

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

JOSILENE AMARO DA SILVA

**CONTROLE DA MATURAÇÃO E CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA DE MAMÃO ‘GOLDEN’ SOB
1-METILCICLOPROPENO, FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA
E REFRIGERAÇÃO**

JOÃO PESSOA – PB

2014

JOSILENE AMARO DA SILVA

CONTROLE DA MATURAÇÃO E CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA DE MAMÃO ‘GOLDEN’ SOB
1-METILCICLOPROPENO, FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA
E REFRIGERAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos, Centro de Tecnologia,
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento aos requisitos para a
obtenção do título de doutor em Ciência e
Tecnologia de Alimentos.

Orientadora Silvanda de Melo Silva

JOÃO PESSOA – PB

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

S586c Silva, Josilene Amaro da.
Controle da maturação e conservação pós-colheita de
mamão golden sob 1-metilciclopropeno, fotocatalise
heterogênea e refrigeração / Josilene Amaro da Silva.- João
Pessoa, 2014.
98f.
Orientadora: Silvanda de Melo Silva
Tese (Doutorado) - UFPB/CT
1. Tecnologia de alimentos. 2. Carica papaya - qualidade -
pós-colheita. 3. Compostos bioativos. 4. Enzimas pectinolíticas.

UFPB/BC

CDU: 664(043)

JOSILENE AMARO DA SILVA

CONTROLE DA MATURAÇÃO E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE
MAMÃO 'GOLDEN' SOB 1-METILCICLOPROPENO E FOTOCATÁLISE
HETEROGÊNEA E REFRIGERAÇÃO

Tese em 24 de fevereiro de 2014

BANCA EXAMINADORA



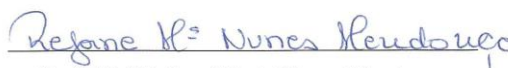
Prof^a Silvana de Melo Silva, Ph. D.

Coordenadora da Banca Examinadora



Prof^a Dr.^a Luciana Cordeiro do Nascimento

Examinador Externo/ UFPB



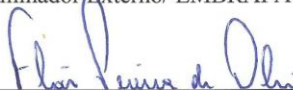
Prof^a Dr.^a Rejane Maria Nunes Mendonça

Examinador Externo/ UFPB



Prof^a Dr.^a Maria Auxiliadora Coelho de Lima

Examinador Externo/ EMBRAPA



Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira

Examinador Externo/ UFPB

Aos meus pais.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao nosso Pai celeste, Deus de amor, bondade, misericordioso, manso e humilde de coração por todas as obras que me tem concedido e por tantas outras que nos espera, por sua eterna presença que nos acolhe incondicionalmente;

Aos meus pais, pela confiança, apoio, incentivo e compreensão diante da ausência. Aos meus irmãos, tios e tias, primos, sobrinhos por todo apoio mesmo distantes. Obrigada por serem minha família. Amo vocês!!!!

Aos amigos e familiares pessoenses ‘Meus queridos e eternos TRÊS PINGUINHOS’

A sempre orientadora Prof^a. Silvanda de Melo Silva, por tudo mesmo, incentivo, amizade e dedicação.

Às pessoas maravilhosas, abençoadas e presentes que conheci durante o mestrado e doutorado em Areia e João Pessoa.

Às grande amigas de todas as horas, irmãs de coração, fortes e iluminadas companheiras (Jandira Costa, Nathália Vidal, Damiana Dantas, Eliane Duarte e Kátia Elizabeth) Agradeço a Deus por nossa amizade e podemos compartilhar momentos únicos.

À UFPB, a coordenadora do programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Marta Madruga e a Lindalva, por sua competência em seu ofício, pela atenção, apoio, amizade, sempre disposto a nos ajudar;

A todos os professores educadores do programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e Centro de Ciências Agrárias.

A equipe de amigos, não meramente colegas do Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita (CCA)-Areia-PB, por todo o apoio e boa vontade em ajudar.

Aos estagiários, que se comprometeram verdadeiramente na realização do nosso trabalho, até mesmo nos momentos de ociosidade e descontração, sem a colaboração e dedicação de todos, não teríamos conseguido concluir.

A CAPES pela bolsa de estudos concedida;

A Empresa Doce Mel que nos deu todo o suporte para a realização deste trabalho.

A Brasilmed por fornecimento do equipamento de fotocatalise heterogênea.

Enfim, a todos aqueles que colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho.

meus sinceros agradecimentos!!

CARTA

O paradoxo de nosso tempo é que temos edifícios mais altos e temperamentos mais reduzidos, estradas mais largas e pontos de vista mais estreitos.

Gastamos mais, mas temos menos, compramos mais, mas desfrutamos menos.

Temos casas maiores e famílias menores, mais conforto e menos tempo. Temos mais graduações acadêmicas, mas menos sentimentos comuns, maior conhecimento, mas menor capacidade de julgamento, mais peritos, mas mais problemas, melhor medicina, mas menor bem estar.

Bebemos demasiado, fumamos demasiado, desperdiçamos demasiado, rimos muito pouco, movemo-nos muito rápido, nos irritamos demasiado, mantemo-nos muito tempo acordados, amanhecemos cansados, lemos muito pouco, vemos televisão demais e oramos raramente.

Multiplicamos o nosso patrimônio, mas reduzimos os nossos valores.

Falamos demasiado, amamos demasiado pouco e odiamos muito frequentemente. Aprendemos a ganhar a vida, mas não a vivê-la. Adicionamos anos às nossas vidas, não vida aos nossos anos. Conseguimos ir à lua e voltar, mas temos dificuldade em cruzar a rua para conhecer um novo vizinho.

Conquistamos o espaço exterior, mas não o interior.

Limpamos o ar, mas contaminamos a nossa alma. Conquistamos o átomo, mas não os nossos preconceitos.

Escrevemos mais, mas aprendemos menos.

Planejamos mais, mas desfrutamos menos.

Aprendemos a apressar-nos, mas não a esperar.

Produzimos computadores que podem processar mais informações e difundi-la, mas nos comunicamos cada vez menos e menor.

Estamos no tempo das comidas rápidas e digestões lentas, de homens de grande estatura e de pequeno caráter, de enormes ganhos econômicos e relações humanas superficiais.

Hoje em dia, há dois ordenados, mas mais divórcios.

Casas luxuosas, mas lares desfeitos.

São tempos de viagens rápidas, fraldas descartáveis, moral descartável, encontros de uma noite, corpos obesos e pílulas que fazem tudo, desde alegrar e acalmar, até matar.

São tempos em que há muito na vitrine e muito pouco no armazém.

Tempos em que a tecnologia pode fazer-te chegar esta carta, e em que tu podes optar por partilhar estas reflexões ou simplesmente excluí-las.

Lembra-te de dizer “te amo” ao teu companheiro e aos teus entes queridos, mas sobretudo, diga com sinceridade. Um beijo e um abraço podem curar uma ferida, quando se dão com toda a alma. Dedicar tempo para amar e para conversar, e partilha as tuas ideias mais apreciadas.

E NUNCA ESQUEÇAS:

A vida não se mede pelo número de vezes que respiramos, mas pelos extraordinários momentos que passamos juntos. George Carlin (carta endereçada a sua amada esposa, *in memorium*)

RESUMO

SILVA, J. A. **Controle da maturação e conservação pós-colheita de mamão 'Golden' sob 1-metilciclopropeno, fotocatalise heterogênea e refrigeração.** 2014. 98f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa

O mamão é um fruto climatérico que apresenta rápida perda de qualidade após a colheita devido ao rápido amadurecimento, que resulta em perda de firmeza e incidência de fungos. O emprego de 1-metilciclopropeno (1-MCP) tem sido eficiente no controle da maturação de frutos climatéricos. A associação de 1-MCP com métodos alternativos que possam retardar a maturação e reduzir o uso de agroquímicos no controle de doenças causadas por fungos na pós-colheita pode possibilitar a redução das doses de 1-MCP, além de maior eficiência no controle da maturação sem prejuízo para a qualidade do fruto. A fotocatalise heterogênea (FH) tem sido utilizada na redução da carga microbiana do ar de ambientes fechados e refrigerados. No entanto, a influência da aplicação de 1-MCP nas mudanças no potencial funcional de mamões necessitam ser mais exploradas para garantir a manutenção da qualidade durante a vida útil pós-colheita de mamão. Este trabalho foi desenvolvido em dois experimentos. No primeiro experimento avaliou-se a influência da aplicação de 100 nL.L⁻¹ de 1-MCP seguido do armazenamento sob FH na manutenção da qualidade em mamões 'Golden'. Mamões colhidos no estágio 1 (1 a 15% da coloração da casca amarela) foram tratados com de 1-MCP e o controle (sem 1-MCP) armazenados a 12 ± 1 °C e 72 e 82 ± 2% UR em ambiente com e sem FH. As avaliações foram realizadas quanto os aspectos físico-químicos, compostos bioativos, atividades enzimáticas da pectinametilesterase, poligalacturonase e sensorial foram realizadas durante 27 dias de armazenamento em intervalos alternados entre três e seis dias. A utilização de 1-MCP retardou em 14 dias o amadurecimento do mamão 'Golden' armazenado a 12 °C. Com base no limite de aceitação, o mamão 'Golden' estava apto ao consumo aos 21 dias para tratados com FH, associada ou não a 1-MCP e aos 16 dias para frutos tratados apenas com 1-MCP e por 7 dias para o tratamento controle. Portanto, o emprego de 1-MCP +FH aumentou em 14 dias a vida útil dos frutos. No segundo experimento, avaliou-se a influência da aplicação de 1-MCP 100 nL.L⁻¹ em mamão 'Golden' armazenado sob refrigeração e em condições ambientes nos compostos bioativos e atividade antioxidante. Mamões tratados durante 12 horas com 100 nL.L⁻¹ de 1-metilciclopropeno (+ MCP) e controle (-MCP) foram armazenados a 12 ± 1 °C e 82 ± 2% RH e 23 °C ± 2 72 ± 4% RH e avaliados quanto aos conteúdos de ácido ascórbico, clorofila total, carotenóides totais e antocianinas, flavonóides amarelos e atividade antioxidante (AAT) pelo radical DPPH. O conteúdo de ácido ascórbico e carotenóides aumentaram durante o armazenamento em mamões tratados com 1-MCP, independentemente da temperatura de armazenamento. Os flavonóides amarelo aumentaram em frutos sob refrigeração, mas foram inferiores os de mamões tratados com 1-MCP. As antocianinas e a AAT foram superiores em frutos tratados com 1-MCP. Portanto, a aplicação de 1-MCP não compromete o aporte de compostos bioativos e potencial funcional de mamão Golden durante armazenamento.

Palavras chave: Carica papaya; qualidade, compostos bioativos; enzimas pectinolíticas; pós-colheita.

ABSTRACT

SILVA, J. A. **Control of maturation and papaya postharvest 'Golden' in 1-methylcyclopropene, heterogenous photocatalysis and cooling.** 2014. 98f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa

Papaya is a climacteric fruit that presents rapid loss of quality after harvest due to the rapid maturation, which results in loss of firmness and incidence of fungi. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) has been effective in controlling the ripening of climacteric fruits. The combination of 1-MCP with alternative methods that can delay fruit ripening and reduce the use of pesticides in the control of fungal diseases in post harvest may allow reduction of doses of 1-MCP and provide greater efficiency in the control of maturation without prejudice to the quality of the fruit. The heterogenous photocatalysis (HF) has been used to reduce the microbial load of the air into indoor and refrigerated environments. However, the influence of the application of 1-MCP on changes in papayas functional potential need further exploration to ensure maintenance of quality during papaya postharvest life. This study was conducted in two experiments. In the first experiment it was evaluated the influence of application of 100 nL.L⁻¹ 1-MCP followed by storage under FH on the maintenance of 'Golden' papaya. Papayas harvested at maturity stage 1 (1 of 15% of yellow coloration of the skin) were treated with 1-MCP and control (no 1-MCP) and stored at 12 ° C and 72 ± 1 and 82 ± 2% RH, into ambient with and without FH. The evaluations were performed as physic-chemical aspects, bioactive compounds, enzymatic activities of pectinmethylesterase, polygalacturonase, and sensory were carried out during 27 days of storage at staggered intervals between three and six days. The use of 1-MCP delayed in 14 days ripening of papaya 'Golden' stored at 12 ° C. Based on the acceptance limit, the 'Golden' papaya was suitable for consumption after 21 days to fruit treated with FH, with or without 1-MCP, 16 days for fruit treated with 1-MCP, and for 7 days for the control. Therefore, the use of 1-MCP + FH increased in 14 days the postharvest life of 'Golden' papaya. The second experiment evaluated the influence of application of 1-MCP in 100 nL.L⁻¹ in 'Golden' papaya stored under refrigeration and room conditions in the bioactive compounds and antioxidant activity. Papayas treated for 12 hours with 100 nL.L⁻¹ 1-methylcyclopropene (+MCP) and control (-MCP) were stored at 12 ± 1 ° C and 82 ± 2% RH and 23 ± 2 ° C 72 ± 4% RH and evaluated for the contents of ascorbic acid, total chlorophyll, carotenoids anthocyanins, and yellow flavonoids, and antioxidant activity (TAA) by the DPPH radical. The content of ascorbic acid and carotenoids increased during storage in papayas treated with 1-MCP, regardless of storage temperature. The yellow flavonoids increased in fruit kept under refrigeration, but were lower than papayas treated with 1-MCP. In turn, anthocyanins and TTA were higher in fruit treated with 1-MCP. Therefore, the application of 1-MCP does not compromise the supply of bioactive compounds and functional potential of 'Golden' papaya during storage.

Keywords: *Carica papaya*; quality, bioactive compounds; pectinolytic enzymes; postharvest.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Equipamento FreshAir (AP 3.000) de Fotocatálise Heterogênea (FH) instalado em câmara fria 12°C.....16

Figura 2 Escala de maturação para mamão ‘Golden’ (System Approach)18

Figura 3 Mamões ‘Golden’ armazenados em recipiente de PVC antes da aplicação de 1-metilciclopropeno a 100 nL L⁻¹ por 12h a 23 ± 2 °C 72 ± 4% UR.....19

Figura 4. Equipamento Fotocatálise Heterogênea (FH) instalado em câmara fria 12°C.....20

Figura 5. Resultados do meio em placas abertas durante 30 minutos - Câmara fria 12°C; nos tempos (0) controle sem FH; (24hrs) e (48hrs) após a FH instalado.....21

Figura 6. Resultados do plaqueamento de superfícies da câmara fria em meios BDA e PCA - Câmara fria 12°C (1: parede; 2: Estante e 3 maçaneta da porta) nos tempos (0) controle sem Fotocatálise Heterogênea (FH); (24hrs) e (48hrs) após FH instalado.....22

ARTIGO 1

Fig. 1. Alteração na cor subjetiva e objetiva da casca de mamão ‘Golden’ tratada com 100 nL L⁻¹ (+MCP) e sem (-MCP). (A) Escala de notas 1-5 e (B) Cor objetiva L* durante o armazenamento a 12°C.....44

Fig. 2. Mudanças na coloração objetiva a* (A); e b* (B) de mamão ‘Golden’ tratados com 100 nL L⁻¹ de 1-metilciclopropeno (+MCP) e sem (-MCP) durante o armazenamento durante 27 dias a 12°C.....45

Figura 3. Mudanças nos conteúdos de ácido ascórbico de mamão ‘Golden’, tratados com ♦ 1-MCP 100 nL L⁻¹ na presença de fotocatalise (+MCP +FH.); ■ sem 1-MCP na presença de fotocatalise (-MCP +FH); ▲ 1-MCP 100 nL L⁻¹ na ausência de fotocatalise (+MCP -FH) e ● frutos sem 1-MCP sem fotocatalise(-MCP -FH), armazenados durante 27 dias a 12°C.....46

Fig. 4. Atividade antioxidante total (EC 50g de polpa/g de DPPH) de mamão ‘Golden’ tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP 100 nL L⁻¹). Os tratamentos ● com 1-MCP e Δ sem 1-MCP armazenados durante 27 dias a 12°C.....47

Fig. 5. Efeito da Fotocatálise heterogênea na redução da clorofila total (µg.100g⁻¹ casca) de mamão ‘Golden’, ○ na presença de (+FH); □ na ausência de (-FH) (A). Efeito da interação 1-MCP x FH nos valores totais de clorofila total durante o armazenamento durante 27 dias a 12°C. (B).....47

Figura 6. Variação nos valores de carotenoides totais (µ.100g⁻¹ Polpa) (A) e antocianinas (µ.100g⁻¹ Polpa) (B) em mamão ‘Golden’ tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP 100 nL L⁻¹) na presença (+MCP +FH) e ausência (+MCP -FH) de fotocatalise heterogênea durante 27 dias. Flavonóides amarelos (µ.100g⁻¹ Polpa) (C), na presença (+FH) e ausência (-FH) de fotocatalise armazenados a 12°C.....49

