08e	95,49e
0,4kGy	43,86c	49,13b	54,22a	62,69b	89,51d
0,6kGy	41,65c	56,04c	55,89a	64,63b	75,37c
0,8kGy	39,30b	42,62a	54,35a	56,04a	62,04a
1,0kGy	36,21a	50,74b	52,92a	67,38c	70,53b
CV	4,26	4,13	4,11	2,27	2,23

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.11 - Análise Sensorial

A Tabela 15 mostra a evolução na variação média da cor, aroma, textura e sabor dos diferentes tratamentos durante o período experimental. Observa-se que a partir do 3º dia houve diferença estatística para todos atributos avaliados.

Como consequência normal do amadurecimento houve evolução da cor em todos os frutos dos tratamentos. A partir da avaliação realizada verifica-se que a cor no início do experimento encontrava-se na classe de moderada progredindo para cor intensa no final do período avaliado. Mesmo os M.M.P. de todos os tratamentos terem apresentado-se dentro da mesma classe de coloração do começo ao final do período estudado, nota-se que as doses de 0,6; 0,8 e 0,1kGy retardaram a evolução da cor do 3º ao 9º dia. D’Innocenzo (1996) não observou interferência da irradiação sobre a cor e Pimentel (2001) não verificou retardo deste parâmetro, mais sim maior uniformidade de cor nos frutos irradiados, alteração também acusada por Bleinroth (1995). Os cubos de mamão tratados com as maiores doses de irradiação sobressaíram-se sobre os demais tratamentos. Este resultado contradiz Giannoni et al. (1999), Giannoni e Vieites (1999) e Kaneshiro et al. (2001), que verificaram que as doses mais elevadas causaram injúrias nos frutos *in natura*. Contrariamente aos trabalhos com frutos inteiros, os minimamente processados não apresentaram qualquer tipo de injúrias detectável visualmente em doses maiores de irradiação. A cor moderada foi associada ao alaranjado-claro e a intensa ao alaranjado-avermelhado.

Não foram visualizadas reações de escurecimento enzimático nos cubos de mamões dos tratamentos durante o armazenamento. Miranda (2001), trabalhando com mamão pré-cortados, também não verificou escurecimento. Já Sarzi (2002) constatou escurecimento nos cubos de mamão. De acordo com Rolle e Chism (1987) e Chitarra (1999), o corte dos frutos permite contato direto das enzimas oxidativas e seus substratos, ocorrendo dessa forma o escurecimento dos tecidos.

Para o atributo aroma não foram verificadas diferenças estatísticas nos frutos dos diferentes tratamentos. A evolução do aroma atingiu seu pico no 5º dia, em seguida demonstrou perda no aroma devido aos frutos já se apresentarem em processo senescente. O aroma variou no 1º dia de moderado e forte nos 3º e 5º dias, declinando para fraco e sem

aroma nos 7º e 9º dias respectivamente. A classe sem aroma se refere à perda do aroma característico do mamão. Este comportamento já era esperado, pois os frutos MP apresentam rápidas perdas organolépticas. Neste experimento, mesmo sem diferenças estatísticas significativas, notam-se tendências de preservação do aroma nas doses de 0,6 e 1,0kGy, semelhante aos resultados encontrados por Bleinroth (1995), que constatou que doses de 0,5kGy a 0,8kGy aplicadas em mamões permitiram a manutenção da textura, sem ocorrer perda do aroma e do sabor.

A textura do fruto é uma avaliação completa de sensação que ele produz na boca e consiste numa combinação das sensações percebidas nos lábios, na língua, nas paredes da boca, nos dentes e nos ouvidos (Awad, 1993).

A textura julgada pela equipe de provadores demonstrou que a irradiação mostrou efeito positivo sobre este parâmetro, sendo as doses 0,2; 0,6; 0,8 e 1,0kGy mais eficazes. Bleinroth e Sigrist (1989), D’Innocenzo (1996) e Pimentel (2001) verificaram efeitos da irradiação na manutenção da textura. Uma vez que a irradiação age retardando o amadurecimento, ela naturalmente mantém a firmeza dos tecidos dos frutos, como postulado por Thomas (1986). A variação da textura foi de média a mole no final do período avaliado, que para este atributo foi até o 5º dia. Não foi possível realizar análises nos 7º e 9º dias, pois os frutos estavam impróprios para o consumo.

O sabor do mamão é muito apreciado devido a sua baixa acidez e alto teor de açúcares. Dessa forma, os frutos deste experimento obtiveram grande aceitabilidade. Palatavelmente não foi detectado nenhum sabor anormal, não-característico do sabor próprio do mamão, confirmando dessa forma os relatos feitos por O’Beirne (1989), Bande (1990), Loaharanu (1994) e Gomez et al. (1999), de que a irradiação não promove nenhum efeito toxicológico e sabor diferente dos frutos não-irradiados. O sabor oscilou entre moderado a forte nos 1º, 3º e 5º dias, não sendo possível degustá-los nos 7º e 9º dias de armazenamento, devido à presença de leveduras.

Tabela 15 – Valores médios da cor, aroma, textura e sabor obtidos em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
COR¹					
TESTEMUNHA	5,71a	7,29b	7,43b	9,00c	9,00b
0,2 kGy	5,71a	7,14b	7,71b	8,86c	9,00b
0,4 kGy	6,14a	7,29b	8,57c	9,00c	9,00b
0,6 kGy	5,57a	6,29a	6,71a	7,14a	8,00a
0,8 kGy	6,00a	6,57a	6,71a	8,00b	8,29a
1,0 kGy	5,71a	6,71a	6,57a	7,71b	8,29a
CV	6,82	7,48	6,72	3,76	3,56
AROMA¹					
TESTEMUNHA	5,71a	8,71a	8,86a	2,43a	1,43a
0,2 kGy	5,57a	8,57a	8,71a	2,43a	1,57a
0,4 kGy	6,00a	8,71a	8,85a	2,29a	1,43a
0,6 kGy	5,71a	8,43a	8,57a	2,57a	1,71a
0,8 kGy	5,71a	8,57a	8,71a	2,43a	1,43a
1,0 kGy	5,57a	8,57a	8,71a	2,43a	1,71a
CV	7,92	5,79	4,56	21,33	24,01
TEXTURA¹					
TESTEMUNHA	6,43a	3,14a	2,43a	***	***
0,2 kGy	6,57a	4,00b	3,43b	***	***
0,4 kGy	6,43a	3,14a	2,57a	***	***
0,6 kGy	6,71a	4,43b	3,71b	***	***
0,8 kGy	6,43a	4,00b	3,43b	***	***
1,0 kGy	6,57a	4,43b	3,57b	***	***
CV	8,48	11,92	18,63	***	***
SABOR¹					
TESTEMUNHA	6,71a	7,57b	8,86b	***	***
0,2 kGy	7,29b	7,00a	8,71b	***	***
0,4 kGy	7,43b	7,43b	8,71b	***	***
0,6 kGy	6,43a	6,57a	8,00a	***	***
0,8 kGy	6,71a	7,43b	8,57b	***	***
1,0 kGy	6,43a	8,00b	8,29a	***	***
CV	6,35	6,83	5,55	***	***

