

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

BRUNA FIGUEREDO LOPES

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO
SOBRE OS PROCESSOS FISIOLÓGICOS E
BIOQUÍMICOS RELACIONADOS COM
CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS À QUALIDADE E
COMERCIALIZAÇÃO DO MAMÃO *Carica papaya* L.**

VITÓRIA
2007

BRUNA FIGUEREDO LOPES

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO
SOBRE OS PROCESSOS FISIOLÓGICOS E
BIOQUÍMICOS RELACIONADOS COM
CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS À QUALIDADE E
COMERCIALIZAÇÃO DO MAMÃO *Carica papaya* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Suely Gomes de Figueiredo.

VITÓRIA
2007

***Aos meus pais, Clodoaldo e Maria
Izaac, que sempre estiveram
presentes em todos os momentos
de minha vida,***

Dedico.

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

Este trabalho não poderia ter sido completamente realizado sem a colaboração e o apoio técnico:

Da Dra. Suely Gomes de Figueiredo, do laboratório de Química de Proteínas, da Universidade Federal do Espírito Santo.

Da Dra. Rachel Gouvêia dos Santos e do Dr. Ricardo Ferracini Correia, do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEM/MG)

Do Dr. Enilton N. Santa, fitopatologista do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo.

Do CNPq (PPGBV/UFES), pela bolsa concedida.

Da Caliman Agrícola S/A, pela disponibilização dos frutos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me iluminado em todos os momentos, dando-me força para prosseguir e vencer as dificuldades.

À minha família, em especial os meus pais, tia Jô, tia Binha, tia Maruza e Paulão, pela incessante torcida e confiança no meu trabalho. Amo a todos.

À Tia Geu, por me ouvir e contribuir sempre feliz e sorridente no aprimoramento deste projeto.

Ao meu irmão, Thiago, pela participação e amizade.

À Profa. Dra. Suely Gomes de Figueiredo (minha orientadora) pela valiosa orientação, que não se ateve apenas ao técnico científico, mas também ao humano e social.

Aos professores da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), especialmente ao meu orientador de iniciação científica, Prof. Dr. Geraldo Alves da Silva, por me incentivar a prosseguir nesta caminhada.

Ao Prof. Dr. André por ter me conduzido à Profa. Dra. Suely Gomes de Figueiredo.

Aos amigos do Departamento de Ciências Fisiológicas, Elias, Sônia, Nino, e Maria Helena, por todo o auxílio e pelos sorridentes cafezinhos durante os intervalos.

Aos amigos do laboratório de química de proteínas Filipe, Geralda, Juliana (s), em especial ao Lucas e Rafael pela colaboração nas horas de trabalho.

À Lucélia pela eterna amizade, carinho, compreensão e palavras de apoio.

Aos amigos, cuja presença sempre otimista, me apoiaram e me incentivaram a prosseguir, Alexandre (s), Fernanda, Firmino, Irineo, Letícia e muitos outros.

A todos que contribuíram para realização deste trabalho, muito obrigada.

“Não te julgues um monopólio de tudo o que há de bom e certo no mundo. Se és portador de um dote especial qualquer, não te ponhas, por causa disso, acima dos outros, não és raridade nenhuma e nem queiras ser.”

Autor desconhecido

RESUMO

O mamão é um fruto climatérico de difícil manejo nas etapas entre a colheita e o mercado consumidor. Durante o amadurecimento os polissacarídeos da parede celular, responsáveis pela textura dos frutos, são degradados por enzimas hidrolíticas (pectinametilesterase (PME), β -galactosidase (β -gal) e celulase), o que acarreta perda da textura. Este trabalho comparou o efeito de três métodos de conservação sobre os processos bioquímicos/fisiológicos relacionados com características essenciais à qualidade e comercialização do mamão *Carica papaya* L. da cultivar Golden. Os frutos foram colhidos no estágio 1 de maturação e separados em 3 grupos: (C) controle - lavagem em água clorada; (TP) tratamento padrão - tipo exportação; (I) irradiado - radiação gama 0,8kGy. Os frutos foram mantidos em condições naturais de amadurecimento e as características organolépticas e as atividades de enzimas de parede celular foram avaliadas. Os frutos do grupo I apresentaram maior textura e menor atividade da PME, β -gal e celulase, o que sugere que a radiação gama retarda o amadurecimento dos frutos pela redução da atividade destas enzimas. O teor de carboidrato foi semelhante para todos os grupos ($\cong 11,57$ g/100g polpa) quando estes atingiram textura ideal para o consumo, 4^o, 6^o e 10^o dia pós-colheita para frutos dos grupos TP, C e I respectivamente. Esses resultados mostram que a radiação gama foi o tratamento mais eficiente entre os testados, uma vez que forneceu um ganho de 4 e 6 dias de conservação quando comparados aos frutos dos grupos C e TP respectivamente, sem o comprometimento de características sensoriais e nutricionais.