Figura 7. Efeito do 1-metilciclopropeno 1-MCP 100 nL L⁻¹ e fotocatalise heterogêna (FH) na redução da Firmeza (N) **(A)**; Atividade da pectinametilesterase (U.mL⁻¹.min⁻¹) **(B)** e Atividade da poligalacturonase (U.g⁻¹.min⁻¹) **(C)** de mamão ‘Golden’, durante 27 dias de armazenamento a 12°C..).....52

Figura 8. Efeito do 1-metilciclopropeno 1-MCP 100 nL L⁻¹ e fotocatalise heterogêna (FH) na perda de massa fresca % **(A)** e Aparência escala 1-9, (1) Inaceitável; (3) Ruim; (5) Regular; (7) Bom e (9) Excelente **(B)** de mamão ‘Golden’ durante o armazenamento durante 27 dias a 12 °C.....54

ARTIGO 2

Figure 1 - Ascorbic Acid (mg 100g⁻¹) in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nL L⁻¹ of 1-methylcyclopropene (+MCP) and the control, without 1-MCP (-MCP), stored at 12 ± 1 °C and 82 ± 2% RH and 23 ± 2 °C and 72 ± 4% RH.....64

Figure 2 - Total Chlorophyll (µg.100g⁻¹) **A** - in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nLL⁻¹ 1-methylcyclopropene (+MCP) and the control, without 1-MCP (-MCP). Total Chlorophyll (µg.100g⁻¹) **B** - in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and stored at 12 ± 1 °C 82 ± 2% RH and 23 ± 2 °C 72 ± 4% RH.....65

Figure 3- Total carotenoids (µg.100g⁻¹) in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nLL⁻¹ 1-methylcyclopropene (+MCP) and the control, without 1-MCP (-MCP) during storage at 12 ± 1 °C 82 ± 2% RH and 23 ± 2 °C 72 ± 4% RH.....66

Figure 4 - Yellow Flavonoids (µg.100g⁻¹ pulp) **A** in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nLL⁻¹ 1-methylcyclopropene (+MCP 12 °C and +MCP 23 °C) and the control, without 1-MCP (-MCP 12 °C and -MCP 23 °C), during storage at 12 ± 1° C and 82 ± 2% RH and at 23 ± 2 °C 72 ± 4% RH, respectively. Anthocyanins (µg.100g⁻¹ pulp) **B** in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nLL⁻¹ 1-methylcyclopropene (+MCP) and the control, without 1-MCP (-MCP).....67

Figure 5 - Antioxidant activity (EC 50 (g of pulp / g of DPPH) in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nLL⁻¹ 1-methylcyclopropene (+MCP 12°C and +MCP 23°C) and the control, without 1-MCP (-MCP 12°C and -MCP 23°C), during storage at 12 ± 1° C and 82 ± 2% RH and at 23 ± 2 °C 72 ± 4% RH, respectively.....68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- FH – Ausência de fotocatalise heterogênea
- MCP – Ausência de 1-metilciclopropeno
- + FH – Presença de fotocatalise heterogênea
- + MCP – Presença de 1-metilciclopropeno
- 1-MCP – 1 metilciclopropeno
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- AOAC – Official Methods of Analysis
- AT – Acidez Titulável
- ATT – Atividade Antioxidante Total
- BDA – Batata, Dextrose, Agar
- BRAPEX – Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaya
- CO₂ – Dióxido de Carbono
- DAP - Distúrbio do Amolecimento Precoce
- DNS – Ácido DinitroSalicílico
- DPPH - 2,2-diphenylpicrylhydrazyl
- FH – Fotocatalise Heterogênea
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- PCA – Ágar Padrão para Contagem
- PG - Poligalacturonase
- PGA - Poligalacturonase
- PH – Potencial Hidrogeniônico
- PME - Pectinametilesterase
- POA - Processos Oxidativos Avançados
- POCA - Advanced Oxidation Catalytic Process
- ppm – Parte por Milhão
- PVC – Polivinil de cloruro
- RDA - Recommended Dietary Allowance
- RCI – Ionização Catódica Radiante
- RNAm – Ácido Ribonucleico mensageiro
- TCP - Proteína do Tumor em Translação Controlada
- UV – Lâmpada Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Características gerais do fruto.....	3
2.2 Aspectos comerciais.....	4
2.3 Aspectos nutricionais e funcionais	5
2.4 Fisiologia do fruto.....	6
2.5 Enzimas da parede celular.....	9
2.6 Inibição da ação do etileno.....	12
2.7 Fotocatálise heterogênea.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Matéria-prima.....	17
3.2 Aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP).....	18
3.3 Testes preliminares do equipamento de fotocatalise heterogênea	20
3.3.1 Resultados dos testes pre-liminares.....	21
3.4 A valiações.....	23
3.4.1 Análises físicas.....	23
3.4.2 Avalaiação sensorial subjetiva e objetiva da coloração.....	23
3.4.3 Avaliação subjetiva de aparência.....	24
3.5 Compostos bioativos.....	24
3.6 Avaliações enzimáticas.....	25
3.6.1 Atividade da pectinametilesterase.....	25
3.6.2 Atividade da poligalacturonase.....	26
3.7 Análise estatística.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1 ARTIGO 1.....	37
4.2 ARTIGO 2.....	61
5 CONCLUSÃO.....	71
ANEXOS.....	72

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do mamoeiro (*Carica papaya*) é comercialmente muito relevante. Das frutas consumidas no Brasil, o mamão apresenta grande interesse de mercado, sendo amplamente difundido. Este fruto apresenta boa aceitação pelos consumidores americanos, mercado conquistado por algumas empresas a partir de 1998, após a adoção do Sistema Integrado de Medidas para Diminuição de Riscos – *System Approach*, Norma estabelecida pela USDA (COSTA et al., 2010).

A partir de 1982, verificou-se, no Brasil, uma grande evolução no melhoramento genético do mamoeiro no tocante ao desenvolvimento de variedades do grupo ‘Solo’, visando atender tanto à demanda do mercado nacional quanto de exportação. Nesse sentido, foram introduzidas no mercado as seguintes variedades comerciais, com seus respectivos anos de lançamento: ‘Sunrise Solo 72/12’ (1982); ‘Baixinho de Santa Amália’ (1986); ‘Grampola’ (1988); ‘Golden’ (1996); ‘Gran Golden’ (1997); ‘Sunrise Solo BSA’ (1998); ‘Golden MD 2’ (2001) e ‘Golden THB’ (2004) (RUGGIERO et al., 2011).

O mamão ‘Golden’ é uma importante cultivar brasileira, que tem sido amplamente exportada para os mercados norte americano e europeu. Os frutos são muito apreciados pela qualidade de sabor, sobretudo no que se refere à elevada doçura, coloração alaranjado forte da polpa e pela textura macia (RUGGIERO et al., 2011). Esta cultivar tem curta vida útil pós-colheita e responde imediatamente ao tratamento com etileno Fabi et al. (2010), utilizando o etileno exógeno para induzir o amadurecimento em mamões ‘Golden’, identificou os genes que são positiva ou negativamente regulados por etileno e entre estes os relacionados à firmeza do fruto. Neste contexto, a firmeza do fruto é um importante atributo de qualidade e sua diminuição durante a maturação pode influenciar não somente a qualidade, mas também sua vida útil pós-colheita (ALI et al., 2004).

Um dos principais problemas pós-colheita com o mamão é o amadurecimento irregular em frutos de um mesmo lote, como consequência de uma inadequada seleção por maturidade nas casas de embalagem (BRON et al., 2004). O amadurecimento de frutos climatéricos, como o mamão (KADER, 2010) pode ser controlado em resposta a aplicação do 1-MCP, principalmente no início da maturação, quando a produção de etileno é baixa, ou seja, na fase pré-climatérica (ZHANG et al., 2009). Entretanto, a aplicação do 1-MCP pode acarretar certos problemas para algumas frutas, como pêras, bananas e mamões, os quais podem apresentar amadurecimento desuniforme, ou ainda, haver mudança na coloração, sem que haja perda de firmeza (TREVISAN, 2012).

Cerca de 30% do total produzido é perdido, devido à alta perecibilidade do mamão (PAUL et al., 1997). Os principais fatores que depreciam a qualidade pós-colheita do mamão são o rápido amolecimento e a elevada incidência de podridões. Dada essa alta perecibilidade, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento da vida útil após a colheita, visando ao mercado interno e à exportação (TREVISAN et al., 2013).

As doenças causadas por fungos constituem uma das principais causas de depreciação do mamão, causando a mancha negra ou podridão peduncular com perdas durante armazenamento, afetando o transporte e comercialização. O processo normalmente utilizado para controle dessas doenças inclui o tratamento na pré e pós-colheita com fungicidas, bem como tratamento hidrotérmico, uso binômio tempo x temperatura, uso de recobrimentos biodegradáveis com atividade antimicrobiana (LIMA et al., 2012).

O uso de defensivos químicos representa sério risco ao meio ambiente e à saúde humana, principalmente pelo risco de gerar resíduos tóxicos, sendo necessário um período de carência para o consumo de frutos após a aplicação de tais produtos (OLIVEIRA et al., 1995).

As desvantagens da utilização dos métodos tradicionais de controle de doenças de pós-colheita no mamão tornam necessária a busca de novos processos que sejam eficazes e não causem prejuízos ao meio ambiente. Entre os métodos de controle de doenças na pós-colheita estão a aplicação de indutores de resistência (DANTAS et al., 2003) e de óleos essenciais (CARNELOSSI et al., 2009; LIMA et al., 2012), bem como aplicação de ozônio (KECHINSKI et al., 2012).

A tecnologia da Fotocatálise heterogênea, por se tratar de um forte agente oxidante e antimicrobiano, pode ser utilizada em ambiente confinado e refrigerado, como alternativa de reduzir à carga microbiana do ar e superfície em ambientes refrigerados

A aplicação de 1-MCP e Fotocatálise Heterogênea podem influenciar o amadurecimento e os aspectos qualitativos dos frutos. Podem estabelecer métodos mais efetivos para a cadeia de armazenamento, transporte e comercialização de frutos perecíveis com padrão de respiração climatérico, como é o caso do mamão 'Golden'.

Portanto o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da utilização de 1-MCP 100 nL.L⁻¹ seguido de armazenamento sob fotocatalise heterogênea no amadurecimento e manutenção da qualidade pós-colheita do mamão 'Golden' armazenados sob refrigeração.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO FRUTO

As cultivares de mamoeiro mais exploradas no Brasil são classificadas em dois grupos, conforme o tipo de fruto: Solo e Formosa. As variedades do grupo Formosa são adequadas somente à comercialização no mercado interno, enquanto que as do grupo Solo são comercializadas nos mercados interno e externo (DANTAS e CASTRO NETO, 2000).

O mamão ‘Golden’ é um cultivar relativamente novo e tem demonstrado diferenças nos parâmetros de qualidade em relação à cultivar de origem, a cultivar ‘Sunrise Solo’. Como característica predominante a casca do mamão ‘Golden’ foi descrita como sendo acentuadamente aclorofilada (MARIN e GOMES, 2000). Assim, Fonseca et al. (2007) detectaram teores de clorofila “a” e “b” inferiores na cultivar ‘Golden’ em relação a cultivar ‘Sunrise Solo’, o que explica sua coloração verde bem mais clara que a precursora. A ‘palidez’ da cor verde, característica deste cultivar, pode vir a trazer dificuldades em relação à sua classificação visual, pois, a maturação do fruto decorre como o “clareamento” da cor verde e progressiva transformação para a cor amarela (REIS NETO, 2006).

O mamão ‘Golden’ é uma baga, com formato arredondado, cilíndrico ou periforme, de cor amarela ou alaranjada quando maduro. A polpa tem consistência suave e succulenta, cor salmão, vermelha e até amarela, com sementes negras que se inserem na cavidade interna do fruto (TREVISAN, 2012).

Este fruto apresenta importantes atributos de qualidade que o diferencia dos demais frutos tropicais. Dentre estes, o conteúdo de açúcares desempenham papel importante no aroma e sabor característicos do mamão e a cor da casca totalmente amarela quando maduro, tornando o fruto bastante atrativo ao consumidor (COSTA et al., 2010).

Para estudos da qualidade do fruto, podem ser utilizadas características, como massa, comprimento, diâmetro, forma, cor e firmeza, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, ácido ascórbico, pectina total e solúvel, entre outros. Estas características podem ser influenciadas por fatores, como: condições edafoclimáticas, cultivar, época e local de colheita, tratamentos culturais e manuseio na colheita e pós-colheita, variando em função do destino do fruto e das exigências do mercado consumidor (FAGUNDES e YAMANISHI, 2001).

2.2 ASPECTOS COMERCIAIS

A produção mundial de mamão representa 10% da produção mundial de frutas tropicais, girando em torno de 11 milhões de toneladas, das quais 37% são produzidas na América Latina e Caribe. Os principais produtores mundiais são a Índia, Brasil, Indonésia, República Dominicana, Nigéria e México, enquanto os maiores exportadores são o México e a Malásia. Em termos da produção por país, a Índia contribui com 36,1%, Brasil 16,0%, Indonésia 8,3%, República Dominicana 7,7%, Nigéria 6,6% e outros 25,4% (FAOSTAT, 2013). Os principais estados produtores de mamão do Brasil, são a Bahia 50,05%, Espírito Santo 30,23%, Ceará 6,07%, Rio Grande do Norte 3,74%, Minas Gerais 2,42% e outros 7,48% (IBGE, 2013).

A evolução da cultura do mamão se deu desde sua introdução na região de Monte Alto-SP, que já foi considerada a capital brasileira do mamão, até a sua consolidação nos Estados da Bahia, Espírito Santo, Rio Grande do Norte e Ceará, atualmente considerados como os maiores produtores nacionais (SERRANO e CATTANEO, 2010; RUGIERO et al., 2011).

As principais exigências de qualidade do mercado externo para o mamão são: massa média do fruto entre 350 e 550 g; formato piriforme; casca lisa, sem manchas; frutos firmes, com polpa espessa, sem protuberâncias e cavidade central redonda e pequena; polpa de cor vermelho alaranjada. No entanto, o mercado Norte-Americano prefere polpa de coloração amarelada e alto teor de açúcares, tanto para consumo fresco quanto para sucos concentrados. Adicionalmente, os frutos devem ser resistentes a longos períodos de armazenamento e não possuir odor desagradável (TRINDADE, 2000).

O mamão brasileiro apresenta ótimo sabor, boa aparência, além de poder ser exportados durante os doze meses do ano. Essa regularidade de suprimento é uma das vantagens competitivas do mamão brasileiro, diante dos demais países fornecedores desse produto (PERES, 2002). O mamão é a 3ª fruta mais consumida pelos brasileiros, sendo o consumo *per capita* pouco mais de 2 kg anuais, valor considerado baixo. A exportação brasileira de mamão começou a ter alguma expressão a partir da década de 80 e os principais centros importadores encontram-se na Europa (80%) e USA (14%) (BRAPEX, 2012).

2.3 ASPECTOS NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS

Os frutos do mamoeiro são excelentes fontes de cálcio, pró-vitamina A e vitamina C, sendo por isso amplamente utilizados em dietas alimentares (SERRANO e CATTANEO, 2010).

O mamão ‘Golden’ é uma importante cultivar brasileira, que tem sido amplamente exportada para os mercados norte americano e europeu. Esta cultivar é muito apreciada pela elevada doçura, coloração alaranjado forte e pela textura macia da polpa (RUGGIERO et al., 2011). Entretanto, atualmente, a qualidade pós-colheita de frutos é valorizada com base nos aspectos diferenciais da sua composição, sobretudo pela presença de substâncias que podem trazer benefícios à saúde, a exemplo de substâncias com propriedades antioxidantes (SILVA et al., 2012). Entre os antioxidantes presentes nos frutos, os mais frequentemente encontrados são o ácido ascórbico, carotenóides e os compostos fenólicos, tais como os flavonoides e antocianinas (BIANCHI e ANTUNES 1999; MALACRIDA e MOTTA, 2006).

Entre as propriedades farmacológicas tem sido comprovado estudos na planta apresentando várias atividades medicinais como antioxidante, anti-hipertensivos, cicatrização de feridas, hepato protetora, antiinflamatória, antimicrobiana, antifúngica, anti fertilidade, histaminérgicos, diurético, hipoglicemiante, imuno modulador, atividade anti úlcera. Frutos de mamão é uma fonte rica de nutrientes, como carotenoides, provitamina A, vitamina C, B, licopeno, minerais e fibras. Danielone é uma fitoalexina encontrada no fruto. Este composto apresentou uma elevada atividade antifúngica (VIJ e PRASHAR, 2015).

Estudos epidemiológicos sugerem que o frequente consumo de alimentos ricos em antioxidantes naturais é associado à baixa incidência de doenças degenerativas, incluindo o câncer, doenças cardiovasculares, inflamações, artrites, declínio do sistema imune, disfunção cerebral, diabetes, mal de Alzheimer e alguns tipos de catarata (WU et al., 2004; ABDILLE et al., 2005; KUSKOSKI et al., 2005; HE et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011).