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

*** Testes não realizados (frutos impróprios para consumo)

¹ Notas utilizadas nesta avaliação

Notas	Cor	Aroma	Textura	Sabor
1	sem cor	Sem aroma	Textura bem mole	Sem sabor
2 – 3	cor fraca	Aroma fraco	Textura mole	Sabor fraco
4 – 5 – 6	cor moderada	Aroma moderado	Textura média	Sabor moderado
7 – 8	cor forte	Aroma forte	Textura dura	Sabor forte
9	cor intensa	Aroma intenso	Textura muito dura	Sabor intenso

4.12 - Índice de Doenças e Conservação Pós-Colheita

Para o parâmetro índice de doenças, a irradiação não foi totalmente suficiente para conter o crescimento da microbiota, pois nos 7º e 9º dias surgiram leveduras nos cubos de mamão, tanto nos cubos do grupo testemunha, quanto nos submetidos à irradiação. Carvalho e Lima (2000) trabalhando com mamão submetido a três tipos de cortes e envolvidos por PVC, durante 10 dias, não detectaram infecção aparente. Notou-se que o surgimento de leveduras foi decrescente com as maiores doses aplicadas, como pode ser visto na Tabela 16. A partir das observações realizadas, pode-se constatar que, apesar dos raios gama não terem sido efetivos no controle do crescimento leveduriforme, houve o atraso de dois dias no aparecimento destes fungos nos M.M.P. com doses de 0,6kGy a 1,0kGy. Urbein (1986) encontrou atraso de vários dias com 1,0kGy. Além disto, a porcentagem de crescimentos tendeu a diminuir com a elevação dos níveis de irradiação. Pimentel (2001) verificou que a irradiação também não teve completo efeito na qualidade fitossanitária do mamão.

Tabela 16 – Índice de doenças (%) obtido em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO				
	1	3	5	7	9
TESTEMUNHA	0,00	0,00	0,00	40,00	100,00
0,2kGy	0,00	0,00	0,00	30,00	100,00
0,4kGy	0,00	0,00	0,00	10,00	60,00
0,6kGy	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00
0,8kGy	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00
1,0kGy	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00

O mamão apresenta características ótimas para a proliferação de microrganismos, já que possui polpa tenra, baixo pH e alto teor de açúcar. Isto se agrava em se tratando de frutos pré-cortados, pois além dos fatores mencionados anteriormente, ainda são liberados nutrientes pelas células durante o processamento. Todavia, novamente se faz verdadeira as afirmações de que a irradiação não deixa resíduos nos produtos, uma vez que os pedaços de mamão apresentaram-se contaminados. Para se obter maior eficiência no controle de doenças é

aconselhável associar a irradiação com outros métodos de conservação, como afirmaram The e Carlin (1994), McGuire (1994), Tape (1996), Wiley (1997), Almeida (1998) e Santin (2000).

Analizando os fatos e confirmando que todos procedimentos foram devidamente seguidos para uma boa higienização do experimento, pode-se sugerir outra alternativa para explicar o problema fitossanitário gerado, como o trânsito dentro da câmara-fria durante as análises. Também a temperatura de armazenamento empregada poderia ter sido menor, como preconizado por Dignan (1997), e o estágio de maturação menos avançado (Durigan, 2000 e Iaderoza et al., 1988).

A microflora de produtos minimamente processados precisa de mais estudos para determinar quando eles se originam no tecido do fruto (O'Connor-Shaw et al., 1994). Os mesmos autores destacaram as possibilidades da infecção, que pode ser proveniente da pré-colheita e estando na superfície do fruto, como resultado de uma contaminação do ambiente ou nos equipamentos de processamento.

A conservação pós-colheita deste trabalho foi de cinco dias para os M.M.P. da testemunha, 0,2 e 0,4kGy, e de sete dias para os frutos irradiados nas doses de 0,6; 0,8 e 1,0kGy. Estes resultados estão condizentes com os apresentados por Sarzi (2002), que obteve conservação para o mamão de sete dias quando conservados a 9°C. A conservação, assim como a aparência e a análise sensorial, foi afetada devido à colonização por leveduras. No entanto, o estado de conservação deste experimento, mesmo sofrendo contaminação e armazenado a 9°C, apresentou-se melhor do que os apontados por O'Connor-Shaw et al. (1994) e Miranda et al. (2000), que foram de dois dias à temperatura de 4°C e cinco dias refrigerados a 10°C, respectivamente. Miranda (2001), Teixeira et al. (2001) e Sarzi (2002) encontraram valores maiores aos desta pesquisa (oito dias à temperatura de 6°C, sete dias à temperatura de 3°C e 6°C, e 10 dias à temperatura de 3°C e 6°C, respectivamente). De acordo com Silva (1989) e Bleinroth (1995), a irradiação prolonga a vida útil das frutas, permanecendo isentas de quaisquer insetos.

Estas diferenças no período de conservação se devem a diferentes cultivares, estádios de maturação, temperaturas empregadas, processamento e tratamentos aplicados (Ital, 1989).