Palavras-chave: Radiação gama, enzimas, pectina, mamão, tecnologia pós-colheita.

ABSTRACT

The papaya is a climateric fruit of difficult handling in the stages between the harvest and the consuming market. During the matureness the polyssacarides of the cell wall, responsible for texture of the fruits, are degraded for hydrolytic enzymes (pectinamethylesterase (PME), polygalacturonase (PG) and cellulase), what causes loss of the texture. This work compared the effect of three conservation methods on the biochemical/physiological processes related to essential characteristics of the quality and commercialization of the *Carica papaya* L. cv Golden. The fruits were harvested into maturation 1 degree and separate in 3 groups: (C) control - washing in water chlorinated; (TS) treatment standard - type exportation; (I) irradiated - gamma radiation 0,8kGy. The fruits were kept in natural conditions for ripening and the organoleptic characteristics and the activities of enzymes in cell wall were evaluated. The fruits of group I had presented greater texture and minor activity of the PME, β -gal and celulase, which suggests that the gamma radiation slows the ripening of fruits by reducing the activity of these enzymes. The carbohydrates content was similar for all the groups ($11,57 \pm 0,44$ g/100g pulp) when these had reached ideal texture for the consumption, 4^o, 6^o and 10^o day postharvest for fruits of groups TP, C and I respectively. These results show that the irradiation gamma was the most efficient treatment among the tested, because it has provided 4 and 6 days of conservation supplied respectively when compared with fruits of groups C and TP, without compromising the sensory and nutritional characteristics.

Keywords: Gamma radiation, enzymes, pectin, papaya, postharvest technology.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Principais países produtores de mamão papaia (*Carica papaya* L.) em 2004.....23
- Figura 2** - Representação da disposição estrutural das camadas da parede celular de frutos.....32
- Figura 3** - Modelo estrutural das microfibrilas de celulose da parede celular, apresentando os domínios cristalinos e amorfos, e o arranjo molecular da ligação glicosídica.....33
- Figura 4** - Principais componentes estruturais da hemicelulose da parede celular vegetal.....35
- Figura 5** - Principais componentes pécticos estruturais da parede celular vegetal.. 37
- Figura 6** - Diagrama estrutural macromolecular da composição e disposição dos polissacarídeos da parede celular primária de frutos.....39
- Figura 7** - Modelo estrutural do ácido poligalacturônico (HG) e os sítios de ação das enzimas de degradação de parede celular, pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG).....40
- Figura 8** - Modelo estrutural do Ramnogalacturonano I (RGI) e o sítio de ação da β -galactosidase.....42

Figura 9 - Modelo estrutural da celulose e a ação seqüencial do complexo multienzimático (1,4- β -glucanase).....	43
Figura 10 - Radura, símbolo internacional para identificação de alimentos irradiados.....	48
Figura 11 - Frutos de mamão: (a) estágio “um” de maturação e (b) embalados para distribuição no mercado externo.....	52
Figura 12 - Fluxograma do tratamento Padrão (TP).....	54
Figura 13 - Tratamentos realizados na casa de embalagem para a conservação dos frutos de mamão: (a) tanque de lavagem com água clorada, (b) tanque do tratamento hidrotérmico.....	55
Figura 14 - Irradiador panorâmico MSD Nordion: (a) maquete interna do irradiador, (b) frutos de mamão Golden no interior do irradiador sobre a mesa giratória.....	56
Figura 15 - Pontos equatoriais (1,2 e 3) utilizados para determinação da textura dos frutos de mamão.....	57
Figura 16 - Textura da polpa dos frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado e Tratamento Padrão, durante os dias pós-colheita.....	68
Figura 17 - Aspecto visual externo dos frutos de mamão dos grupos Controle (C), Irradiado (I) e Tratamento Padrão (TP) durante os dias de amadurecimento.....	69