A composição por 100 g de polpa de mamão é de 32 calorias, 90 g de água, 8,3 g de carboidratos, 0,6 g de fibras, 0,5 g de proteínas, 0,1 g de gorduras, 20 mg de cálcio, 0,4 mg de ferro, 13 mg de fósforo, 110 mg de caroteno, 0,03 mg de vitamina B₁, 0,04 mg de vitamina B₂ e 46 mg de vitamina C (TREVISAN, 2012). A polpa deve ser delicada e saborosa, cujas características sensoriais (textura, cor e aroma), químicas (baixa acidez e bom equilíbrio entre açúcares e ácidos orgânicos) e digestivas, tornam-na um alimento

ideal e saudável para pessoas de todas as idades (MEDINA et al., 1980; FABRI et al., 2010; RUGGIERO et al., 2011).

Segundo Hinojosa e Montgomery (1988), a acidez titulável da polpa de mamão varia entre 0,12 e 0,15% e, por apresentar essa característica, ele tem sido recomendado como tratamento dietético para pessoas que sofrem de problemas gastrointestinais, como gastrite e úlcera. Esta baixa acidez durante a maturação do fruto explica o agradável sabor doce do mamão (COSTA et al., 2010).

2.4 FISILOGIA DO FRUTO

A qualidade pós-colheita de frutos é determinada por meio de avaliações de características fisiológicas para medir o efeito dos sistemas de manejo, condições de armazenamento ou outras variáveis que podem afetar seus tecidos. Mudanças na qualidade podem ser atribuídas ao manuseio que promovem alterações fisiológicas, tais como emissão de gases respiratórios durante o armazenamento (COSTA et al., 2010).

O mamão apresenta vida útil pós-colheita relativamente curta e completa, quando colhido na maturidade fisiológica, o seu amadurecimento aproximadamente em uma semana, sob condição ambiente. No entanto, vários fatores de pré e pós-colheita podem reduzir sua vida útil. Esses fatores podem manifestar-se nos frutos isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas e qualitativas nas diferentes fases da comercialização (COSTA e BALBINO, 2002; ZAMPERLINI et al., 2007).

No mamão, sendo climatérico, as transformações resultantes do amadurecimento ocorrem rapidamente após a colheita no fruto fisiologicamente maduro, desencadeadas pela produção do etileno e pelo aumento da taxa respiratória. Esse fato torna este fruto bastante perecível (DURIGAN, 2013). Em razão dessa alta perecibilidade, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento na vida útil após a colheita, visando ao mercado interno e à exportação de frutas (ASMAR et al., 2010).

A maturação é o estágio de desenvolvimento dos frutos que compreende uma inter-relação de mudanças bioquímico-moleculares, resultando em alterações fisiológicas e fenotípicas facilmente perceptíveis, como é o caso da coloração (degradação da clorofila e/ou síntese de outros pigmentos), solubilização de pectinas (aumento da fragilidade e amolecimento dos tecidos), formação de ceras na epiderme, melhoria do sabor, pela síntese e bioconversão de carboidratos e ácidos orgânicos, síntese e/ou polimerização/condensação de compostos fenólicos e da produção de substâncias voláteis (NEVES, 2009).

O controle da respiração de frutos é importante para a sua conservação pós-colheita durante o maior tempo possível, sendo o etileno o hormônio que desencadeia o aumento da respiração dos frutos climatérios. Este gás liga-se a um receptor na célula, desencadeando uma série de eventos, que provocam o amadurecimento e a senescência do fruto (PAULL, 1993; LELIÈVRE et al., 1997; JACOMINO et al., 2002).

A firmeza é também um importante fator de qualidade em mamões para o consumo fresco, pois indica a tolerância do fruto ao transporte e ao manuseio, durante a colheita e a comercialização. Contudo, o mecanismo pelo qual os frutos têm sua firmeza reduzida não é completamente entendido (RESENDE et al., 2004; PIRES et al., 2009).

A perda de firmeza pode resultar ainda na perda excessiva de água e diminuição da pressão de turgescência das células (AWAD, 1993). Diversas enzimas catalisam reações metabólicas na parede celular de frutos (GONÇALVES et al., 2006). O amadurecimento dos frutos ocorre mediante diversas reações, tanto de síntese como de degradação, culminando na perda de firmeza da polpa, parâmetro considerado como um dos atributos de qualidade (FONTES et al., 2008). O amaciamento do fruto é atribuído à perda de firmeza dos tecidos e está associado a mudanças na composição da parede celular, em decorrência de alterações na estrutura e composição dos carboidratos, como pectinas, hemicelulose e celulose.

Lazan et al. (1995) estudaram o papel das enzimas pectinolíticas no amolecimento e modificações da parede celular durante o amadurecimento de mamões e observaram aumento na solubilidade e despolimerização das pectinas. Nas hemiceluloses, foram verificadas aumento na fração correspondente e na degradação de tais polissacarídeos da parede celular. O papel das hemiceluloses no processo de amolecimento durante o amadurecimento não está ainda bem elucidado, em parte, devido ao comportamento irregular que estes tipos de polímeros têm nas diferentes espécies frutíferas.

Os estudos dos eventos moleculares responsáveis pelas maiores mudança nos frutos durante a maturação demonstram que a firmeza pode exercer um efeito cooperativo sobre outros atributos sensoriais, como aroma, cor, sabor. Pode ainda influenciar a aceitabilidade, vida útil, capacidade de transporte, resistência ao cisalhamento e ao ataque por insetos, bactérias e fungos (SEYMOUR et al., 2002; MANRIQUE e LAJOLO, 2004).

Em mamões, o mecanismo de ação das enzimas hidrolíticas e pectinolíticas, durante o amadurecimento, está parcialmente esclarecido. Lazan et al. (1995) relataram o envolvimento das hidrolases de parede celular na modificação de pectinas e hemiceluloses no amaciamento de mamões da cultivar Eksotika. Esses autores apontaram um aumento de

atividade das enzimas β -galactosidase, poligalacturonase e pectinametilesterase durante o amadurecimento. Fontes et al. (2008) relataram a correlação entre a perda de firmeza e atividade da pectinametilesterase na cultivar Sunrise Solo, porém essa correlação não foi observada para a cultivar Tainung.

O armazenamento refrigerado é um dos métodos mais efetivos e práticos utilizados para o prolongamento da vida útil de frutos frescos. Sob tal condição, o metabolismo do fruto, a respiração e o amadurecimento são retardados. A velocidade e a intensidade com que essas alterações ocorrem são dependentes das características genotípicas, das condições edafoclimáticas de cultivo, condições de colheita e de armazenamento (KADER et al., 1986). A temperatura mínima para o armazenamento do mamão, determinada pela sua susceptibilidade à dano pelo frio está compreendida entre 9 e 12 °C, dependendo da cultivar (CHEN e PAUL, 1986).

A pequena resistência do mamão na pós-colheita e sua suscetibilidade a dano pelo frio a temperaturas abaixo de 10 °C em ambiente com concentrações de CO₂ acima de 1%, têm permitido reduzir o tempo de viagem do mamão por navios no percurso entre o Brasil e a Europa ou América do Norte do fruto produzido no Rio Grande do Norte, o que reduz o tempo de viagem de 21-23 dias para 16-18 dias (RUGGIERO et al., 2011). A combinação de 1-MCP com refrigeração, portanto, pode elevar a temperatura do armazenamento e propiciar a redução do custo do transporte.

Segundo Gallon (2010) mamões ‘Golden’ com e sem Distúrbio do Amolecimento Precoce (DAP) submetidos a armazenamento refrigerado (10 °C) não diferiram quanto aos valores de sólidos solúveis. Em geral, no que se refere à temperatura, em mamões os teores de sólidos solúveis não diferem nem mesmo quando os frutos são armazenados em temperatura ambiente.

Trevisan et al. (2013) avaliaram a fisiologia e a conservação pós-colheita de mamões ‘Golden’ submetidos à aplicação simultânea de 1-metilciclopropeno e etileno, nas seguintes combinações, de 1-MCP (nL. L⁻¹) + etileno (μL. L⁻¹): 0+0; 100+0; 100+2,5; 100+5 e 100+10, no estágio de maturação 1 e por 12 dias a 22 °C. Os tratamentos com 1-MCP e 1-MCP mais 2,5 μL.L⁻¹ de etileno foram os que mais retardaram a perda da firmeza e a mudança da cor. Entretanto, não houve diferença no teor de sólidos solúveis entre tratamentos. Quanto ao teor de ácido ascórbico, tratamentos com 1-MCP e 1-MCP mais 2,5 μL.L⁻¹ de etileno apresentaram teores mais elevados. Estes tratamentos também preservaram a aparência, mantendo notas acima de quatro, limite de aceitação ao final do armazenamento, ou seja, com aparência aceitável. Por sua vez, em frutos onde apenas 1-

MCP foi aplicado, a firmeza permaneceu elevada (127,87 N) após 12 dias de armazenamento e os frutos estavam inaptos para o consumo. Aqueles que receberam 1-MCP mais etileno, nas doses de 2,5 e 5 $\mu\text{L. L}^{-1}$, apresentaram firmeza de 48 e 35,46 N, respectivamente, no 10º e 6º dias de armazenamento, enquanto que os frutos do controle estavam com firmeza 7,31 N, no 6º dia de armazenamento.

Ruggiero et al. (2011) destacaram a importância da conservação da qualidade na comercialização do mamão por refrigeração, pois a maior parte desta fruta é consumida fresca, embora o custo da refrigeração seja alto. Assim, a diminuição das perdas de mamão, que são bastante altas, faz-se necessários para incrementar o comércio e ofertar melhores produtos no mercado. A combinação de 1-MCP com refrigeração, portanto, pode propiciar a redução do custo do transporte pelo aumento da temperatura de armazenamento.

Um importante aspecto é que no armazenamento do mamão ‘Golden’ a 10 °C durante 10 dias não se observou incidência de dano pelo frio (GALLON, 2010), portanto a 12 °C pode ser a temperatura adequada para este fruto. A tolerância do mamão a temperaturas baixas varia com o estágio de maturação e o tempo de exposição ao frio, sendo a temperatura de 10 °C bem estabelecida para a conservação pós colheita, durante a comercialização do fruto, por exercer efeito no controle do amadurecimento (BRON et al., 2006; GALLON, 2010).

2.5 ENZIMAS DA PAREDE CELULAR

O amaciamento da polpa de frutos tem sido postulado como um desarranjo nas estruturas da parede celular primária e da lamela média do fruto como consequência da atividade de enzimas hidrolíticas nos polímeros de carboidrato (SEYMOUR e GROSS, 1996). As microfibrilas de celulose são desestruturadas pela celulase, enzima capaz de romper as ligações glicosídicas, resultando na liberação de oligossacarídeos, enquanto as pectinas da parede celular são despolimerizadas por enzimas pectinolíticas. Segundo Gross e Sams (1984), uma das grandes modificações na parede celular de frutos em amadurecimento é a perda de resíduos de galactose, dos polímeros da parede.

Pesquisas têm se dedicado a elucidar os mecanismos responsáveis por mudanças na firmeza que ocorrem na pós-colheita dos frutos. É possível que estas alterações estejam associadas à perda de metil ésteres do homogalacturonano, em consequência da atividade da pectinametilesterase (PME), que remove os grupos metil éster dos resíduos do ácido

alfa-D-galacturônico, das cadeias de polissacarídeos pécticos (ASSIS et al., 2004). De acordo com Ali et al. (2004), a importância da PME no amaciamento dos frutos é ampliada, pois essa enzima contribui, direta ou indiretamente, para a ação de outras, ao criar um ambiente iônico adequado ou modificar a porosidade da parede celular, o que favoreceria o acesso de outras enzimas aos seus substratos potenciais. A desesterificação da cadeia de homogalacturonano a torna suscetível à atividade da poligalacturonase (PG) (ASSIS et al., 2004; PRASANNA et al., 2007; PIRES et al., 2009).

A pectinametilesterase (PME), na maioria dos frutos, pode ser dividida em duas porções (PME I e PME II) as quais têm sido consideradas isoenzimas. Ambas atuam em pH ótimo 8,0 a 35°C e são ativadas por cátions, sendo os mais efetivos os cátions divalentes como Mg^{2+} (LIM e CHUNG, 1993). Portanto, o grau de metilesterificação das pectinas pode ser um fator de regulação do processo de maturação (WAKABAYASHI, 2000; JIANG et al., 2003).

Segundo Wei et al. (2010) ao estudar a atividade e expressão de genes da PME, abundância de RNAm e regulação do etileno durante o armazenamento refrigerado em duas cultivares de maçãs Golden Delicious e Fuji, foi notificado que o nível de RNAm da PME não mudou coincidentemente com a atividade da PME, após serem regulados por etileno à baixa temperatura (0 °C). No entanto, nestas mesmas condições de armazenamento refrigerado, o RNAm referente a poligalacturonase foi inibida em ambas as cultivares. Portanto, as atividades de PG e PME aumentaram durante o amaciamento e diferiam entre os estágios para cada cultivar, sendo reguladas pelo etileno. A expressão dos genes da PME foi maior em frutos 'Golden Delicious', com diferenças muito maiores entre as cultivares do que a encontrada para PG. Ambos RNAm, da PME e PG foram mais intensamente influenciado por etileno quando armazenadas a (0 °C) somente para a variedade Golden Delicious.

A existência de frutos que mantêm sua polpa firme depois de completado o tempo de amadurecimento também demonstra a existência de substâncias inibidoras da atividade da PME. Entre as substâncias inibitórias pode-se destacar a sacarose, maltose e glicose, através de inibição não competitiva, e alguns peptídeos por competição aos sítios de ligação da PME. Segundo Jiang et al. (2003), substâncias como sacarose, maltose e glicose agem por meio de inibição não competitiva nos sítios de ligação da PME (PIRES et al., 2009).

Por sua vez, a atividade da PG está diretamente relacionada ao grau de esterificação da pectina, que é reduzido pela atuação da PME, que desmetoxila os polissacarídeos

pécticos. Portanto, a PME possui fundamental importância, atuando na extensão em que a pectina estará acessível à degradação pela PG (PRESSEY e AVANTS 1982). Assim, a causa do não amolecimento da polpa de alguns frutos tem sido relacionada a falhas na desmetoxilação o que, mais uma vez, diminuiu a ação da PG (JIANG et al., 2003). Karakurt e Huber (2003) verificaram que a PG e PME do mamão papaya atuam de forma diferente no fruto inteiro ou cortado. A PG influenciou no total de pectinas hidrossolúveis e no tamanho molecular das mesmas, de forma mais intensa nos frutos cortados, enquanto a PME em frutos inteiros ou cortados teve o mesmo nível de atividade. Entretanto, embora a metil esterificação diminua durante o amadurecimento, os resultados sugerem que a influência da PME pode ser indireta no amadurecimento e mudanças na firmeza do mamão papaya (PAIVA et al., 2009).

Em mamão, em geral 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). A atividade da PME pode aumentar, diminuir ou permanecer constante durante a maturação, dependendo do tipo de fruto (AWAD, 1993).

Hayama et al. (2003), indicam que enzimas hidrolíticas, como as PGs, podem atuar cooperativamente com as expansinas, reduzindo a firmeza da polpa dos frutos. A expressão das expansinas relacionadas ao amadurecimento de frutos é regulada pelo etileno (ROSE et al., 1997; OBENLAND et al., 2003).

O resultado da ação da poligalacturonase é a despolimerização da pectina e a solubilização progressiva dos fragmentos de poliuronídeos. O resultado prático de tal atividade é que barreiras intercelulares (lamela média) são rompidas e a viscosidade de soluções de pectina é diminuída à medida que a ação da enzima é mantida. Enquanto as exo-poligalacturonases também são de origem fúngica e disponíveis, elas não são ativas quando um resíduo de ácido galacturônico metilado se liga ao subsítio +1 e, como não são eficientes para despolimerização e redução da viscosidade, são de utilidade limitada (DAMODARAN et al., 2010).

A ausência de atividade da poligalacturonase em fruto imaturo e seu aparecimento próximo ao início da maturação e o incremento na sua atividade com liberação de pectina solúvel na maturação sugerem que ela interferiria na solubilização de pectina. Em virtude do aumento dos níveis de pectina solúvel durante o amadurecimento da banana, o envolvimento de PG, assim como de PME, nos processos degradativos da pectina, pode ser sugerido (PRESSEY e AVANTS, 1982; HUBER, 1983; LIZADA, 1990).

A β -galactosidase (EC. 3.2.1.23) e a α -galactosidase (EC 3.2.1.22) vêm merecendo maiores estudos entre as enzimas que atuam em paralelo a ação PG e PME, já que os resíduos galactosil representam os maiores açúcares neutros da parede celular perdidos durante a maturação da maioria dos frutos. Contudo, os efeitos da desgalactosilação da pectina ainda não estão completamente compreendidos para todos os frutos. No abacate (WAKABAYASHI, 2000).

Em mamão papaya, a α -galactosidase está fortemente correlacionada com a perda de firmeza do fruto. Acredita-se que ela pode ter atividade de trans-glicosilação, uma propriedade catalítica que é revelada durante as modificações da parede celular no crescimento e desenvolvimento. Seus prováveis substratos são as cadeias de galactanas ou arabinogalactanas que atuam na formação de ligações cruzadas entre as cadeias de celulose e xiloglucanas (SOH et al., 2006).