4.13 - Análises Microbiológicas

4.13.1 - Contagem Total de Bactérias Aeróbicas Mesófilas e Psicrotróficas

Como observado nas Tabelas 17 e 18, os frutos do grupo testemunha revelaram a real situação da microbiota presente nos 1º, 5º e 9º dias. Foram observadas taxas de crescimento bacteriano de 163,41% (bactérias mesófilas) e 183,33% (bactérias psicrotróficas). Apesar do grupo mesófilo ser predominante em produtos MP sob temperatura ambiente, como afirmaram Watada et al. (1996), a maior densidade populacional de microrganismos psicrotróficos encontrada neste experimento certamente se deu em função da melhor adaptação à temperatura de resfriamento, como frisado por Silva (2000).

Tabela 17 – Concentração de bactérias mesófilas ($\times 10^3$ UFC/mL) obtida em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO		
	1	5	9
TESTEMUNHA	0,82	1,14	2,16
0,2kGy	0,15	0,05	0,08
0,4kGy	0,45	0,11	0,20
0,6kGy	0,66	0,19	0,37
0,8kGy	0,70	0,20	0,22
1,0kGy	0,62	0,18	0,29

Tabela 18 – Concentração de bactérias psicrotróficas ($\times 10^3$ UFC/mL) obtida em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO		
	1	5	9
TESTEMUNHA	0,42	0,92	1,19
0,2kGy	0,27	0,13	0,18
0,4kGy	0,31	0,14	0,20
0,6kGy	0,35	0,16	0,23
0,8kGy	0,41	0,18	0,39
1,0kGy	0,47	0,20	0,36

Mesmo com cargas microbianas mais elevadas ao final do período de armazenamento, pode-se considerar que a qualidade higiênico-sanitária deste produto ainda se manteve dentro dos padrões de aceitabilidade para consumo humano, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil, 2001). A densidade de bactérias mesófilas pode ser visualizada na Figura 5.



Figura 5 – Contagem em placa de Petri de bactérias mesófilas do grupo testemunha no 1º dia de avaliação

Ao se considerar o dia 1 para os M.M.P., a concentração de bactérias mesófilas e psicrotróficas se manteve dentro dos padrões aceitos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (Brasil, 2001). A média populacional para este dia de análise foi de $0,57 \times 10^3$ UFC/mL (mesófilos) e $0,37 \times 10^3$ UFC/mL (psicrotóxicos), reforçando a idéia de contaminação ambiental do fruto, como descrito por Mões-Oliveira (2001). O processamento mínimo certamente favoreceu a rápida colonização do parênquima do fruto, especialmente por permitir o contato do mesmo com a microbiota (corte e exposição da polpa), como também sugerido por Jorge et al. (2001) e Miranda (2001).

Cinco dias após a irradiação, pode-se notar uma redução acentuada na concentração da microbiota bacteriana, já que o processo possui a capacidade de atuar sobre tais populações (Figura 6). Em similaridade com os dados sugeridos por Silva (2000) e Souto et al. (2001), a

irradiação foi eficaz no controle da população bacteriana, reduzindo a sua densidade. Neste experimento observou-se que os valores médios para a contagem da microbiota passaram para $0,15 \times 10^3$ UFC/mL (mesófilos) e $0,16 \times 10^3$ UFC/mL (psicrótróficos). O percentual de redução destas populações variou de 51,85% a 75,56% nos grupos irradiados, demonstrando que, de uma maneira geral, o grau de redução populacional esteve relacionado com doses mais elevadas de irradiação gama, como também sugerido por Lima et al. (2001a).

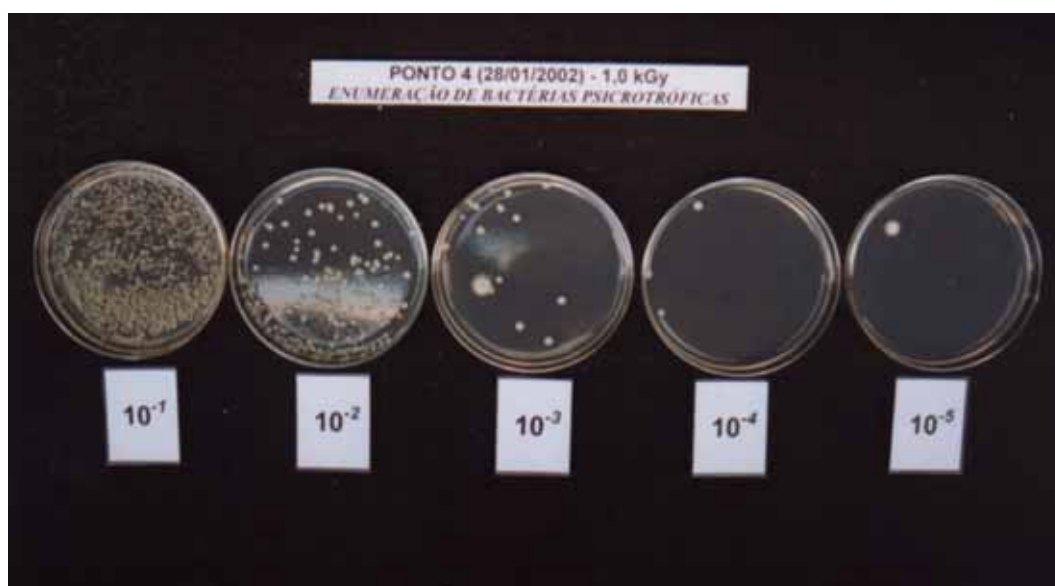


Figura 6 - Contagem em placas de Petri de bactérias psicrótróficas do grupo irradiado com 1,0kGy no 5º dia de avaliação

Aos nove dias de estocagem, os frutos irradiados apresentaram cargas microbianas totais superiores ao 5º dia de avaliação. Pode-se observar neste experimento uma ampla variação na contagem populacional neste momento, alcançando reduções da ordem de 68,57% até 23,40%. Mesmo tendo sofrido a ação da irradiação em uma fase anterior, o crescimento bacteriano já não foi mais afetado pelo processo, já que a tecnologia irradiativa não deixa efeitos residuais com relação a microbiota. É possível que este aumento na carga populacional bacteriana se deva à estocagem dos frutos a 9°C, temperatura provavelmente ineficaz para a conservação deste tipo de produto. Associado a este fato, pode ter ocorrido contaminação na própria câmara-fria. Apesar do frio ser um dos métodos mais vantajosos de preservar alimentos, como apontado por Watada et al. (1996) e O'Connor-Shaw et al. (1994), torna-se

praticamente impossível manter alimentos MP longe da contaminação ambiental (Vanetti, 2004). Mesmo com inúmeros cuidados tomados no manuseio e estocagem das bandejas é provável que esta contaminação realmente tenha ocorrido, contribuindo para o aumento na contagem da população bacteriana total.