Figura 18 - Aspecto visual interno em corte transversal dos frutos de mamão dos grupos Controle (C), Irradiado (I) e Tratamento Padrão (TP) do 6 ^o ao 10 ^o dia pós-colheita.....	70
Figura 19 - Perda de água total no 10 ^o dia pós-colheita dos frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado e Tratamento Padrão.....	71
Figura 20 - Comparação do pH da polpa de frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado e Tratamento Padrão, durante os dias pós-colheita.....	73
Figura 21 - Comparação da acidez total titulável (ATT), de frutos mamão dos grupos Controle, Irradiado (0,8kGy) e Tratamento Padrão durante os dias pós-colheita.....	73
Figura 22 - Comparação do teor dos sólidos solúveis totais (SST) na polpa de frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado e Tratamento Padrão durante os dias de amadurecimento.....	74
Figura 23 - Comparação entre o teor médio de açúcar solúvel total em frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado e Tratamento Padrão, durante os dias pós-colheita.....	75
Figura 24 - Comparação entre o perfil da atividade pectinametilesterásica durante os dias pós-colheita em frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado e Tratamento Padrão.....	77
Figura 25 - Comparação entre o perfil da atividade β -galactosidásica durante os dias pós-colheita em frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado e Tratamento Padrão.	77

Figura 26 - Comparação entre o perfil da atividade celulásica durante os dias pós-colheita em frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado e Tratamento Padrão.....79

Figura 27- Comparação entre o perfil da atividade peroxidásica durante os dias pós-colheita em frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado (0,8kGy) e Tratamento Padrão.....79

Figura 28 - Avaliação da incidência de doenças fúngicas em frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado e Tratamento padrão no 8º dia pós-colheita.....80

Figura 29 - Avaliação da incidência de podridões em frutos de mamão dos grupos Controle, Irradiado e Tratamento padrão no 8º dia pós-colheita.....81

Figura 30 – Comparação entre o perfil de atividade da PG e da PME durante o amadurecimento de frutos de mamão.....89

Figura 31 – Comparação entre o perfil de atividade da PME e o perfil de atividade da (a) β -galactosidase e da (b) celulase durante o amadurecimento de frutos de mamão do grupo Controle.....92

Figura 32 - Relação entre textura e teor de açúcares solúveis totais dos frutos de mamão dos grupos (a) Controle, Irradiado (b) e (c) Tratamento Padrão.....96

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATT	Acidez total titulável.
β-gal	Beta-galactosidase
BSA	Soroalbumina bovina
C	Frutos de mamão submetidos apenas à lavagem com água clorada (grupo controle).
CDTN	Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear.
CEAGESP	Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo.
CFSAN	Center for Food Safety and Applied Nutrition.
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear.
DPC	Dia pós-colheita.
FAO	Food and Agriculture Organization The United Nation (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação).
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization Statistical Databases.
FDA	United State Food and Drug Administration (Agência de Alimentos e Fármacos dos EUA)
FSRIO	Food Safety Research Information Office.
FUNDEP	Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa.
HG	Homogalacturonano.
I	Frutos de mamão submetidos ao processo de irradiação (grupo irradiado).
IAEA	International Atomic Energy Agency (Agência Internacional de Energia Atômica)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IBRAF	Instituto Brasileiro de Frutas.