Em mamões, o mecanismo de ação das enzimas hidrolíticas e pectinolíticas, durante o processo de amadurecimento, está parcialmente esclarecido. Lazan et al. (1995) relataram o envolvimento das hidrolases de parede celular na modificação de pectinas e hemiceluloses no amaciamento de mamões da cultivar Eksotika. Esses autores apontaram um aumento de atividade das enzimas β -galactosidase, poligalacturonase e pectinametilesterase durante o amadurecimento. Fontes et al. (2008) relataram a correlação entre a perda de firmeza e atividade da pectinametilesterase na cultivar Sunrise Solo, porém essa correlação não foi observada para a cultivar Tainung.

2.6 INIBIÇÃO DA AÇÃO DO ETILENO

O etileno é o fitormônio que desencadeia os processos de amadurecimento e, portanto, a perda de firmeza dos frutos. Portanto, faz-se então necessário a inibição de sua síntese ou de sua ação para retardar esse processo. Uma das formas de bloquear a ação do etileno é pela utilização de composto que atuam em seus sítios receptores, presentes nas membranas celulares (TREVISAN, 2012). Neste sentido, 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um produto inovador que bloqueia a ação do etileno em plantas e frutos armazenados. Agem pela fixação preferencial ao receptor de etileno, bloqueando, desse modo, os efeitos do etileno procedente de fontes endógenas e exógenas, sendo eficaz mesmo em concentrações extremamente baixas. A maioria das respostas ao 1-MCP pode ser revertida pelo etileno, após decorrerência de um determinado período de tempo, pela geração de novos receptores de etileno (ROHM e HAAS, 2002).

Segundo a Legislação da Anvisa, portaria nº 354, de 11 de agosto de 2006, da Agência de Vigilância Sanitária – ANVISA 2006, o 1-MCP foi liberado para ser utilizado no Brasil em diferentes plantas ornamentais e frutos, dentre os quais inclui o mamão (ANVISA, 2013).

O 1-MCP em temperatura e pressão padrão é um gás com peso molecular de 54 e fórmula C_4H_6 . Ele age nos vegetais através da ocupação dos receptores de etileno de tal modo que este não consegue se ligar e elicitar sua ação. Essa molécula apresenta dez vezes mais afinidade com o receptor do etileno do que o próprio etileno (BLANKENSHIP e DOLE, 2003). O 1-MCP vem sendo amplamente testado para utilização em pós-colheita. Este composto liga-se de modo irreversível aos receptores de etileno, impedindo sua ação, consequentemente, bloqueando as reações de amadurecimento dependentes de fitormônio (SEREK et al., 1994; GIRARDI et al., 2003; HUBER, 2008; OCAMPO et al., 2012; TREVISAN et al., 2013; CÁBIA e VIEITES, 2013).

A intensidade de respostas ao 1-MCP varia muito em diferentes frutos climatéricos quando aplicados após a iniciação do amadurecimento. Trabalho feitos com os fatores que contribuem para a variação das respostas à aplicação de 1-MCP, incluindo os não específicos de adsorção e metabolismo possível e a competição com os níveis internos de etileno. A sorção do 1-MCP varia significativamente entre as diferentes frutas com alta absorção, os quais são exibidos nos tecidos de abacate, banana e maçãs e em frutas com baixa sorção, como tomate e melão. Frutos como a banana, abacate não respondem ao 1-MCP quando aplicados após a iniciação da maturação, no entanto, a aplicação na fase pré climatérica pode resultar em amadurecimento incompleto ou de outro modo no comprometimento do amadurecimento (BAGNATO et al., 2003; BASSETTO et al., 2005; HURR et al., 2005).

O 1-MCP é reconhecido como importante ferramenta no controle da maturação de frutos climatéricos (WATKINS, 2006), por promover a inibição da ligação do etileno ao seu receptor, podendo reduzir a produção e ação deste hormônio (HUBER, 2008). Com isso, retarda o amadurecimento e a senescência desses frutos. Estudos com frutos climatéricos focaram a aplicação de 1-MCP após a iniciação da maturação. Alguns frutos incluindo tomate, mamão e melão detêm sensibilidade ao 1-MCP, quando aplicado ao longo do amadurecimento (WILLS et al., 2002; ERGUN e HUBER, 2004; JEONG et al., 2007). Outras frutas, como banana e abacate, tornam-se cada vez mais insensíveis a resposta ao 1-MCP quando aplicado depois da iniciação da maturação. Em mamão, o tratamento com 1-MCP pareceu ter inibido a enzima endo-PG, e, consequentemente, a

polpa não amoleceu (FABI et al., 2007). No entanto, a qualidade do fruto em comparação ao fruto que amadurece naturalmente foi comprometida (FABI et al., 2009).

O trabalho realizado por Ocampo et al. (2012), o primeiro a analisar a proteômica do efeito do 1-MCP no amadurecimento de mamão, apresenta dados que irão ajudar a lançar luz sobre processo de maturação do mamão. Quando a produção de etileno está bloqueada por 1-MCP, as enzimas relacionadas com a respiração também são reprimidas. Os frutos tratados com 1-MCP, apresentaram inibição das enzimas responsáveis pela degradação da parede celular. Além disso, encontramos diminuição na acumulação de cytb5 que está envolvido na biossíntese de flavonoides, que poderia ser a razão da falta de desenvolvimento da cor em frutos tratados com 1-MCP. O 1-MCP também afeta a regulação dos canais iônicos, vacuolar H ATPases que controlam o turgor osmótico celular em frutos.

2.7 FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA

Alguns fungos causadores de doenças nos frutos de mamoeiro já adquiriram resistência aos fungicidas, limitando o uso desses produtos e exigindo o desenvolvimento de pesquisas com produção integrada (DANTAS et al., 2003). O uso de defensivos químicos representa sérios riscos ao meio ambiente e a saúde humana, principalmente pela presença de resíduos tóxicos (OLIVEIRA et al., 1995). Diversas espécies de fungos causam podridões em mamão durante a pós-colheita. Entre as doenças mais importantes, pode-se citar a podridão peduncular, causada pelos fungos *Colletotrichum gloesporioides*, *Fusarium* spp., *Phoma caricae-papayae* (Tarr.), *Lasiodiplodia theobromae* (Pat) Griffon & Maulb (DANTAS et al., 2003; COSTA et al., 2010).

A fotocatalise heterogênea (FH) teve sua origem na década de setenta, quando pesquisas em células foto eletroquímicas começaram a ser desenvolvidas com o objetivo de produzir combustíveis a partir de materiais baratos, tendo em vista a transformação da energia solar em energia química. A fotocatalise heterogênea pertence à classe dos processos oxidativos avançados (POA) e dividem-se em sistemas homogêneos e heterogêneos onde os radicais hidroxila são gerados com ou sem irradiação ultravioleta. Entre estes, pode-se citar os processos que envolvem a utilização de ozônio, peróxido de hidrogênio, decomposição catalítica de peróxido de hidrogênio em meio ácido (reação de Fenton ou foto-Fenton) e semicondutores como dióxido de titânio (fotocatalise heterogênea) (NOGUEIRA e JARDIM, 1998).

Segundo Segato (2006), os POA são capazes de converter poluentes em espécies químicas inócuas, tais como gás carbônico e água. Através destes processos, compostos orgânicos e inorgânicos são oxidados, a mineralização pela reação com o radical hidroxila, formado pela quebra de uma molécula de água. Assim, FH pode ser considerada como um método “limpo” para o tratamento de uma grande variedade de poluentes, já que, na maioria dos casos, os compostos poluentes são mineralizados sem haver a formação de subprodutos.

Os principais fundamentos da fotocatalise têm sido aplicados à descontaminação do ar de ambientes internos. No sistema da fotocatalise heterogênea, o catalisador é afixado a um material suporte, colocado em meio ao fluxo de efluente a ser tratado, seja este líquido ou gasoso. A fotocatalise, portanto, tem sido usada para o tratamento de ar, sendo a umidade do ar um fator importante a ser levado em consideração, pois a molécula de água tem um papel fundamental no fornecimento do radical hidroxila ao processo. A FH também atende bem às necessidades destes ambientes, com baixas concentrações de poluentes. Os custos de manutenção também são muito baixos ou nulos, dependendo apenas da fonte luminosa utilizada (LACEY e SCHIRMER, 2008).

Comercialmente, os purificadores de ar residenciais utilizam a fotocatalise heterogênea. Como exemplo, a Pionair, que comercializa purificador de ar para uso residencial, a Green Millenium e a No Odor Inc., todas norte-americanas, produzem soluções que formam filmes de dióxido de titânio, também para o tratamento de ambientes internos (GREEN MILLENIUM, 2010).

Segundo Montagner et al. (2005), os principais locais em que a FH pode ser útil para a desinfecção do ar são atmosferas confinadas, ou seja, ambientes enclausurados resfriados ou aquecidos por sistemas de ar condicionado que geralmente não proporcionam trocas de ar adequadas para a saúde humana.

A tecnologia RCI (Ionização Catalítica Radiante) é a nanotecnologia disponível atualmente no mercado visando a regeneração e tratamento do ar, a qual toma como base o princípio físico da foto catálise heterogênea, no qual as células de um reator catalítico (composto de dióxidos de metais nobres) criam um plasma que difunde oxidantes naturais (superóxidos, hidroxilos, hidro peróxidos, ions ozonizados, entre outros). Estes oxidantes naturais reagem com compostos orgânicos voláteis, células bacterianas e vírus, oxidando-os, dando lugar à desidratação e ruptura das membranas das células bacterianas (ECOQUEST, 2010). Com base no exposto, esta tecnologia pode afetar o metabolismo e, portanto, a qualidade de frutos durante o armazenamento, por afetar os sistemas oxidativos

envolvidos no consumo de substratos, bem como com o metabolismo de microrganismos, devendo seus impactos sobre as características de qualidade a serem avaliadas em frutos mantidos sob refrigeração (SILVA et al., 2012).

Os equipamentos dispõem de uma lâmpada ultravioleta (UV), elemento central que emite energia sobre a matriz metálica em forma de colmeia de abelha que produz os ativadores ionizados das reações catalíticas, e que está introduzida entre duas placas de um material de recobrimento hidrófilo (Figura 1). Estas reações denominadas POCA (Advanced Oxidation Catalytic Process) produzem os ativadores essenciais para a esterilização do ambiente: Radicais Hidroxilas, Radicais Hidroperóxilos, íons Super Óxidos, Hidro Peróxidos em Fase Gás e Íons Ozônicos (BRASILMED, 2011).



Figura 1. Equipamento FreshAir (AP 3.000) de Fotocatálise Heterogênea (FH) instalado em câmara fria 12°C.

No amadurecimento de mamão é alta a suscetibilidade à infecção fúngica e o 1-MCP é capaz de regular proteínas, como a TCTP - Proteína do Tumor em Translação Controlada e enzimas, como a diene lactone hidrolase, e as SODs e GSTs, que têm papéis

importantes na ativação dos mecanismos de resistência a doenças. Foram verificadas diferenças na abundância de proteínas relacionadas com a interação do Ca^{2+} , o que reflete a importância da sinalização de Ca^{2+} no processo de amadurecimento da fruta (OCAMPO et al., 2012). Durante o amadurecimento do mamão, descobriu-se que a proteína TCTP aumentou significativamente 18 dias após a pós-colheita em frutos não tratados com 1-MCP.

Os frutos de mamões ‘Golden’ armazenados a 25 °C apresentaram leve incidência de fungos no 9º e 12º dia, com médias 1,6 e 1,3 na escala de notas e 3,8 no 15º dia, o que tornou o fruto impróprio ao consumo. Os fungos presentes na podridão peduncular foram identificados como *Colletotricum* sp., *Asperisporium* sp. e *Fusarium* sp. Os frutos armazenados a 12°C apresentaram maior severidade de doenças na polpa e pedúnculo a partir do 24º, com valores médios de 3,8 (24 dias) e 5,0 (27 dias) apresentando podridão peduncular, seguida de podridão interna por *Colletotricum* sp (RODRIGUES et al., 2012).

Os frutos de mamoeiro ‘Golden’ tratados com fotocatalise heterogênea foram avaliados quanto à firmeza, coloração e incidência de podridão, durante o armazenamento a 12 ± 1 °C. Os frutos tratados com fotocatalise, tiveram redução da perda de firmeza, desenvolvimento da coloração e minimizou a incidência de doenças durante 21 dias de armazenamento (SILVA et al., 2012).

Portanto, torna-se necessário a busca de métodos inovadores e combinados que sejam capazes de controlar as perdas pós-colheita por fungos e prolonguem sua vida útil mantendo os aspectos qualitativos, com menores danos ao meio ambiente e à saúde humana.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIA PRIMA

Os frutos utilizados no experimento foram provenientes da Fazenda Santa Terezinha e empacotadora Doce Mel, situada no município de Mamanguape-PB. Os frutos foram colhidos manualmente, nas primeiras horas do dia e transportados até o *packing house* onde foram realizadas a limpeza e a higienização. Os frutos foram colocados em tanque de lavagem com água contendo 100 ppm de cloro livre, sendo, em seguida, conduzidos em esteiras dotadas de sistema de rolos e escovas e acondicionados em caixas plásticas, com papel bolhas higienizados e posteriormente transportados sem refrigeração

para o Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da UFPB Campus II Areia-PB.

No laboratório, foi realizada seleção manual para remoção de frutos danificados ou fora da faixa de maturidade, seguindo para classificação, onde os frutos foram separados por tamanho e coloração, tomando-se como base o grau 1 da escala, correspondente a de 1 a 15% da coloração da casca amarela, (Figura 2) mediante seleção visual pela escala de maturação para mamão ‘Golden’ (System Approach) - (PEIXOTO, 2008).

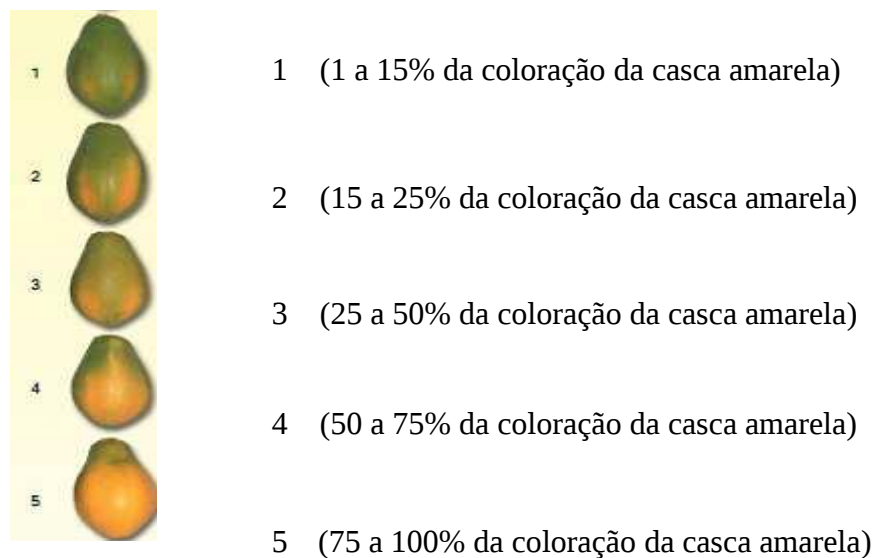


Figura 2 Escala de maturação para mamão ‘Golden’ (System Approach). Fonte: (PEIXOTO, 2008).

3.2 Aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP)

O 1-MCP (SmartFresh® - 0,14% i.a.) foi preparado visando à obtenção da concentração de 100 nL.L^{-1} do gás, através da pesagem de 0,0298 g do pó solúvel em bécker de vidro de 40 mL, o qual foi imediatamente vedado com Parafilm®. Em seguida, foi adicionada água destilada, em temperatura entre 40 e 60 °C, fechando-se imediatamente o recipiente e agitando-se até completa dissolução do produto. Para a aplicação do 1-MCP, uma camada de frutos foi acondicionada em quatro caixas de PVC rígida, com dimensões de 135 cm x 163 cm x 183 cm e volume interno de 4 m³ a $23 \pm 2 \text{ °C}$ durante 12 h (Figura 3). Dentro da caixa, foi colocado o copo de bécker contendo 1-MCP, fechando-a hermeticamente, a seguir, e mantendo-a sob condição ambiente ($23 \pm 2 \text{ °C}$) durante 12 horas (PEIXOTO, 2008).



Figura 3 Mamões 'Golden' armazenados em recipiente de PVC antes da aplicação de 1-metilciclopropeno a 100 nL L^{-1} por 12h a $23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $72 \pm 4\%$ UR.