A densidade bacteriana total nos frutos irradiados (incluindo microrganismos mesófilos e psicrotróficos) foi de $0,44 \times 10^3$ UFC/mL (1º dia); $0,15 \times 10^3$ UFC/mL (5º dia) e $0,25 \times 10^3$ UFC/mL (9º dia). Já no grupo testemunha, estes valores foram, respectivamente, de $0,62 \times 10^3$ UFC/mL; $1,03 \times 10^3$ UFC/mL e $1,68 \times 10^3$ UFC/mL. Estes dados comprovam que a irradiação, em conjunto com a refrigeração, foi eficiente no controle da população microbiana, evitando que a mesma sobrepujasse os valores obtidos para o fruto MP antes que estes processos fossem realizados. Os valores oriundos desta pesquisa são consistentes com os preconizados por Teixeira et al. (2001), situando-se mais baixos que os apontados por Jorge et al. (2001). Mesmo assim, deve-se ressaltar que em todos os experimentos aqui citados, há um padrão higiênico-sanitário considerado aceitável para consumo humano dos frutos MP pesquisados (Brasil, 2001).

4.13.2 - Contagem Total de Bolores e Leveduras

As contagens de fungos podem ser visualizadas nas Tabelas 19 e 20. Para os M.M.P. não-irradiados (testemunha), pode-se observar um incremento na população fúngica de 150,00% a 707,14% (leveduras, 5º e 9º dias) e 67,86% a 133,93% (bolores, 5º e 9º dias). Este aumento extremamente elevado em ambas populações reflete uma possível falha na cadeia do processamento, especialmente na estocagem sob refrigeração. Os mesmos problemas citados para contagens bacterianas altas nestes períodos também se aplicam aqui. Uma pesquisa conduzida por Miranda (2001) não encontrou microrganismos fúngicos em mamão MP, provavelmente em função dos sanitizantes utilizados anteriormente naquele experimento, o que impossibilita uma comparação com os dados desta pesquisa, pois o principal processo de controle microbiano aqui utilizado não foi químico, mas sim físico (irradiação).

Tabela 19 – Concentração de fungos leveduriformes ($\times 10^3$ UFC/mL) obtida em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO		
	1	5	9
TESTEMUNHA	0,14	0,35	1,13
0,2kGy	0,25	0,11	0,35
0,4kGy	0,28	0,13	0,35
0,6kGy	0,22	0,13	0,28
0,8kGy	0,29	0,14	0,32
1,0kGy	0,21	0,09	0,21

Tabela 20 – Concentração de fungos filamentosos ($\times 10^3$ UFC/mL) obtida em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO		
	1	5	9
TESTEMUNHA	0,56	0,94	1,31
0,2kGy	0,75	0,39	0,52
0,4kGy	0,72	0,21	0,41
0,6kGy	0,49	0,11	0,27
0,8kGy	0,66	0,38	0,48
1,0kGy	0,51	0,30	0,56

Após a irradiação, os M.M.P. analisados no 5º dia tiveram uma redução significativa na microbiota fúngica, seja leveduriforme (média de 51,87%) ou filamentosa (média de 56,00%). Isto comprova a ação da radiação ionizante do cobalto 60 no controle destes microrganismos, como citado por Silva (2000).

Já no 9º dia, a população fúngica foi significativamente mais elevada, sobrepunhando até mesmo as contagens iniciais obtidas no dia zero. Dados contidos nas Tabelas 19 e 20 demonstram variações amplas na densidade fúngica, se estendendo de incrementos da ordem de 40,00% a reduções abruptas de 44,90%. Mais uma vez pode-se apontar a contaminação na câmara-fria como um possível fator complicante nesta pesquisa.

Infelizmente não há dados de órgãos oficiais para afirmar que o mamão MP deste experimento achava-se dentro de padrões aceitáveis para consumo humano. Entretanto, é salutar que um produto destinado ao consumo humano possua o mínimo possível de

microrganismos fúngicos em sua estrutura (Brasil, 2001). De forma similar à proposta por Silva (2000), a contagem total de leveduras em alimentos apresentou-se menor que a verificada para bolores e bactérias.

4.13.3 - Contagem de Coliformes Totais e Fecais

Os valores de contagem total para bactérias do grupo coliforme estão presentes na Tabela 21. Pode-se notar que após o processo de irradiação, ou mesmo no grupo testemunha, não foi verificada a presença destes microrganismos. Este fato certamente está relacionado com o binômio irradiação-frio, já que os representantes deste grupo não apresentam muita resistência aos dois procedimentos adotados (Silva, 2000).

Tabela 21 – Concentração de coliformes totais (NMP/g) obtida em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação ao longo do período de armazenamento.

TRATAMENTO	DIAS DE CONSERVAÇÃO		
	1	5	9
TESTEMUNHA	0,02	0,00	0,00
0,2kGy	0,11	0,00	0,00
0,4kGy	0,05	0,00	0,00
0,6kGy	0,07	0,00	0,00
0,8kGy	0,05	0,00	0,00
1,0kGy	0,04	0,00	0,00

Com base nos resultados de colimetria total, pode-se inferir que as condições empregadas durante a cadeia de processamento mínimo neste experimento foram satisfatórias. Mesmo com possíveis problemas durante a estocagem (como sugerido nos tópicos pertinentes as microbiotas bacteriana (mesófilas/psicrotróficas) e fúngica (filamentosa/leveduriforme), é provável que o risco de contaminação tenha sido muito menor que o verificado para os outros grupos de microrganismos estudados.