ICGFI	International Consultative Group on Food Irradiation (Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiação de Alimentos)
IFIC	International Food Information Council Foundation.
IFST	Institute of Food Science & Technology Trust fund.
IMeN	Instituto de Metabolismo e Nutrição.
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
LIG	Laboratório de Irradiação Gama.
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia.
NASA	National Aeronautic and Space Administration (Agência Aero-Espacial Americana).
PG	Poligalacturonase.
POD	Peroxidase
PME	Pectinametilesterase.
RG I	Ramnogalacturonano I.
RG II	Ramnogalacturonano II.
SBD	Sociedade Brasileira de Diabetes: Dicionário dos alimentos.
SEAG	Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Agricultura e Pesca.
SEAGRI	Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária.
SST	Sólidos solúveis totais.
TP	Frutos de mamão submetidos ao processo destinado a exportação (grupo tratamento padrão)
USDA	United State Departament of Agriculture.
WHO	World Health Organization (Organização mundial de saúde).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1. Aspectos econômicos da fruticultura do mamão no Brasil e no Espírito Santo.....	23
2.2. Fisiologia do amadurecimento pós-colheita de frutos.....	25
2.3. Perdas pós-colheita.....	26
2.3.1. Perdas fisiológicas.....	27
2.3.2. Doenças pós-colheita (perdas microbiológicas).....	28
2.4. Qualidade pós-colheita de frutos - índices de qualidade.....	29
2.5. A parede celular.....	31
2.5.1. Arquitetura e composição dos polissacarídeos da parede celular.....	31
2.5.2. Celulose.....	32
2.5.3. Hemicelulose.....	34
2.5.4. Pectinas.....	34
2.5.5. O papel das enzimas na alteração da textura durante o amadurecimento.....	38
2.6. A conservação do mamão papaia.....	44
2.6.1. A radiação gama e a conservação dos alimentos.....	45
3. OBJETIVOS.....	49
3.1. Objetivos gerais.....	50
3.2. Objetivos específicos.....	50
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
4.1. Coleta dos frutos e amostragem.	52
4.2. Processo de irradiação.	55
4.3. Análises.	56
4.3.1. Avaliação dos índices de qualidade pós-colheita.....	57
4.3.1.1. Textura.	57
4.3.1.2. Aspecto visual.....	57
4.3.1.3. Perda de água.....	58
4.3.1.4. Determinação do pH.....	58
4.3.1.5. Determinação da acidez total titulável (ATT)	58
4.3.1.6. Sólidos solúveis totais (SST)	58
4.3.2. Análise de carboidratos.....	59
4.3.2.1. Extração de açúcares solúveis.....	59
4.3.2.2. Dosagem de açúcares solúveis totais.....	59

4.3.3. Obtenção dos extratos protéicos e dosagem de proteínas.....	60
4.3.3.1. Obtenção do extrato protéico para análise da atividade da pectinametilesterase (PME).....	60
4.3.3.2. Obtenção do extrato protéico para análise das atividades da β -galactosidase (β -gal) e celulase.....	60
4.3.3.3. Obtenção do extrato protéico para análise da atividade da Peroxidase (POD).....	61
4.3.3.4. Determinação do conteúdo protéico nos extratos.....	61
4.3.4. Ensaio das atividades enzimáticas.....	62
4.3.4.1. Ensaio da atividade pectinametilesterásica.....	62
4.3.4.2. Ensaio da atividade da β -Galactosidase (β -gal) e Celulase.....	63
4.3.4.2.1. Ensaio da atividade β -Galactosidásica.....	64
4.3.4.2.2. Ensaio da atividade celulásica.....	64
4.3.4.3. Ensaio da atividade peroxidásica.....	64
4.3.5. Incidência de doenças fúngicas.....	65
4.3.6. Análise estatística.....	65

5. RESULTADOS.....66

5.1. Índices de qualidade.	67
5.1.1. Textura.	67
5.1.2. Aspecto visual externo e interno.....	68
5.1.3. Perda de água.....	71
5.1.4. pH.....	72
5.1.5. Acidez total titulável.....	72
5.1.6. Sólidos solúveis totais.	74
5.2. Carboidratos.	75
5.2.1. Açúcar solúvel total.	75
5.3. Atividades enzimáticas.....	76
5.3.1. Atividade enzimática da Pectinametilesterase.....	76
5.3.2. Atividade enzimática da β -Galactosidase.....	76
5.3.3. Atividade enzimática da Celulase.....	78
5.3.4. Atividade enzimática da Peroxidase.....	78
5.4. Incidência de doenças fúngicas.....	80

6. DISCUSSÃO.....82

6.1. A irradiação.....	83
6.2. Textura.	85
6.3. Perda de água.	87
6.4. Enzimas.	88
6.5. Acidez e carboidratos (característica sensoriais).	93
6.6. Incidência de doenças fúngicas.....	97
6.7. Considerações finais.....	97

7. CONCLUSÕES.....	100
8. REFERÊNCIAS.....	102