Foram utilizados 216 frutos no experimento, sendo que 108 frutos foram tratados com 100 nL.L^{-1} de 1-MCP e os demais 108 frutos constaram como controle 0 nL.L^{-1} de 1-MCP. Após a aplicação, os frutos tratados com 1-MCP foram agrupados em três tratamentos, sendo que 36 frutos foram armazenados em câmara fria ($12 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $82 \pm 2\%$ UR) na presença da fotocatalise heterogênea (+MCP +FH), 36 foram armazenados em câmaras BOD com temperatura regulada ($12 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $72 \pm 2\%$ UR) na ausência da fotocatalise heterogênea (+MCP -FH) e os outros 36 foram armazenados em temperatura ambiente ($23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $72 \pm 4 \%$ UR). Os demais 108 frutos não tratados com 1-MCP foram divididos em três tratamentos controles de igual número e armazenados em câmara fria (Figura 4) na presença da fotocatalise heterogênea (-MCP +FH) armazenados em câmara BOD com temperatura regulada na ausência da fotocatalise heterogênea (-MCP -FH) e os demais 36 frutos foram armazenados a temperatura de ($23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $72 \pm 4 \%$). As avaliações foram realizadas em períodos alternados entre três e seis dias até o 27º dia de armazenamento.



Figura 4. Equipamento Fotocatálise Heterogênea (FH) instalado em câmara fria 12°C.

3.3 TESTES PRELIMINARES DO EQUIPAMENTO DA FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA

Inicialmente, foi realizado rastreamento das condições microbiológicas do ar e da superfície do ambiente onde os frutos foram armazenados, antes da instalação do experimento, 24h e 48hs após o experimento montado. Foram utilizados meios de culturas BDA e PCA. As placas abertas durante 30 minutos nos meios BDA foram utilizadas para verificar a contaminação do ar na câmara fria 12°C. Na superfície foram utilizados os meios BDA e PCA com suab estéril, no ambiente da câmara fria (1: parede; 2: Estante e 3 maçaneta da porta). A primeira coleta das amostras foram realizadas em condições normais (controle), após o procedimento normal de limpeza e higienização do ambiente, na ausência de frutos e equipamento de fotocatalise heterogênea. Posteriormente a instalação do equipamento foram colhidas amostras as 24 e 48 horas com o equipamento ligado na

potência de 750 com liberação de peróxido de hidrogênio. O equipamento de Fotocatálise Heterogênea (FH) foi ligado somente no ambiente da câmara fria (ECOQUEST, 2010).

Os manipuladores foram treinados e orientados durante a manipulação dos frutos, utilizando os equipamentos de proteção individual, touca, luvas e máscaras, bem como higienização pessoal, minimizando as fontes de contaminação decorrentes da manipulação dos frutos. Os fungos foram identificados a partir da incidência nos frutos.

3.3.1 Resultados dos testes preliminares

Com esses resultados conclui-se que a fotocatalise heterogênea reduziu a carga microbiana do ar (Figura 5) e da superfície nos ambientes estudados, no entanto, fatores com temperatura, umidade e presença de manipuladores e frutos nos ambientes em condições de armazenamento são fatores limitantes e requer mais estudos (Figura. 6).

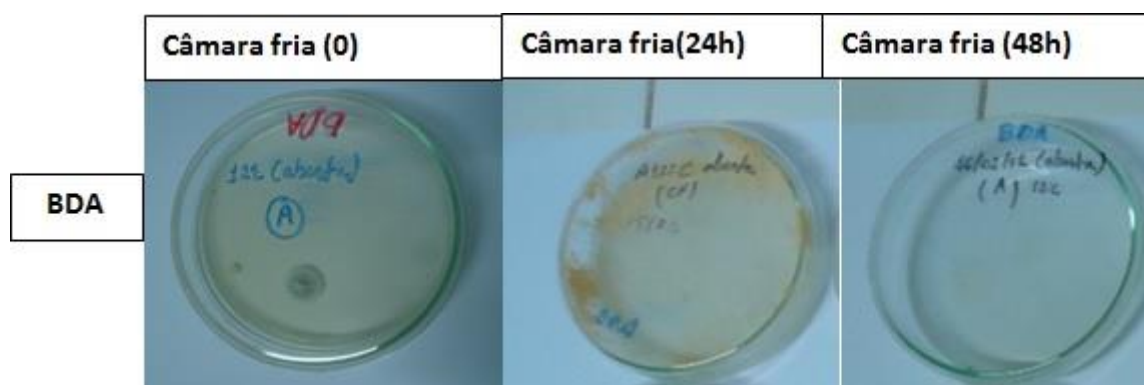


Figura 5. Resultados do meio em placas abertas durante 30 minutos - Câmara fria 12°C; nos tempos (0) controle sem FH ; (24hrs) e (48hrs) após a FH instalado.

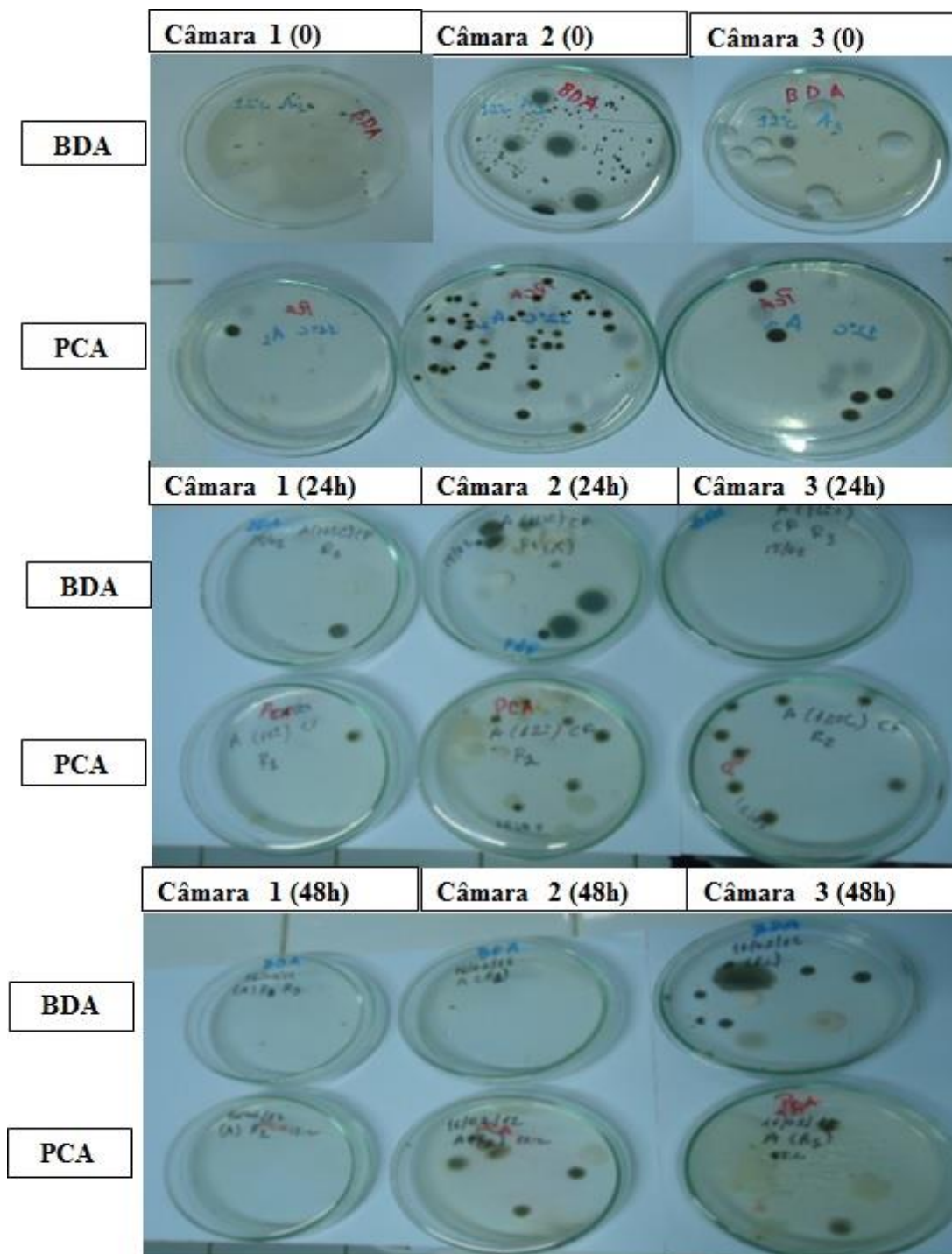


Figura 6. Resultados do plaqueamento de superfícies da câmara fria em meios BDA e PCA - Câmara fria 12°C (1: parede; 2: Estante e 3 maçaneta da porta) nos tempos (0) controle sem Fotocatálise Heterogênea (FH); (24hrs) e (48hrs) após FH instalado.

3.4 AVALIAÇÕES

3.4.1 Análises físicas

Firmeza (N), determinada individualmente em dois pontos distintos da região equatorial no fruto inteiro, com penetrômetro Magness Taylor Pressure Tester (DRILL PRESS STAND, CANADÁ); **Perda de massa (%)**, calculada tomando-se como referência o peso inicial dos frutos, para cada período de análise, usando-se balança semi-analítica.

3.4.2 Avaliação sensorial subjetiva e objetiva da coloração

Foram realizadas em doze julgadores treinados, sendo cada um considerado uma repetição para cada tratamento. O treinamento foi realizado mediante comparação do padrão de coloração da casca em escala crescente, descrição de cada escore com a amostra do fruto para cada unidade experimental, determinando-se, ao final, o valor médio, conforme escala a seguir: (1 - Fruto no início do amadurecimento, apresentando as primeiras nuances amarelas da casca, com 1 a 15% da superfície amarela, envolvida por coloração verde; 2 - Frutos com coloração da casca entre 15 a 25% da coloração amarela envolvida pela cor verde; 3 - Frutos com coloração da casca entre 25 a 50% da coloração amarela envolvida pela cor verde; 4 - Frutos com coloração da casca entre 50 a 75% da coloração amarela envolvida pela cor verde e 5 - Frutos com coloração da casca entre 75 a 100% da coloração amarela com nuances de cor verde) (PEIXOTO, 2008).

Coloração objetiva: avaliação objetiva foi realizada da casca e polpa dos frutos com calorímetro digital Minolta, o qual expressa a cor em parâmetros: L* (corresponde à claridade/luminosidade); a* (define a transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*)) e b* (representa a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*)), onde quanto mais distante do centro (=0), mais saturada a cor; C* (cromaticidade ou intensidade da cor) e o ângulo Hue ($^{\circ}$ H), indica a variação entre as cores: onde 0° = vermelho, 90° = amarelo, 180° = verde, 360° = azul, e também suas nuances: alaranjado, avermelhado, etc (MINOLTA CORP, 1994).

3.4.3 Avaliação subjetiva de aparência

Avaliações subjetivas de Aparência (Escala de 1 a 9): realizada por doze julgadores treinados, que atribuíram notas para a aparência geral dos frutos em uma escala de 9 pontos (1- inaceitável a 9- excelente) conforme escala a seguir:

9 – Excelente: fruto fresco, completamente túrgido, superfície lisa e brilhante, ausência de murchamento, completamente amarelo, livre de manchas escuras e doenças, excelente qualidade de consumo, aparência excelente; 7 – Bom: fruto completamente túrgido, superfície lisa e brilhante, sem murchamento, mais amarelo que verde, ausência de manchas e doenças. Aparência boa; 5 – Regular: fruto túrgido, brilho, leve murchamento, ligeiramente com aparência regular; 3 – Ruim: fruto pouco túrgido, superfície murcha e enrugada, pouco brilho, depressões, sintomas ou não de senescência, aparência ruim e 1 – Inaceitável: perda completa da turgidez, frutos envolvidos por fungos, imprestável para o consumo, senescência avançada (PEIXOTO, 2008).

O grau 5 da escala caracteriza o limite de aceitação do fruto pelo consumidor

3.5 COMPOSTOS BIOATIVOS

Ácido ascórbico ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) foi determinado por titulação com 2,6 diclorofenolindofenol DFI, (A.O.A.C, 1997).

Clorofila Total ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$): por espectrofotometria a 652 nm, utilizando-se como solução extratora acetona a 80% para desintegração por meio da maceração, conforme recomendação de Bruinsma (1963), calculado pela equação de Engel e Poggiani (1991): $\text{Clorofila total} = [(x_{\text{abs}} \times 1000 \times V) / (1000 \times W)] / 34,5 \times 100$, onde: V = volume final do extrato clorofila-acetona, W = peso da casca em gramas e x_{abs} = absorbância;

Carotenoides Totais ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$): por espectrofotometria a 450 nm, utilizando-se solução extratora de hexano 98,5%, conforme Higby (1962), utilizando-se 1,0 g da amostra da polpa. Para cálculos foi utilizada a fórmula: $\text{Carotenoides totais} = (A_{450} \times 100) / (250 \times L \times W)$, onde: A_{450} = absorbância; L = largura da cubeta em cm; e W = quociente entre a massa da amostra original em gramas e o volume final da diluição em mL.

Flavonoides Amarelos ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$): por espectrofotometria a 374 nm, seguindo a metodologia de Francis (1982), utilizando 5,0 g da amostra da polpa para 5 mL da solução etanol PA - HCl (85:15). Para a determinação dos flavonoides amarelos na casca, tomou-se 2 mL do extrato e completou pra 5 mL com a solução etanol PA – HCl, agitou-se e fez-se a

leitura. Os dados foram calculados através da fórmula: fator de diluição x absorbância/76,6.

Antonocianinas: ($\mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$) utilizou-se o mesmo extrato dos flavonoides amarelos 5,0 da polpa do fruto, a leitura foi realizada no espectrofotômetro em comprimento de onda de 535nm. O “controle” foi composto apenas da solução de etanol-HCL (1,5N). O cálculo de antocianina total será feito através da fórmula: Absorbância x fator de diluição/98,2 (FRANCIS, 1982).

Atividade antioxidante total - AAT ($\text{g de polpa.g DPPH}^{-1}$) foi determinada pelo método da captura do radical livre DPPH (1,1'-diphenil-2-picrilhidrazil) (BRAND-WILLIAMS et al., 1995). A partir do extrato fenólico, foram preparadas três diluições (60, 80 e $100 \mu\text{L.mL}^{-1}$), em triplicata, determinadas por testes prévios, tendo como base a curva padrão do DPPH. De cada diluição, utilizou-se uma alíquota de $100 \mu\text{L}$ para $3,9 \text{ mL}$ do radical DPPH ($0,06 \text{ mM}$). Como controle, utilizou-se $100 \mu\text{L}$ da solução controle (álcool metílico 50% + acetona 70%) ao invés do extrato fenólico. Para calibração do espectrofotômetro no comprimento de onda de 515nm, utilizou-se álcool metílico PA (RUFINO et al., 2007). As diluições foram incubadas a temperatura ambiente, ao abrigo da luz, por 30 minutos, tempo sido determinado previamente por cinética, onde tomou-se como base a estabilização do declínio de absorbância. Para calcular a ATT (g de fruta/g DPPH), foi determinada a equação da reta, a partir da absorbância das três diluições, substituindo-se em seguida na equação a absorbância equivalente a 50% da concentração do DPPH ($\text{Abs. Inicial do controle}/2$), encontrando-se a quantidade da amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (EC50). O valor de EC50 visa dar parâmetros numéricos de quanto de massa fresca do fruto é capaz de produzir substâncias antioxidantes e verificar a eficácia da mesma frente a radicais livres no modelo testado ($\text{g fruta.g DPPH}^{-1} = (\text{EC50 DPPH})$). Para esta determinação, todo procedimento foi realizado na ausência da luz.

3.6 AVALIAÇÕES ENZIMÁTICAS

3.6.1 Atividade da pectinametilesterase

O extrato enzimático foi obtido a partir de 10g da amostra congelada homogeneizada sob agitação durante 1minuto em mini processador em 25 mL de NaCl 0,2 N logo em seguida filtrado em 8 camadas de gases, a parte filtrada constou o extrato

enzimático e foi utilizado nas determinações da pectinametilesterase e poligalacturonase, todos os procedimentos foram realizados a temperatura ambiente 22 ± 3 °C.

Para as determinações foram retiradas alíquotas de 5 mL do extrato enzimático e adicionado 30 mL da solução de pectina cítrica 1% (NaCl 0,2N pH 7,0), manter essa solução refrigerada a 4 °C. A solução (extrato enzimático e pectina 1%) foi ajustada para pH 7,0 usando NaOH 0,01 N, após esse período manter o pH 7,0 desta solução durante 10 minutos, adicionando NaOH 0,01N de maneira que o mesmo não ultrapasse o pH 7,3 e anotar o volume gasto de NaOH para ser aplicado no cálculo. O ajuste do pH foi feito usando-se bécher com auxílio de agitador magnético e a adição de NaOH 0,01 N foi utilizada uma bureta. A preparação do extrato enzimático foi similar aos métodos descritos por Jen e Robinson (1984). A unidade de enzima foi definida como $\text{U} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

3.6.2 Atividade da poligalacturonase

O extrato enzimático foi o mesmo utilizado da pectinametilesterase obtido segundo o método (JEN e ROBINSON 1984), o qual foi centrifugado (9.000rpm/20min) e mantido congelados até a determinação.