Como parâmetro para uma possível contaminação fecal, não foi acusada a presença de *Escherichia coli*, o que está em conformidade com a legislação brasileira para alimentos (Brasil, 2001). Isto realça as condições em que o experimento foi conduzido em sua fase inicial, particularmente durante o processo de fatiamento e embalagem (não houve

contaminação humana). Silva (2000) destacou a importância da pesquisa de coliformes fecais na qualidade dos alimentos, apontando uma deficiência higiênico-sanitária como a principal causa desta contaminação.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A irradiação, na dose de 0,6kGy, demonstrou ser a mais eficiente para manter as características de qualidade do mamão minimamente processado. Fatores analisados como aparência, cor, acidez titulável (AT), pectinaTotal (PT) e pectina- metilesterase (PME) foram significativamente beneficiadas pela irradiação nesta dose.

A perda de massa fresca (PMF) e textura, mesmo sem diferenciarem sob o ponto de vista estatístico, tenderam a apresentar melhores resultados na dose de 0,6kGy. A dose de 1,0kGy também apresentou frutos com aparência superior, com teor mais elevado de sólidos solúveis (SS), menor hidrólise de açúcares totais (ATotais), maior conteúdo de sacarose (S) e menor solubilização da pectina solúvel (PS). Em conjunto com a dose 0,2kGy, a irradiação a 0,6kGy apresentou melhores resultados de potencial hidrogeniônico pH. O processo de

irradiação não exerceu influência positiva sobre as variáveis vitamina C e açúcares redutores (AR).

Com relação ao aparecimento de doenças, pode-se afirmar que os cubos de mamão irradiados nas doses de 0,6; 0,8 e 1,0kGy propiciaram atraso de dois dias na manifestação de leveduras.

O período de conservação pós-colheita do mamão minimamente processado e armazenado à temperatura de $9 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 5\%$ de UR, foi de cinco dias para os frutos do grupo testemunha, 0,2 kGy e 0,4kGy, e de sete dias para os frutos tratados com 0,6; 0,8 e 1,0KGy.

As análises microbiológicas confirmaram que a irradiação foi eficiente para controlar a densidade microbiana até cinco dias de estocagem refrigerada, porém no 9º dia observaram-se valores aumentados para contagens microbianas totais.

Comprovou-se neste experimento que a irradiação torna as etapas do processamento mínimo bem mais fáceis e ágeis, diminuindo o manuseio dos pedaços de frutas.

O mamão 'Formosa', devido a sua morfologia, permite um bom rendimento em pedaços e facilidade para obtenção dos cubos em torno de (2,5 x 2,5cm).

Os cubos apresentaram-se inicialmente com excelente visual de cor, sabor, aroma, firmeza e grande potencial para serem comercializados, com grande aceitação pelos consumidores.

6 – IMPLICAÇÕES

Os produtos minimamente processados são uma realidade no cotidiano, e sua maior finalidade é apresentar produtos de fácil consumo.

O consumo de frutas e hortaliças aumentou bastante diante da facilidade que estes produtos oferecem. Está aceitação pode ser comprometida se for colocada em risco a higiene destes produtos, como infelizmente já está ocorrendo com muitas empresas deste setor.

Há urgência na implantação de legislação e controle sanitário mais rigoroso, para que todo o trabalho realizado até o momento não seja perdido. Também as frutas minimamente processadas merecem atenção especial por parte de pesquisas especializadas, pois necessitam de alguns ajustes para fundamentar sua manutenção no mercado.

Existe uma carência muito grande de equipamentos para a instauração destas técnicas neste setor, como cortadores industriais para agilizar e padronizar o processamento, e elaboração de centrífuga apropriada aos tecidos frágeis das frutas. Também há necessidade de expandir conhecimentos na área de frutas pré-cortadas e irradiadas, já que esta técnica absorve muitas vantagens para estes produtos.

Outros experimentos poderiam ser desenvolvidos para testar a ação da irradiação sobre os microrganismos no mamão pré-cortado em estágio de maturação 65%-70% e armazenados à temperatura de 4°C. Sugere-se também que as análises microbiológicas sejam realizadas em todos os pontos de análise do experimento, para se ter certeza em que ponto exatamente ocorreu alguma alteração. Seria interessante testar doses mais altas que 1,0kGy, já que não foi detectada nenhuma alteração visual e sensorial por parte da equipe de avaliadores. Novos experimentos similares a este contribuiriam para elucidar se a contaminação dos frutos se deu por doses ineficientes de irradiação, estágio de amadurecimento mais avançado, falhas no processamento, ou contaminação por manuseio.

Mesmo diante das barreiras ainda existentes, como poucos irradiadores disponíveis e insegurança por falta de conhecimento por parte dos consumidores, a irradiação vai ocupar lugar de destaque no Brasil no tratamento de alimentos, como já acontece em alguns países.

7 – CONCLUSÕES

De acordo com as condições em que este experimento foi executado, pode-se afirmar que a irradiação gama:

- na dose de 0,6kGy, demonstrou ser a mais adequada para manter as características de qualidade do mamão minimamente processado;
- foi eficiente no controle da microbiota até cinco dias, e no surgimento de doenças até sete dias para as doses de 0,6; 0,8 e 1,0kGy;
- permitiu agilizar as etapas do processamento mínimo e diminuir o manuseio dos cubos de mamão.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2004, p.338-346.

AKAMINE, E.K., GOO, T. Relationship between surface color development and total soluble solids in papaya. **HortScience**, v.6, n.6, p.567-569, 1971.

ALMEIDA, M.E.M. Processamento mínimo de frutas. In: SEMINÁRIO SOBRE PRODUTOS HORTIFRUTÍCOLAS MINIMAMENTE PROCESSADOS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Fruthotec-Ital. 1998. 13p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2004. 136p.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. São Paulo: Camargo Soares, 2000. 435p.

ARRIOLA, M.C., MADRID, M.C., ROLZ, C. Alguns cambios físicos y químicos de la papaya durante su almacenamiento. **Proceedings of Tropical Region of the American Society of Horticultural Science**, v.19, p.97-109, 1975.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos.** São Paulo: Nobel, 1993. 114p.

BANDE, A.L. Aplicaciones de la irradiación de los alimentos: diversos aspectos relacionados. **Alimentaria**, v.27, p.23-28, 1990.

BANWART, G.J. **Basic food microbiology.** New York: AVI, 1989. 773p.

BICALHO, U.O. **Vida útil pós-colheita de mamão submetido a tratamento de cálcio e filme de PVC.** Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). 1998. 145p. Ufla, Lavras, 1998.