A atividade da poligalacturonase foi determinada pelo método descrito por Pathak e Sanwal (1998). A mistura da reação foi composta por 0,8 mL de acetato de sódio 0,2M pH 5,0 e 0,7 mL ácido poligalacturônico (% e ajustado o pH 4,5) e 0,1 mL do extrato da enzima foi diluído para 0,5 mL, o conteúdo final constou de 2,0 mL. A reação foi iniciada pela adição do substrato o ácido poligalcturônico. As amostras foram incubadas a 37 °C em banho termostatzado com circulação de água por 1h e em seguida adicionado 1 mL de ácido dinitrosalicílico (DNS) agitado. A reação foi finalizada com o aquecimento das amostras em tubos de ensaio de 15 mL em banho de água fervente por 5 minutos e em seguida colocados em banhos de gelo e completado o volume final para 10 mL. Nos tubos controle, o substrato somente foi adicionado após o tratamento de calor. As curvas foram realizadas de acordo (MILLER, 1959). A formação de grupos reduzidos calculada usando ácido d-galacturônico como padrão, em absorbância a 540nm. A unidade de enzima foi definida como $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental do primeiro experimento foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial ($2 \times 2 \times 6$) sendo duas doses de 1-MCP (presença e ausência) e dois níveis de Fotocatálise heterogênea (presença e ausência), em seis períodos (tempos de armazenamento). Para as análises físico-químicas (pH, AT, Ácido ascorbico, PGA, PME, DPPH, Clorofila, Carotenoides totais, antocianinas, flavonoides amarelos) constaram de três repetições, com 2 frutos por repetição, no total de seis frutos, sendo realizadas as avaliações a cada 6 dias, exceto no último período com apenas três dias, durante o período de armazenamento de 27 dias. Para as análises físicas (firmeza e cor L a b C e H), cada fruto constou como uma repetição, sendo realizado duas leituras em cada fruto constando 12 leituras no total de 6 frutos. As avaliações sensoriais foram realizadas com 12 julgadores treinados a cada 6 dias, a partir do 6 dias em quatro períodos de armazenamento até o 21º dias de armazenamento.

O delineamento experimental do segundo experimento foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial ($2 \times 2 \times 10$) sendo duas doses de 1-MCP (presença e ausência) e duas temperaturas de armazenamento ($12 \pm 1^\circ\text{C}/82 \pm 2\% \text{ UR}$ e $23 \pm 2^\circ\text{C}/72 \pm 4\% \text{ UR}$), em seis períodos e para as análises físico-químicas (ácido ascórbico, PGA, PME, DPPH, Clorofila, Carotenoides totais, antocianinas, flavonoides amarelos) constaram de três repetições, com 2 frutos por repetição, no total de seis frutos, sendo realizadas as avaliações a cada 6 dias, exceto no último período com apenas três dias, durante o período de armazenamento de 27 dias. As análises físicas (firmeza e cor L a b C e H) onde cada fruto constou como repetição, sendo realizado duas leituras em cada fruto constando 12 leituras no total de 6 frutos. As avaliações sensoriais foram realizadas com 12 julgadores treinados a cada 6 dias, a partir do 6 dias em quatro períodos de armazenamento até o 21º dias de armazenamento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, seguida da comparação das médias, e aplicado o teste de Tukey 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAS 9.0. Para os modelos de regressão, foram considerados curvas até o 2º grau.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDILLE, M. H.; SINGH, R. P.; JAYAPRAKASHA, G. K.; JENA, B. S. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chemistry**, v. 90, p. 891-896, 2005.

ALI, Z. M.; CHIN, L. H.; LAZAN, H. A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. **Plant Science**, v.167, p. 317-327, 2004.

AGÊNCIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/aditivos.htm>>. Acesso em novembro 2013.

ASMAR, S. A.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; 2010. Firmeza, de mamão tratado com 1-MCP em diferentes tempos de exposição. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 440-444, 2010.

ASSIS, S. A.; FERREIRA, B. S.; FERNANDES, P.; TREVISAN, H. C.; CABRAL, J. M. S.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Gelatin immobilized pectinmethylesterase for production of low methoxylpectin. **Food Chemistry**, v. 86, p. 333-337, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington, Virginia, 1997.

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

BAGNATO, N.; BARRETT, R.; SEDGLEY, M.; KLIEVER, A. The effects on the quality of Cavendish bananas, which have been treated with ethylene, of exposure to 1-methylcyclopropene. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 38, n. 7, p. 745-750, 2003.

BASSETTO, E.; JACOMINO, A. P.; PINHEIRO, A. L.; KLUGE, R. A. Delay of ripening of “Pedro Sato” guava with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 303-308, 2005.

BIANCHINI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v. 12, p. 123-130, 1999.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and technology**, v. 28, p. 1-25, 2003.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRAPEX, 2012, Associação Brasileira dos Exportadores de Papaia. Disponível em: https://www.brapex.net/index_800/aps. Acesso em 14 de Agosto de 2012.

BRASILMED. Desinfecção e desodorização do ar e superfícies utilizando a tecnologia RCI – Ionização Catalítica Radiante em ambientes hospitalares e IML – Instituto Medicina Legal do Recife. **Relatório Técnico**, 10p. 2011.

BRON, I. U.; JACOMINO, A. P.; PINHEIRO, A. L. Influence of ripening stage on physical and chemical attributes of ‘Golden’ papaya fruit treated with 1-Methylcyclopropene. **Bragantia**, v. 65, p. 553-558, 2006.

BRON, I. U.; RIBEIRO, R. V.; AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; MACHADO, E. C. Chlorophyll fluorescence as a tool to evaluate the ripening of ‘Golden’ papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 163-173, 2004.

BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls A and B in plant extracts. **Photochemistry and photobiology**, v. 2, p. 241-249, 1963.

CÁBIA, N. C.; VIEITES, R. L. Alterações físicas do abacate Hass submetido à aplicação de 1-MCP. **Revista Energia na Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 129-134, 2013.

CARNELOSSI, P. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; ITAKO, A. T.; MESQUINI, R. M. Óleos essenciais no controle pós-colheita de *Colltotrichum gloeosporioides* em mamão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 4, p. 399-406, 2009.

CHEN, N. M.; PAULL, R. E. Developmente and prevention of chilling injury in papaya fruit. **Journal America Society HortScience**, v. 114, n. 4, p. 639-643, 1986.

COSTA, A. F. S.; BALBINO, J. M. S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. (Ed.). **Mamão: pós-colheita**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 12-18. (Série Frutas do Brasil, 21).

COSTA, F. B.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E.; NUNES, G. H.; MARACAJÁ, P. B. Armazenamento refrigerado do mamão Havaí ‘Golden’ produzido na Chapada do Apodi – RN – Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**. v. 5, n. 4, p. 37-54, 2010.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4ª ed, Porto Alegre: Atmed, 2010. 900p.

DANTAS, J. L. L.; CASTRO NETO, M. T. de. Aspectos botânicos e fisiológicos. In: TRINDADE, A. V. (Org.) **Mamão produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. (Série Frutas do Brasil, 3). CD-ROM.

DANTAS, S. A. F.; OLIVEIRA, S. M. A.; MICHERREFF, S. J.; NASCIMENTO, L. C.; GURGEL, L. M. S.; PESSOA, W. R. L. S. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 5, p. 528-533, 2003.

DURIGAN, J. F. Pós colheita de frutas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2. p.i, 2013.

ECOQUEST. AcTiTek Environmental. Resumo do estudo “Eficácia da fotocatalise na conservação pós-colheita de frutos, 2010. p. 3-17.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

ERGUN, M.; HUBER, D. J. Suppression of ethylene perception extends shelf-life and quality of ‘Sunrise Solo’ papaya fruit at both pre-ripe and ripe stages of development. *European Journal of Horticultural Science*, v. 69, p. 184-192, 2004.

FABI, J. P.; CORDENUNSI, B. R.; BARRETO, G. P. M.; MERCADANTE, A. Z.; LAJOLO, F. M.; NASCIMENTO, J. R.. Papaya fruit ripening: response to ethylene and 1-methylcyclopropene. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, p. 6118-6123, 2007.

FABI, J. P.; CORDENUNSI, B. R.; SEYMOUR, G. B.; LAJOLO, F. M.; NASCIMENTO, J. R. O. Molecular cloning and characterization of ripening-induced polygalacturonase related to papaya fruit softening. *Plant Physiology and Biochemistry*. v. 47, p. 1075-1081, 2009.

FABI, J. P.; PERONI, F. H. G.; GOMEZ, M. L. P. A. Papaya, mango and guava fruit metabolism during ripening: postharvest changes affecting tropical fruit nutritional content and quality. *Fresh Produce*, v. 1, p. 56-66, 2010.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo ‘solo’ comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, p. 541-545, 2001.

FAO. **Produção Mundial de mamão de 2011**. Disponível em: www.cnpmf.embrapa.br/. Atualizado em 16/01/2013. Acesso em 20/10/2013.

FAOSTAT. Estatística do Fundo das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 03 nov. 2013.

FONSECA, M. J. O.; LEAL, N. R.; CENCI, S. A.; CECON, P. R.; BRESSAN-SMITH, R. E.; BALBINO, J. M. S. Evolução dos pigmentos durante o amadurecimento de mamão ‘sunrise’ ‘solo’ e ‘golden’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, p. 451-455, 2007.

FONTES, R. V.; SANTOS, M. P.; FALQUETO, A. R.; SILVA, D. M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise Solo e Tainung. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 1, p. 054-058, 2008.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press. p. 181-207, 1982.

GALLON, C. Z. **Amolecimento precoce da polpa e sua relação com as modificações da parede celular em mamões ‘GOLDEN’**. 2010. 111p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; DANIELI, R.; CORRENT, A. R.; ROMBALDI, C. V. Conservação de caqui (*Diospyros kaki*, L.), cv, Fuyu, pela aplicação de 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 54-56, 2003.

GONÇALVES, C. A. A.; LIMA, L. C. O.; LOPES, P. S. N.; PRADO, M. E. T. Caracterização física, físico-química, enzimática e de parede celular em diferentes estádios de desenvolvimento da fruta de figueira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 220-229, 2006.

GREEN MILLENIUM. Disponível em <<http://www.greenmillennium.com>> Acesso em: 23 SETEMBRO 2010.

GROSS, K. C.; SAMS, C. E. Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening: a species survey. **Phytochemistry**, v. 23, p. 2457-2462, 1984.

HAYAMA, H.; ITO, A.; MORIGUCHI, T.; KASHIMURA, Y. Identification of a new expansin gene closely associated with peach fruit softening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, p.1-10, 2003.

HE, F.; NOWSON, C.; LUCAS, M.; MACGREGOR, G. Increased consumption of fruit and vegetables is related to a reduced risk of coronary heart disease: Metaanalysis of cohort studies. **Journal of Human Hypertension**, v. 21, n. 9, p. 717-782, 2007.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, v. 27, p. 42-49, 1962.

HINOJOSA, R. L.; MONTGOMERY, M. W. Industrialização do mamão: aspectos químicos e tecnológicos da produção de purê asséptico. In: Simpósio sobre a cultura do mamoeiro, 2., Jaboticabal, 1988. **Anais...** Jaboticabal, FCAV/UNESP. p. 89-110. 1988.

HUBER, D. J. Polyuronide degradation and hemicellulose modifications in ripening tomato fruit. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 108, p. 405-409, 1983.

HUBER, D. J. Suppression of ethylene response through application of 1 – Methylcyclopropene :A powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. **HortScience**, v. 43, n. 1, p. 106-111, 2008.

HURR, B. M.; LEE, J. H.; HUBER, D. J. Differential responses in color changes and softening of “Florida 47” tomato fruit treated at green and advanced ripening stages with the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. **HortTechnology**, v. 15, p. 617-622, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estados**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05/11/2013.

JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P. R. C. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 303-308, 2002.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic enzymes in sweet Bell Peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, v. 49, n. 4, p. 1045-1087, 1984.

JEONG, J.; LEE, J.; HUBER, D. J. Softening and ripening of “Athena” Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) fruit at three harvest maturities in response to the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. **HortScience**, v. 42, n. 5, p. 1231-1236, 2007.

JIANG, C. M.; WU, M. C.; WU, C. L.; CHANG, H. M. Pectinesterase and polygalacturonase activities and textural properties of rubbery papaya (*Carica papaya* Linn.). **Journal of Food Science**, v. 68, p. 1590-1594, 2003.

KADER, A. A. Effectes of postharvest handling procedures on tomato quality. **Acta Horticulturae**, v. 190, p. 209-221, 1986.

KADER, A. A. Future of Modified Atmosphere Research. **Acta Horticulturae**, v. 857, p. 213-218, 2010.

KARAKURT, Y.; HUBER, D. J. Activities of several membrane 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.

KECHINSKI, C. P.; MONTEIRO, C. R. S.; NOREÑA, C. P. Z.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F.; BENDER, R. J. Effects of ozone in combination with hydrothermal treatment and wax on physical and chemical properties of papayas. **Ozone: Science & Engineering**, v. 34, p. 57-63, 2012.

KUSKOSKI M.; ASUERO A.; TRONCOSO, A. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnoogia de Alimentos**, v. 25, p. 726-32, 2005.

LACEY, M. E. Q.; SCHIRMER, W. N. O uso da fotocatalise para a desinfecção e desodorização do ar interno. **Ambiência**, v. 4, n. 2, p. 309-325, 2008.

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

LELIÈVRE, J. M.; TICHIT, L.; DAO, P.; FILLION, L.; NAM, Y. W.; PECH, J. C.; LATCHÉ, A. Effects of chilling on the expression of ethylene biosynthetic genes in Passe-Grassane pear (*Pyrus communis* L.) fruits. **Plant Molecular Biology**, v. 33, p. 847-855, 1997.

LIM, Y. M.; CHUNG, M. C. M. Isolation and characterization of pectin methylesterase from papaya. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 307, n. 1, p. 15-20, 1993.

LIMA, A. B.; SILVA, S. M.; ROCHA, A.; NASCIMENTO, L. C.; RAMALHO, F. S. Conservação pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’ orgânica sob recobrimentos bio-orgânicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 704-710, 2012.

LIZADA, M. C. C. Ripening of banana: changes during ripening in banana. In: HASSAN, A.; PANTASTICO, E. B (Eds.). **Banana fruit development postharvest physiology, handling and marketing**. Boston: ASEAN, 1990. cap. 5, p. 65-84.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim CEPPA**, v. 24, n. 1, p. 59-82, 2006.

MANRIQUE, G. D, LAJOLO, F. M. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 11-26, 2004.

MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A. **Cultura do mamão**. In: SEMANA INTERNACIONAL DE FRUTICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 7., 2000, Fortaleza: Instituto FRUTAL, 2000. 50p.

MEDINA, J. C.; SALOMON, E. A. G.; VIEIRA, L. F.; RENESTO, O. V.; FIGUEIREDO, N. M. S.; CANTO, W. L. **Mamão: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, 1980. 244p. (Série Frutas Tropicais, 7).

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MINOLTA CORP. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Ransey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994.

MONTAGNER, C. C.; PASCHOALINO, M. P.; JARDIM, W. F. **Caderno Temático v. 4: Aplicação da fotocatalise heterogênea na desinfecção de água e ar**. 17f. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2005.

NEVES, L. C. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. Londrina: Ed. EDUEL, 2009. 494 p.

NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. A. A. fotocatalise heterogênea e sua aplicação ambiental. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 69-72, 1998.

OBENLAND, D. M.; CRISOSTO, C. H.; ROSE, J. K. C. Expansin protein levels decline with the development of mealiness in peaches. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, n. 1, p. 11-18, 2003.

OCAMPO, J. A. H.; CASTRO, J. A. O.; LÓPEZ, G. J. L.; PACHECO, A. B.; HERNÁNDEZ, G. M.; RODRÍGUEZ, A. L.; LA ROSA, A. P. B. Proteomic analysis differentially accumulated proteins during ripening and in response to 1-MCP in papaya fruit. **Journal Proteomic**, v. 75, p. 2160-2169, 2012.

OLIVEIRA, A. M. G.; OLIVEIRA, M. A.; DANTAS, J. L. L.; SANCHES, N. F.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M.; SANTOS FILHOS, H. P.; CARVALHO, J. E. B. **A cultura do mamoeiro**. Cruz das Almas, BA; EMBRAPA-CNPMF, 1995. 80p. (EMBRAPA-CNPMF, Circular Técnica, 21).

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P.P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; SANT'ANA, H. M. P. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante

de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Health Science**; v. 33, p. 89-98, 2011.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S.; PAIXÃO, J. A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, v. 10, n. 4, p. 196-211, 2009.

PATHAK, N.; SANWAL, G. G. Multiple forms of poligalacturonase from banana fruits. **Phytochemistry**, v. 48, p. 249-255, 1998.

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

PAULL, R. E. Pineapple and papaya. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed) **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, cap. 10, p. 291-323, 1993.

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

PEIXOTO, A. M. **Fisiologia e conservação pós colheita de mamão 'Golden' tratados com 1-metilciclopropeno em diferentes estádios de maturação.** 2008. 165p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

PERES, A. P. **Podridão peduncular do mamão: variabilidade dos agentes etiológicos e aspectos fisiopatológicos na pós-colheita.** 2002, 141p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

PIRES, C. R. F.; LIMA, L. C. O.; VILAS BOAS, E. V. B.; ALVES, R. R. Qualidade textural de tomates cultivados em substratos orgânicos submetidos à aplicação de substâncias húmicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1467-1472, 2009.

PRASANNA, V.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Fruit ripening phenomena - an overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47, p. 1-19, 2007.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonase: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, v. 6, n. 1, p. 57-74, 1982.

REIS-NETO, S. A. **Qualidade pós-colheita do mamão (*Carica papaya*) cv. 'Golden' armazenados sob atmosferas modificadas.** 2006. 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006.

RESENDE, J. M.; CHITARRA, M. I.; MALUF, W. R.; CHITARRA, A. B.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 206-201, 2004.

RODRIGUES, A. A. M.; SILVA, J. A.; SILVA, S. M.; MELO, R. S.; ANDRADE, M. G. S. A.; SILVA, A. F. Incidência e severidade de doenças em mamão 'Golden'. In: I

CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA PÓS- COLHEITA (CBPPC), 2012, RECIFE - PE, 2012.

ROHM; HAAS. 1-Metilciclopropeno (1-MCP). Agrofresh, (**Boletim Técnico**), 2002.

ROSE, J. K.; LEE, H. H.; BENNETT, A. B. Expression of a divergent expansin gene is fruit-specific and ripening-regulated. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 94, p. 5955-5960, 1997.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico**, 127, p. 1- 4, 2007.

RUGGIERO, C.; MARIN, S. L. D.; DURIGAN, J. F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume Especial, E. p. 76-82, 2011.

SEGATO, T. P. **Estudo e otimização da fotocatalise com TiO₂ (P25) aplicado e suportado em superfície de filme de petróleo sob luz solar**. Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de Química). Universidade Estadual de Londrina. 2006.

SEREK, M.; SISLER, E. C.; REID, M. S. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, v. 119, n. 6, p. 1230-1233, 1994.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, 2010. Texto de capa.

SEYMOUR, G. B.; GROSS, K. C. Cell wall disassembly and fruit softening. **Postharvest News and Information**, v.7, 2065-2071, p. 45-52, 1996.

SEYMOUR, G. B.; MANNING, K.; ERIKSSON, E. M.; POPOVICH, A. H.; KING, G. K. Genetic identification and genomic organization of factors affecting fruit texture. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 377, 2002.

SILVA, A. F. ; SILVA, S.M. ; SILVA, J. A. ; FERREIRA, V. C. S. ; SCHUNEMANN, A. P. ; RODRIGUES, A. A. M. Qualidade de mamão ' Golden' submetido à fotocatalise heterogênea. **In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA PÓS COLHEITA (CBPPC), 2012, RECIFE - PE, 2012.**

SOH, C. P.; ALI, Z. M.; LAZAN, H. Characterization of an alfa-galactosidase with potential relevance to ripening related texture changes. **Phytochemistry**, v. 67, p. 242-254, 2006.

TREVISAN, M. J. **Efeito da aplicação de 1- metilciclopropeno e etileno na fisiologia e no amadurecimento de mamões Golden'**. 2012. 116p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

TREVISAN, M. J.; JACOMINO, A. P.; CUNHA JUNIOR, L. C.; ALVES, R. F. Aplicação de 1- metilciclopropeno associado ao etileno para minimizar seus efeitos na

inibição do amadurecimento do mamão 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 384-390, 2013.

TRINDADE, A. V. (Org). **Mamão. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000, 77 p. (Série Frutas do Brasil, 3).

VIJ, T.; PRASHAR, Y. A review on medicinal properties of *Carica papaya* Linn. **Asian Pacific Journal of Tropical Disease**, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2015.

WAKABAYASHI, K. Changes in cell wall polysaccharides during fruit ripening. **Journal of Plant Research**, v.113, p. 231-237, 2000.

WATKINS, C. B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, v. 24, p. 389-409, 2006.

WEI, J.; MA, F.; SHI, S.; QI, X.; ZHU, X.; YUAN, J. Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell wall degradation in ripening apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 56, p. 147-154, 2010.

WILLS, R. B. H.; KU, V. V. V. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 85-90, 2002.

WU, X, BEECHER, G. R.; HOLDEN, J. M.; HAYTOWITZ, D. B.; GEBHARDT, S. E.; PRIOR, R. L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 52, n. 12, p. 4026-37, 2004.

ZAMPERLINI, G.P.; SANTOS, K.T.; BROETTO, S.G.; SILVA, D.M. Estudos preliminares do comportamento do papaya em diferentes etapas do processo entre a colheita e a mesa do consumidor. **In: MARTINS, D. S. Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão**. Vitória-ES: Incaper, 2007. 704p.

ZHANG, Z.; HUBER, D. J.; HURR, B. M.; RAO, J. Delay of tomato fruit ripening in response to 1-methylcyclopropene is influenced by internal ethylene levels. **Postharvest Biology and Technology**, v. 54, p. 1-8, 2009.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

ARTIGO 1

ASSOCIAÇÃO DE 1-METILCICLOPROPENO COM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA MANTEM A QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAMÃO ‘GOLDEN’

Josilene Amaro da Silva^a; Silvanda de Melo Silva^{*b}; Rilvânia da Silva Falcão^c, Alex Sandro Bezerra de Sousa^d

^aDepartamento de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

^{b,c,d} Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais - Faculdade de Ciências Agrárias Universidade Federal da Paraíba/CCA/UFPB, João Pessoa, Brasil.

*Correspondência do autor: Telefone (083) 3362-2300, e-mail: silvasil@cca.ufpb.br; Universidade Federal da Paraíba/DCFS/CCA, Campus de Areia - PB, Caixa Postal 04, CEP 58397-970, Areia-PB.

RESUMO:

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) tem se mostrado eficiente no controle da maturação e sua associação com outras tecnologia pode retardar o amadurecimento sem prejuízo para a qualidade do fruto. A fotocatalise heterogênea (FH) tem sido utilizada com sucesso na redução da carga microbiana do ar de ambientes confinados. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de 1-MCP 100 nL.L⁻¹ seguido do armazenamento sob FH na manutenção da qualidade em mamões ‘Golden’. Mamões colhidos no estágio 1, tratados com de 1-MCP e o controle (sem 1-MCP) foram armazenados a 12 ± 1 °C e 72 e 82 ±2% UR em ambiente com e sem FH. As avaliações compostos bioativos, atividade enzimáticas pectinametilesterase e poligalacturonase e sensoriais foram realizadas durante 27 dias de armazenamento. A utilização de 1-MCP retardou em 14 dias o amadurecimento de mamão ‘Golden’ armazenados a 12 °C. Com base no limite de aceitação, os frutos achavam-se aptos ao consumo aos 21 dias sob FH, associada ou não a 1-MCP, e aos 16 dias para frutos tratados apenas com 1-MCP e por 7 dias para o tratamento controle. Portanto, o emprego de 1-MCP +FH aumentou em 14 dias a vida útil do mamão ‘Golden’ armazenados a 12 °C.

Palavras-chave: Compostos bioativos, enzimas pectinolíticas, pós-colheita.

¹ Submetido à revista Food Chemistry

1.Introdução

O mamão ‘Golden’ é uma importante cultivar brasileira que atende ao mercado de exportação, mas que apresenta reduzida vida útil pós-colheita devido ao rápido amaciamento da polpa (Fonseca et al., 2007). Os fatores de pré e pós-colheita podem manifestar-se nos frutos isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas e qualitativas nas diferentes etapas da cadeia produtiva (Costa & Balbino, 2002; Zamperlini et al., 2007).

O mamão é um fruto climatérico, que apresenta picos de produção de etileno e de CO₂ durante o amadurecimento (Fabi et al., 2007). Este fruto é muito apreciado pela cor vermelha da polpa e sabor adocicado (Gomez et al., 2002). Contudo, sua produção é afetada pelas perdas pós-colheita decorrentes do excessivo amolecimento da polpa, que favorece os danos mecânicos e o ataque microbiano (Ruggiero et al., 2011).

A qualidade pós-colheita de frutos é determinada por meio de avaliações das mudanças nas características fisiológicas decorrentes do efeito de tecnologias ou sistemas de manejo, condições de armazenamento ou outros fatores que podem ser observados no tecido do fruto (Costa et al., 2010).

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é reconhecido como sendo uma importante ferramenta no controle da maturação de frutos climatéricos (Watkins, 2006), por promover a inibição da ligação do etileno ao seu receptor podendo reduzir a produção e ação deste hormônio (Huber, 2008), retardando o amadurecimento e a senescência desses frutos. Estudos com frutos climatéricos têm focado a aplicação de 1-MCP após a iniciação da maturação. Dessa forma, alguns frutos, incluindo tomate, mamão e melão, retêm sensibilidade ao 1-MCP, quando aplicado no início do amadurecimento (Wills et al., 2002; Ergun & Huber, 2004; Jeong et al., 2007). Em mamão, o tratamento com 1-MCP parece ter inibido a atividade enzimática da endo-PG e, conseqüentemente, a polpa não amoleceu (Fabi et al., 2007). No entanto, a qualidade do fruto em comparação ao fruto que amadureceu naturalmente foi comprometida (Fabi et al., 2009).

Considerando que 1-MCP é uma tecnologia emergente e que tem sido eficiente no controle da maturação de uma série de produtos, a sua associação com outras tecnologia pode possibilitar a redução das doses de aplicação, bem como do uso de refrigeração, proporcionando maior eficiência e menor custo no controle da maturação, sem prejuízo para a qualidade do fruto.

A fotocatalise heterogênea tem sido utilizada com sucesso na redução da carga microbiana do ar de áreas confinadas, ou seja, ambientes resfriados ou aquecidos por sistemas de ar condicionado que geralmente não proporcionam trocas de ar adequadas para a saúde humana (Montagner et al., 2005).

A aplicação de métodos alternativos na pós-colheita pode reduzir a necessidade de utilização de agroquímicos no controle do desenvolvimento de doenças (Lima et al., 2012). Uma vez que o uso de defensivos químicos pode representar sério risco ao meio ambiente e à saúde humana, principalmente pela presença de resíduos tóxicos, faz-se necessário racionalizar o seu uso ou utilizar tecnologias combinadas que possibilitem reduzir os níveis de aplicação (Oliveira et al., 1995). Neste sentido, a combinação de 1-MCP com o armazenamento em ambiente sob fotocatalise heterogênea pode trazer benefícios adicionais ao controle da maturação de frutos.

Baseado no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de 1-metilciclopropeno seguido do armazenamento sob fotocatalise heterogênea na manutenção da qualidade em mamões ‘Golden’ mantidos a 12 °C.

2. Material e métodos

2.1. Matéria-prima

Os frutos utilizados no experimento foram provenientes da Fazenda Santa Terezinha e empacotadora Doce Mel, situada no município de Mamanguape-PB. Os frutos foram colhidos manualmente, nas primeiras horas do dia e transportados até o *packing house*, onde foram realizadas a limpeza e a higienização. Os frutos foram lavados em tanque com água contendo 100 ppm de cloro livre, sendo, em seguida, conduzidos em esteiras dotadas de sistema de rolos com escovas e acondicionados em caixas plásticas, protegidas com papel bolhas higienizados e, posteriormente, transportados sem refrigeração para o Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da UFPB Campus II Areia-PB.

No laboratório, foi realizada seleção manual para remoção de frutos danificados ou fora da faixa de maturidade, seguindo para classificação, onde os frutos foram separados por tamanho e coloração, tomando-se como base o grau 2 da escala, correspondente a de 15 a 25% da coloração da casca amarela, mediante seleção visual pela escala de maturação para mamão ‘Golden’ System Approach (Peixoto, 2008).

2.2 Tratamentos

2.2.1. Aplicação do 1-metilciclopropeno (1-MCP)

O 1-MCP (SmartFresh® - 0,14% i.a.) foi preparado visando à obtenção da concentração de 100 nL.L^{-1} do gás, através da pesagem de 0,0298 g do pó solúvel em bécker de vidro de 40 mL, o qual foi imediatamente vedado com Parafilm®. Em seguida, foi adicionada água destilada, em temperatura entre 40 e 60 °C, fechando-se imediatamente o recipiente e agitando-se até completa dissolução do produto. Para a aplicação do 1-MCP, uma camada de frutos foi acondicionada em quatro caixas de PVC rígida, com dimensões de 135 cm x 163 cm x 183 cm e volume interno de 4 m^3 a $23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 12 h. Dentro da caixa, foi colocado o copo de bécker contendo 1-MCP, fechando-a hermeticamente, a seguir, e mantendo-a sob condição ambiente ($23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$) durante 12 horas (Peixoto, 2008).

2.2.2. Aplicação da fotocatalise heterogênea (FH)

O equipamento foi instalado no local do experimento, na câmara fria, previamente higienizado. O aparelho manteve-se ligado durante todo o experimento, com liberação de peróxido na voltagem 750. Os manipuladores foram treinados e orientados para utilização de equipamentos de proteção individual, touca, luvas e mascaras, bem como higienização pessoal, minimizando as fontes de contaminação decorrentes da manipulação dos frutos. Foi realizada avaliação microbiológica do ambiente antes, durante e após a instalação e término do experimento, para monitoração microbiológica. Os microrganismos foram identificados a partir da incidência nos frutos, pela visualização de lâminas ao microscópio óptico. Os fungos presentes na podridão peduncular foram identificados como *Colletotricum* sp *Asperisporium* sp. e *Fusarium* sp. Os frutos armazenados a $12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentaram maior severidade de doenças na polpa e pedúnculo a partir do 24º, com valores médios de 3,8 (24 dias) e 5,0 (27 dias) apresentando podridão peduncular, seguida de podridão interna por *Colletotricum* sp. (Rodrigues et al., 2012).

Foram utilizados 144 frutos neste experimento, sendo que 72 frutos foram tratados com 100 nL.L^{-1} de 1-MCP e os demais foram do controle 0 nL.L^{-1} de 1-MCP. Após a aplicação do 1-MCP, os frutos tratados foram agrupados em dois tratamentos, sendo que 36 frutos foram armazenados em câmara fria ($12 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $82 \pm 2\% \text{ UR}$) na presença da

fotocatálise heterogênea (+MCP +FH) e os outros 36 foram armazenados em câmaras BOD regulada a 12 ± 1 °C e $72 \pm 2\%$ UR, na ausência da fotocatalise heterogênea (+MCP - FH). Os demais 72 frutos não tratados com 1-MCP foram divididos em dois grupos de igual número e armazenados em câmara fria (12 ± 1 °C e $82 \pm 2\%$ UR) na presença da fotocatalise heterogênea (-MCP +FH) e os demais frutos foram armazenados em câmara BOD regulada a 12 ± 1 °C e $72 \pm 2\%$ UR, na ausência da fotocatalise heterogênea (-MCP - FH). As avaliações foram realizadas em 7 períodos, no 1º, 6º, 12º, 18º, 21º, 24º e 27º dias de armazenamento.

2.3 Avaliações

Firmeza (N) determinada individualmente em dois pontos distintos da região equatorial do fruto inteiro, com penetrômetro Magness Taylor Pressure Tester (DRILL PRESS STAND,CANADÁ). **Perda de massa (%)** realizada diariamente e calculada tomando-se como referência o peso inicial dos frutos, usando-se balança semi-analítica.

Coloração subjetiva: Foi realizada com 12 julgadores treinados, sendo considerado cada um uma repetição. Foi utilizada escala de 1 a 5: (1 - Fruto no início do amadurecimento, com 1 a 15% da superfície amarela, envolvida por coloração verde; 2 - Frutos com coloração entre 15 a 25% da coloração amarela; 3 - Frutos com coloração entre 25 a 50% da coloração amarela; 4 - Frutos com coloração entre 50 a 75% da coloração amarela e 5 - Frutos com coloração entre 75 a 100% da coloração amarela com nuances de cor verde (Peixoto, 2008).

Coloração objetiva: avaliação objetiva foi realizada da casca e polpa dos frutos com calorímetro digital Minolta, o qual expressa a cor em parâmetros: L* (corresponde à claridade/luminosidade); a* (define a transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*) e b* (representa a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*), onde quanto mais distante do centro (=0), mais saturada a cor (Minolta Corp, 1994).

Clorofila Total ($\mu\text{g.}100\text{g}^{-1}$): por espectrofotometria a 652 nm, utilizando-se como solução extratora acetona a 80% para desintegração por maceração (Bruinsma, 1963), calculado conforme Engel & Poggiani (1991). **Carotenoides Totais** ($\mu\text{g.}100\text{g}^{-1}$): por espectrofotometria a 450 nm, utilizando-se solução extratora de hexano 98,5% (Higby, 1962), utilizando-se 1,0 g de polpa. **Flavonoides Amarelos** ($\mu\text{g.}100\text{g}^{-1}$): por espectrofotometria a 374 nm, seguindo Francis (1982), utilizando 5,0 g de polpa para 5 mL da solução etanol PA - HCl (85:15). **Antoncianinas Totais** ($\mu\text{g.}100\text{g}^{-1}$): utilizou-se o

mesmo extrato dos flavonoides amarelos e a leitura em comprimento de onda de 535nm (Francis, 1982). **Ácido Ascórbico** ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$): determinada por titulação com 2,6 diclorofenolindofenol DFI, (A.O.A.C, 1997). **Atividade Antioxidante Total - AAT** ($\text{g de polpa} \cdot \text{g DPPH}^{-1}$): determinada pela captura do radical livre DPPH (1,1'-diphenil-2-picrilhidrazil) (Brand-Wiliams et al., 1995). As diluições foram incubadas a temperatura ambiente, ao abrigo da luz, por 30 minutos, cujo perfil espectrofotométrico de tempo decorrido, tomou-se como base a estabilização do declínio de absorbância. A partir do extrato fenólico, foram preparadas três diluições (60, 80 e $100 \mu\text{L} \cdot \text{mL}^{-1}$), em triplicata. A calibração foi realizada a 515nm, utilizou-se álcool metílico PA (Rufino et al., 2007).