BITTER, T., MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, v.34, p.330-334, 1962.

BLEINROTH, E.W. Classificação e embalagem do mamão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 1, 1980. **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1980. p.243-252.

BLEINROTH, E.W. **Qualidade dos produtos hortifrutícolas.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1988. 67p.

BLEINROTH, E.W. Determinação do ponto de colheita. In: GAYET, J.P., BLEINROTH, E.W., MATALLO, M. et al. **Mamão para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita.** Brasília: Maara/Frupex, p.10-24, 1995. (Série Publicações Técnicas).

BLEINROTH, E.W., SIGRIST, J.M.M. Matéria-prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos.** 2.ed. Campinas: ITAL, 1989. cap.2. p.178-254.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa, Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. *Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos*. Disponível em <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01.rdc.htm>. Acesso em: 24 de julho de 2004.

BRAVERMAN, J.B.S. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: ômega, 1967. 355p.

BUESCHER, R.W., FURMANSKI, R.J. role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, v.43, n.1, p.264-266, 1978.

CALIMAN AGRÍCOLA. *Desenvolvimento do mamão ‘Formosa’ UENF-Caliman 01*. Disponível em <<http://www.papayacaliman.com.br>>. Acesso em: 03 de novembro de 2003.

CALORE, L. **Conservação de pêssago ‘Biuti’ irradiados e armazenados com e sem refrigeração**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), 2000. 90p. Unesp, Botucatu, 2000

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: Kader, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Davis: University of California, 1992. p.277-281.

CARVALHO, A.V., LIMA, L.C.O. Armazenamento pós-colheita de mamões (*Carica papaya* L.) cv. Sunrise Solo minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, 2000, **Anais...** Viçosa: UFV/Fapemig/Epamig, 2000. p.17.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE AGROINDÚSTRIA TROPICAL. Projeto vai definir soluções para processamento mínimo de frutos. **EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL**, n.59, p.6-7, novembro de 1999. (Folheto).

CHAN Jr., H.T. HIBBARD, K.L., GOO, T. Sugar composition of papayas during fruit development. **HortScience**, v.14, p.140-141, 1979.

CHEFTEL, J., CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. v.1. 220p.

CHEN, N.M., PAULL, R.E. Development and prevention of chilling injury in Papaya fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.111, n.4, p.639-643, 1986.

CHITARRA, M.I.F. Alterações bioquímicas do tecido vegetal com o processamento mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Esalq-USP, 1999. 9p.

CHITARRA, M.I.F., CHITARRA, A.B. **Armazenamento. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/Faepe, 1990. 293p.

CROOKES, P.R., GRIERSON, D. Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase isoenzymes in cell wall degradation. **Plant Physiology**, v.72, p.1.088-1.093, 1983.

DE MARTIN, Z.J., OLIVEIRA, N., KATO, K. et al. Descascamento mecânico do mamão e processamento do purê asséptico. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.8, n.1, p.409-436, 1977.

D'INNOCENZO, M. **Comportamento de enzimas da parede celular e textura da polpa relacionados ao tratamento de irradiação de mamões (*Carica papaya* L. Cv. solo) durante o amadurecimento**. Dissertação (Mestrado em Ciências). 1996. 85p. Esalq-USP, Piracicaba, 1996.

DIGNAN, D.M. Regulamentaciones relativas a los alimentos refrigerados minimamente procesados. In: WILEY, R.C. **Frutas y hortalizas minimamente processadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, p.319-346, 1997.

DRAETA, I.S., SHIMOKOMAKI, M., YOKOMIZO et al. Transformações bioquímicas do mamão (*Carica papaya* L.) durante a maturação. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.6, n.2, p.395-408, 1975.

DURIGAN, J.F. Processamento mínimo de frutas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16, 2000. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. 12p.

FRATESCHI, P.W.B. **Radiação gama com cobalto 60 na conservação pós-colheita de goiaba branca (*Psidium guajava* L.)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 1999. 141p. UFG, Goiânia, 1999.

GIACOMETTI, D.C., FERREIRA, F.R. Melhoramento genético do mamão no Brasil e perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 2, 1988. **Anais...** Jaboticabal: FCAV, 1988. p.377-387.

GIANNONI, J.A, CALORE, L., VIEITES, R.L. Efeito da radiação gama na conservação pós-colheita da lima ácida ‘Tahiti’. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTICULTURA, 1, 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Unesp, 1999. p.39.

GIANNONI, J.A, VIEITES, R.L. Radiação gama com 60cobalto e filme de polietileno na conservação de frutos de kinkanzeiro armazenados sob refrigeração In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 3, 1999. **Anais...** Campinas: Unicamp, 1999. p.202.

GIANNONI, J.A. **Efeito da radiação gama e do Cálcio na conservação pós-colheita da goiaba branca armazenada sob refrigeração**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 2000. 184p. Unesp, 2000.

GOMES, F.P. Curso de estatística experimental: 12.ed. Piracicaba: Nobel, 1987.

GOMEZ, M.L.P.A., LAJOLO, F.M., CORDENUNSI, B.R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. cv. Solo): influência da radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.2, p.142-150, 1999.

GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS (GCIIA). **Fichas descritivas**. s.1., s.ed., 1991. 38p.

HILKER, D.M., YOUNG, R.L. Effects of gamma irradiation on some nutritional and biochemical properties of papaya. **Hawaiian Farm Science**, v.15, n.4, p.7, 1966.

HONÓRIO, S.L., ROCHA, J.L.V. Armazenagem e conservação de mamão (*Carica papaya* L.) cv. solo. In: SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 2, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1988. p.293-310.

HULTIN, H.O., SUN, B., BULGER, J. Pectin methyl esterases of the banana. Purification and properties. **Journal of Food Science**, v.31, n.3, p.320-327, 1966.

IADEROZA, M., BLEINROTH, E.W., AZUMA, E.H. Efeitos da radiação ionizante na atividade da pectinesterase do mamão cultivar Solo. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.1, p.76-82, 1988.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Ital, v.1, 1985. 533p.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – ITAL. **Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2.ed. Campinas: Ital, 1989.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. **Microorganisms in foods**. 2nd ed. Toronto: University of Toronto, 1982. 436p.

JORGE, L.S., PEREIRA, J.L., MIYA, N.T.N. et al. Avaliação microbiológica de mamão (*Carica papaya* L.), cultivar Solo, minimamente processado. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2001. p.319 (trabalho 1096-484).

KADER, A.A. Potential application of ionization radiation in postharvest handling of fresh fruit and vegetables. **Food Technology**, v.40, n.6, p.117-121, 1986.

KADER, A.A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A.A. **Post harvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. California: University of California, 2002. Cap.3, p.15-20.

KANESIRO, M.A.B., OLIVEIRA, A.L., SIQUEIRA, A.M.F. et al. Efeito da irradiação na conservação pós-colheita de abacates 'Breda'. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS, 4, 2001. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2001, p.201.

KARAKURT, Y., HUBER, D.J. Activities of several membranes and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.28, p.219-229, 2003.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plants products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532p.

KOVACS, E., DJEDJRO, G.A., SASS, P. Changes in organic acids of fruits after different treatment. **Acta Horticulturae**, n.368, p.251-261, 1994.

LACERDA, S A. **Aplicação de radiação gama na conservação pós-colheita de pepinos *in natura* e pré-processado sob armazenados sob refrigeração**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 2000. 136p. Unesp, 2000.

LAWRENCE, G.H.M. **Taxonomy of vascular plants**. New York: MacMillan, 1971. 821p.

LIMA, K.S.C., COSTÊLHA, S.S., LUCHESE, R.H. et al. Qualidade em cenouras (*Daucus carota*) minimamente processadas e irradiadas: avaliação microbiológica e instrumental de cor e textura. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2001a. p.285 (trabalho 0977-599.2).

LIMA, K.S.C., SILVA, A.T., LIMA, A.L.S. et al. Estudo da irradiação gama nos alimentos habitualmente consumidos na região Sudeste e seus efeitos na disponibilidade das vitaminas.

In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS, 4, 2001. **Anais...** Campinas: Unicamp: SBCTA, 2001b, p.226.

LIMA, L.C.O. Processamento mínimo de kiwi e mamão. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2000. p.95-109.

LIMA, L.C.O. Introdução às boas práticas de fabricação. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3, 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p.218-226.

LOAHARANU, P. Status and prospects of food irradiation. **Food Technology**, v.48, n.5, p.124-131, 1994.

LUNA, J.V.U. Variedades de mamoeiro. **Informe Agropecuário**, v.12, n.134, p.14-18, 1986.

MANICA, I. **Fruticultura tropical. 3. Mamão**. São Paulo. Agronômica Ceres, 1982. 255p.

MARIN, S.L.D., OLIVEIRA, H., BIANCO, S. et al. **Aspectos econômicos da cultura do mamoeiro**. Jaboticabal. Unesp/FCAV, 1986. 14p.

MARIN, S.L.D., GOMES, J.A, SALGADO, J.S., M. et al. Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no estado do Espírito Santo. 4.ed. Vitória: Emcapa, 1995. 57p. (Circular Técnica, 3).

MARKOVIC, O., HEINRICHOVÁ, K., LENKEY, B. Pectolytic enzymes from banana. **Collection Czechoslovak Chemistry Community**, v.40, n.3, p.769-774, 1975.

MATSUURA, F.C.A.U., FOLEGATTI, M.I.S. Formas de processamentos. In: SANCHES, N.F., DANTAS, J.L.L. **O cultivo do mamão**. Bahia: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. p.77-81.

MAXIE, E.C., SOMMER, N.F., MITCHELL, F.G. Chemical, economic, physical and physiological limitations to irradiation of fruits. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Disinfestation of fruits by irradiation**. Vienna: IAEA, 1971. p.93-100.

McCREAD, P.M., McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.

McGUIRE, R.G. Application of *Candida guilliermondii* in commercial citrus waxes for biocontrol of *Penicillium* on grape fruits. **Biological Control**, v.4, p.1-7, 1994.

MEDINA, J. C. Cultura. In: Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2.ed. Campinas: Ital, p.1-177, 1995. (Série Frutas Tropicais nº7, quarta reimpressão).

MIRANDA, R.B. **Avaliação da qualidade do mamão (*Carica papaya* L.) minimamente processado**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). 2001. 71p. Ufla, Lavras, 2001.

MIRANDA, R.B., MÔES-OLIVEIRA, E.C., LIMA, L.C.O et al. Avaliação da qualidade de mamões (*Carica papaya* L.) de entressafra, minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, 2000, **Anais...** Viçosa: UFV/Fapemig/Epamig, 2000. p.18.

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**, v.117, n.6, p.919-924, 1992.

MÔES-OLIVEIRA, E.C. **Influência de sanitizantes na qualidade de mamão de safra e entressafra minimamente processado**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). 2001. 90p. Ufla, Lavras, 2001.

MÔES-OLIVEIRA, E.C., PICCOLI-VALLE, R.H., LIMA, L.C.O et al. Caracterização microbiológica do mamão (*Carica papaya*) minimamente processado: resultados preliminares.

In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, 2000, **Anais...** Viçosa: UFV/Fapemig/Epamig, 2000. p.12.

MORETTI, C.L., CARNELOSSI, M.A.G., SILVA, E.O. et al. **Processamento mínimo de couve**. Brasília: Embrapa, 2000, 4p. (Comunicado Técnico nº13).

NELSON, N. A photometric adaptation of Somoghy method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v.135, n.1, p.136-175, 1944.

O'BEIRNE, D. Irradiation of fruits and vegetables: applications and issues. **Professional Horticulture**, v.3, p.12-19, 1989.

O'CONNOR-SHAW, R.E., ROBERTS, R., FORD, A.L. et al. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Journal of Food Science**, v.59, n.6, p.1.202-1.206, 1994.

OLIVEIRA Jr., L.F.G., CORDEIRO, C.A.M., CARLOS, L.A. et al. Avaliação da qualidade de mamão (*Carica papaya* L.) minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, 2000, **Anais...** Viçosa: UFV/Fapemig/Epamig, 2000. p.16.

PÁDUA, T. Fisiologia pós-colheita, maturação controlada e armazenamento do mamão. **Informe Agropecuário**, v.12, n.134, p.59-61, 1986.

PAULL, R.E. Ripening behaviour of papaya (*Carica papaya* L.) exposed to gamma irradiation. **Postharvest Biology and Technology**, v.7, n.4, p.359-370, 1995.

PAULL, R.E., CHEN, W. Minimal processing of papaya (*Carica papaya* L.) and the physiology of halved fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.12, p.93-99, 1997.

PAULL, R.E., CHEN, N.J. Postharvest variation in cell wall degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. **Plant Physiology**, v.72, p.382-385, 1983.

PAULL, R.E., GROSS, K., QIU, Y. Changes in papaya cell walls during fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v.16, n.1, p.79-89, 1999.

PIMENTEL, R.M.A. **Efeito da irradiação gama em mamão papaia (*Carica papaya* L.) colhido em três pontos de maturação**. Dissertação (Mestrado em Ciências). 2001. 72p. Esalq/Cena, Piracicaba, 2001.

PRESSEY, R., AVANTS, J.K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, v.6, p.57-74, 1982.

RATNER, A., GOREN, R., MONSELINE, S.P. Activity of pectin esterase and cellulose in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, v.44, n.12, p.1.717-1.723, 1969.

REYES, M.U., PAULL, R.E. Effect of storage temperature and ethylene treatment on guava (*Psidium guajava* L.) fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v.6, n.3/4, p.357-365, 1995.

ROLLE, R., CHISM, G.W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v.10, p.157-165, 1987.

RUGGIEIRO, C. Situação da cultura do mamão no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 2, 1988. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1988. p.5-18.

SANTANA, L.R.R., MATSUURA, F.C.A.U., CARDOSO, R.L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.24, n.2, p.217-222, 2004.

SANTIN, M. **La irradiación de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 2000. 175p.

SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados: associação entre o preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 2002. 100p. FCAV/Unesp, Jaboticabal, 2002.

SHEWFELT, R.L. Quality of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v.10, p.143, 1986.

SILVA, B.P. Irradiação: uma aliada as exportações. **Toda Fruta**, n.34, p.17-18, 1989.

SILVA, G.C., SOUZA FILHO, M.S.M., MAIA, G.A. et al. Avaliação do efeito de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na qualidade do abacaxi ‘pérola’ minimamente processado e refrigerado. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS, 4, 2001. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2001, p.283 (trabalho 0421-290.2)..

SILVA, J.A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 231p.

SIMÃO, S. Mamoeiro. In: SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo. Agronômica Ceres, 1971. p.313-338.

SOLER, M.P., DE MARTIN, Z.J., FERNANDES, M.H.C. et al. Influência dos processos de descascamento na qualidade do purê de mamão da variedade Solo. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.107-123, 1985.

SOUTO, R.N.M., SABAA-SRUR, A.U.O., VITAL, H.C. Uso da radiação gama combinada à refrigeração, na conservação de polpa de açaí (*Euterpe oleracea*, Mart.). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: SBCTA, 2001. p.300 (trabalho 1.033-584).

TAPE, N.W. Protegendo nossas colheitas. **Documento do ICGFI sobre Política de Segurança de alimentos**, 1996, 47p.

TEIXEIRA, G.H.A., DURIGAN, J.F., MATTIUZ, B.-H. et al. Processamento mínimo de mamão ‘Formosa’. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.1, p.47-50, 2001.

THE, N.C., CARLIN, F. The microbiology and minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical reviews in Food Science and Nutrition**, v. 34, n.4, p.371-401, 1994.

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

THOMAS, A.C., BEYERS, M. Gamma irradiation of subtropical fruits. III. A comparison of the chemical changes occurring during normal ripening of mangoes and papayas with changes produced by gamma irradiation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.27, n.1, p.157-163, 1979.

URBEIN, W.M. **Food irradiation**. Orlando: Academic Press, 1986. 351p.

VANETTI, M.C.D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2000. p.44-52.

VANETTI, M.C.D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3, 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p.30-32.

VIEITES, R.L. **Conservação pós-colheita do tomate através do uso da radiação gama, cera e saco de polietileno, armazenados em condições de refrigeração e ambiente**. Dissertação (Livre Docência em Agronomia). 1998. 131p. Unesp, Botucatu, 1998. 131p.

VILAS BOAS, E.V.B. **Modificações pós-colheita de banana 'Prata' (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* Grupo AAB) γ -irradiada**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). 1995. 100p. Ufla, Lavras, 1995.

WATADA, A.E., ABE, K., YAMUCHE, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v.23, p.23-47, 1990.

WATADA, A.E., KO, N.P., MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.115-125, 1996.

WILLEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368p.

WILEY, R.C. **Frutas y Hortalizas Minimamente Processadas y Refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, 1997. 362p.

YASSIR, M.S. The effect of gamma irradiation on the chemical content, texture and shelf life of papaya. **Journal Sains Nuklear Malaysia**, v.8, n.1, p.15-23, 1990.

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

ANEXO

TABELA DE ANÁLISE SENSORIAL

Avaliação Sensorial do Mamão ‘Formosa’ Minimamente Processado

Nome: _____ Data: ____/____/____

Por favor, prove cada amostra e indique a intensidade percebida para cada atributo abaixo relacionado de acordo com a escala.

Amostra	Sem cor 1	Cor fraca 2 3	Cor moderada 4 5 6	Cor forte 7 8	Cor intensa 9
MF608					
MF569					
MF290					
MF850					
MF429					
MF678					
Amostra	Sem aroma 1	Aroma fraco 2 3	Aroma moderado 4 5 6	Aroma forte 7 8	Aroma intenso 9
MF608					
MF569					
MF290					
MF850					
MF429					
MF678					
	Textura bem mole 1	Textura mole 2 3	Textura média 4 5 6	Textura dura 7 8	Textura muito 9
MF608					
MF569					
MF290					
MF850					
MF429					
MF678					
	Sem sabor 1	Sabor fraco 2 3	Sabor moderado 4 5 6	Sabor forte 7 8	Sabor intenso 9
MF608					
MF569					
MF290					
MF850					
MF429					
MF678					

Anexo - Modelo de ficha utilizada na avaliação sensorial das amostras de mamão ‘Formosa’ minimamente processado.