Atividade da Pectinametilesterase -PME- ($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$): o extrato enzimático foi obtido a partir de 10g da amostra congelada homogeneizada sob agitação durante 1 min em mini processador em 25 mL de NaCl 0,2 M. O extrato enzimático que foi utilizado nas determinações da atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase, realizados a temperatura de $23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Para as determinações da pectinametilesterase foram retiradas alíquotas de 5 mL do extrato e adicionado 30 mL da solução de pectina cítrica 1% (NaCl 0,2M pH 7,0), que foi mantida a $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$. A solução (extrato enzimático e pectina 1%) foi ajustada para pH 7,0 com NaOH 0,01M durante 10 minutos, sendo em seguida adicionando mais NaOH 0,01M de maneira que o pH não ultrapassasse pH 7,3 e anotando o volume gasto de NaOH. A preparação do extrato enzimático foi realizada conforme Jen & Robinson (1984).

Atividade da Poligalacturonase -PGA- ($\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$): foi realizado conforme o método (Jen & Robinson 1984), sendo o mesmo extrato centrifugado (9.000 rpm/10 min) e mantido congelados até a determinação. A atividade da poligalacturonase foi determinada pelo método descrito por Pathak & Sanwal (1998). A solução da reação foi composta por 0,8 mL de acetato de sódio 0,2M pH 5,0 e 0,7 mL ácido poligalacturônico (% e ajustado o pH 4,5) e 0,1 mL do extrato da enzima foi diluído para 0,5 mL, o conteúdo final constou de 2,0 mL. A reação foi iniciada pela adição do substrato o ácido poligalcturônico. As amostras foram incubadas a $37 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 1h e em seguida adicionado 1 mL de ácido dinitrosalicílico (DNS) sob agitação e determinadas de acordo com (Miller, 1951), utilizando ácido d-galacturônico como padrão, medido na absorbância a 540nm.

Avaliações subjetivas de Aparência (Escala de 1 a 9): realizada por 12 julgadores treinados, que atribuíram notas para a aparência geral dos frutos em uma escala de 9 pontos 1- inaceitável a 9- excelente (Peixoto, 2008). O grau 5 da escala caracterizou-se o limite de aceitação do fruto pelo consumidor.

2.9. Análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial ($2 \times 2 \times 7$), sendo duas doses de 1-MCP (presença e ausência) e dois níveis de Fotocatálise heterogênea (presença e ausência) em sete períodos, com intervalos a cada seis dias até o 18º dia e posteriormente a cada três dias até o 27º dia. Análise sensorial, cor subjetiva escala 1-5 e aparência, foram realizadas com 12 julgadores treinados no fatorial ($2 \times 2 \times 7$). Os compostos bioativos e atividades das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase foram realizadas em três repetições, utilizando-se dois frutos por repetição. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, seguida da comparação das médias, e aplicado o teste de Tukey 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAS 9.0. Para os modelos de regressão, foram considerados curvas até o 2º grau.

3. Resultados e Discussão

Os frutos tratados com 1-MCP (+MCP +FH e +MCP -FH) independentemente da presença de fotocatálise mantiveram a coloração no escore 2 (15 a 25% da cor amarela) até 12º dia do armazenamento. Mamões do tratamento (+MCP -FH) mantiveram a coloração amarela no escore 3 (25 a 50%) com partes verdes mais intensas e variação entre o laranja e amarelo até 18 dias e no estágio 4 no 27º dia. Mamões do tratamento (-MCP +FH) desenvolveram a coloração da casca em mais de 50 a 75% (4,8) do 18º até 24º dia, com início do surgimento da coloração amarela após o 12º dia. Os mamões do controle apresentaram mais de 75% (4,6) da coloração amarela-alaranjado sem uniformidade, no 12º dia, sendo considerados maduros e prontos para consumo no 18º dia, quando apresentavam a coloração da casca no escore 5, com 100% da coloração amarelo-alaranjada, mas com sinais de senescência no 21º dia. (Fig 1A).

Mamões do tratamento (+MCP +FH) atingiram 4,9 próximo ao estágio 5 no 27º dia, seguido do (-MCP +FH) com a coloração correspondente ao estágio 5 no mesmo período. Os frutos (+MCP -FH) obtiveram 4 na escala no 27º dia, enquanto o controle na escala 4 apenas por 21 dias, o que indica que a FH em associação com 1-MCP atrasou o surgimento da cor amarela, portanto, retardando o amadurecimento dos frutos.

Pela avaliação objetiva da coloração, observou-se o que o 1-MCP resultou em retardo do desenvolvimento da cor, nos valores de L^* , a^* e b^* . Frutos do tratamento (-

MCP) apresentaram aumento na luminosidade (L^*) durante armazenamento (Fig. 1B). Frutos tratados com (+MCP) apresentaram comportamento similar, no entanto, a luminosidade apresentou valores inferiores aos dos frutos não tratados com 1-MCP. Os valores médios iniciais para L^* , a^* e b^* nos frutos foram, respectivamente (50,05; -7,15 e 41,48), cujos aumentos nos valores destas variáveis durante o armazenamento são indicativos da evolução na coloração e, portanto, evolução na maturação dos frutos (Godoy et al., 2010), que neste trabalho diferiram entre tratamentos (Fig. 2A e B).

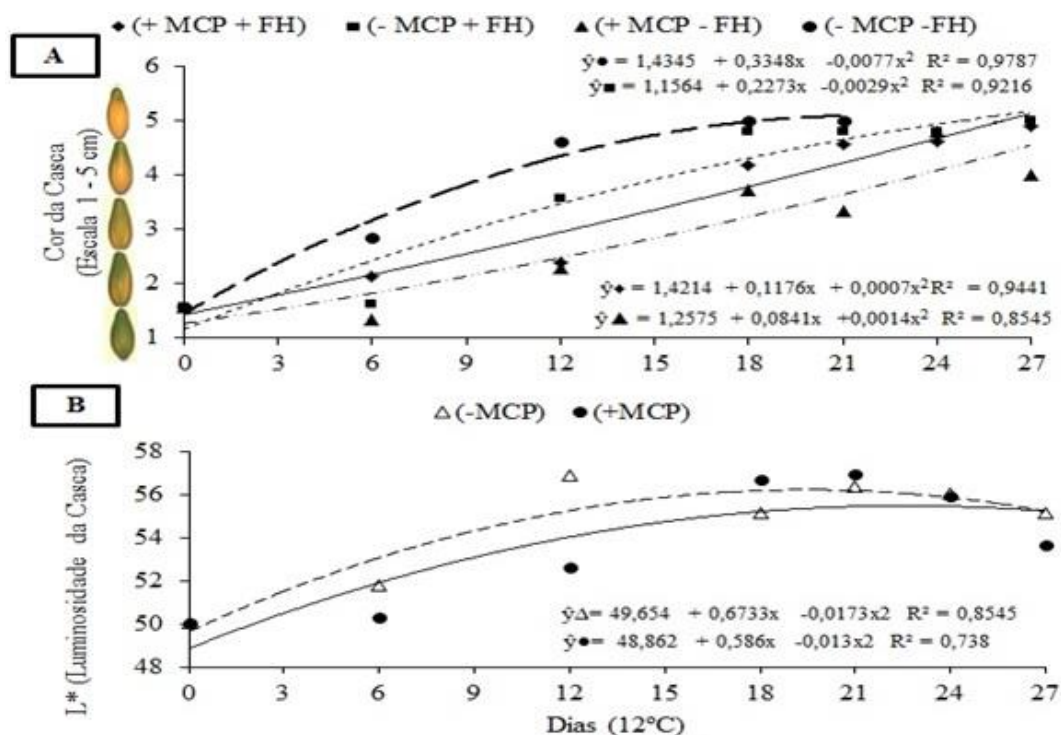


Fig. 1. Alteração na cor subjetiva e objetiva da casca de mamão ‘Golden’ tratada com 100 nL L^{-1} (+MCP) e sem (-MCP). **(A)** Escala de notas 1-5 e **(B)** Cor objetiva L^* durante o armazenamento a 12°C.

*(1) 1 a 15% da casca amarela; (2) 15 a 25% da casca amarela; (3) 25 a 50% da casca amarela; (4) 50 a 75% da casca amarela e (5) 75 a 100% da casca

A fotocatalise heterogênea não influenciou a evolução da coloração verde para o amarelo sendo apenas observada a interação MCP x Tempo para a^* e b^* em frutos sem 1-MCP. A transição da variável ($-a^*$) para ($+a^*$) indica a redução da cor verde, sendo que no tratamento (-MCP) ocorreu a partir do sétimo dia, enquanto nos do (+MCP) ocorreu a partir do 15º dia (Fig. 2A). A transição do verde ao amarelo foi observado no sétimo dia e para os frutos sem 1-MCP e no 15º dia, nos frutos com 1-MCP, o que correspondeu a um retardo em 8 dias na evolução da coloração da casca (Fig. 2B).

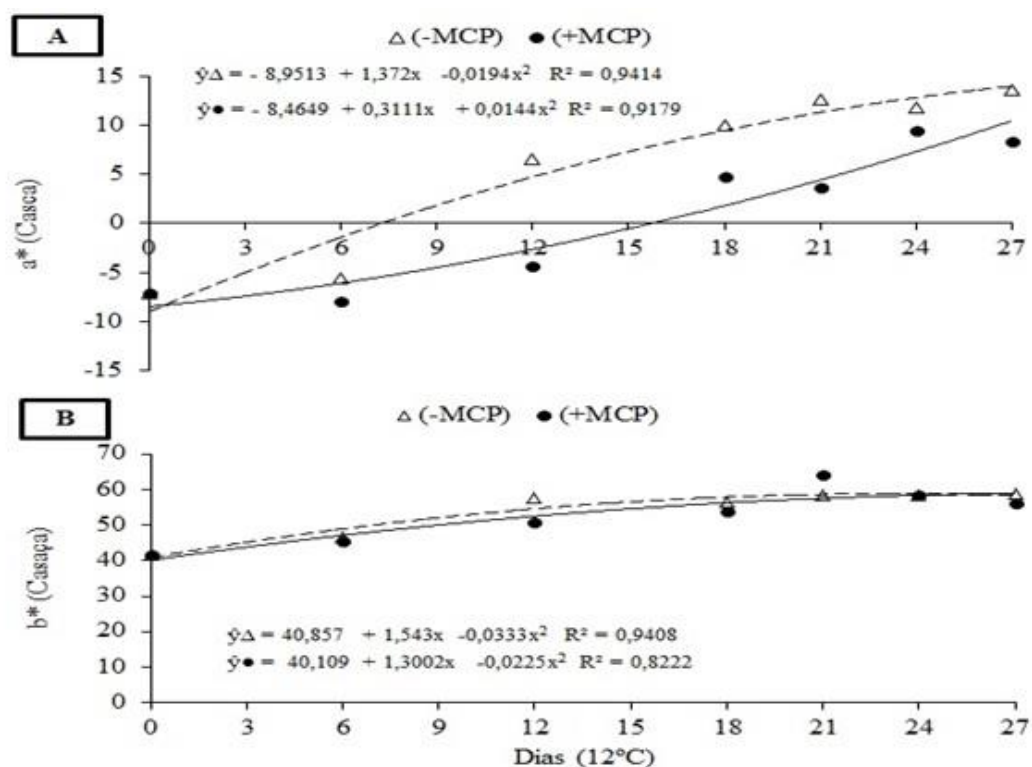


Fig. 2. Mudanças na coloração objetiva a^* (A); e b^* (B) de mamão ‘Golden’ tratados com 100 nL L⁻¹ de 1-metilciclopropeno (+MCP) e sem (-MCP) durante o armazenamento durante 27 dias a 12°C.

O conteúdo de ácido ascórbico diferiram durante o armazenamento, apresentando inicialmente 72,42 mg.100g⁻¹, aumentando no sexto dia (Fig. 3). O aumento no conteúdo de ácido ascórbico durante o amadurecimento de mamão, segundo Goulao & Oliveira (2008), pode ser resultado da modificação da parede celular que forneceria substrato para a biossíntese de ácido ascórbico. Pal et al. (1980) avaliando a composição de 12 variedades de mamão, verificaram que os do grupo Solo apresentaram teores mais elevados de ácido ascórbico quando maduros, em média 102 mg 100g⁻¹. Barata-Soares et al. (2004) reportaram a biossíntese do ácido ascórbico durante o amadurecimento de mamões, observando um aumento do seu conteúdo quando o L-galactono-1,4-lactono, precursor na biossíntese do ácido ascórbico, foi infiltrados no mamão. A degradação de polissacarídeos da parede celular com o amadurecimento, possivelmente, resulta em um aumento da galactose, que é um dos precursores da biossíntese do ácido ascórbico (Wheeler et al., 1998; Smirnoff et al., 2001). Houve aumento no teor de ácido ascórbico durante o armazenamento. Em mamão, tem sido registrado aumento do teor deste antioxidante durante o amadurecimento (Barata-Soares et al., 2004; Bron et al., 2006). O conteúdo médio de ácido ascórbico em mamão ‘Formosa’ é de 89,0 mg.100⁻¹g¹. Portanto, segundo a Recomendação de Doses Alimentares (RDA) de vitamina C, o consumo de uma porção de

cerca de 120g/dia de mamão ‘Formosa’ seria suficiente para suprir a RDA para este nutriente, em indivíduos adultos saudáveis (Pereira, 2009).

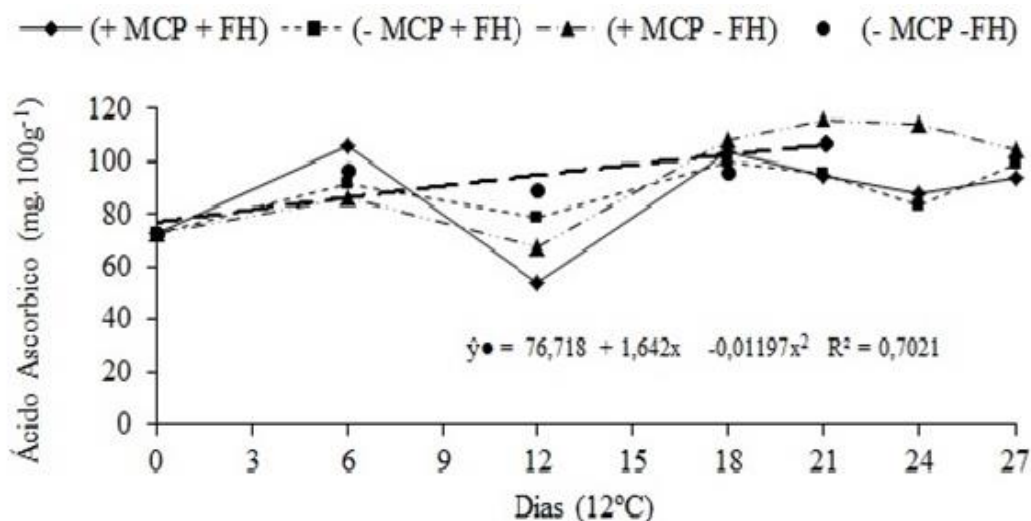


Fig. 3. Mudanças nos conteúdos de ácido ascórbico de mamão ‘Golden’, tratados com ♦ 1-MCP 100 nL L⁻¹ na presença de fotocatalise (+MCP +FH.); ■ sem 1-MCP na presença de fotocatalise (-MCP +FH); ▲ 1-MCP 100 nL L⁻¹ na ausência de fotocatalise (+MCP -FH) e ● frutos sem 1-MCP sem fotocatalise(-MCP -FH), armazenados durante 27 dias a 12°C.

A atividade antioxidante total (AAT) não apresentou interação entre os tratamentos MCP x FH. Entretanto, frutos tratados apenas com 1-MCP (+MCP) apresentaram AAT decrescente durante armazenamento, com valor de 1045,15 (EC 50g de polpa/g de DPPH), o que caracteriza um aumento na AAT durante o armazenamento. Por sua vez, mamões sem 1-MCP (-MCP) apresentaram 1231,41 (EC 50 g de polpa/g de DPPH), com máximo valor no 6º e 27º dia com 1598,53 e 2086,16 (EC 50g de polpa/g de DPPH), respectivamente e mínimo 860,22 (EC 50g de polpa/g de DPPH) no 18º dia, (Fig. 4A). A uso de fotocatalise heterogênea influenciou na AAT, cuja maior redução (EC 50g de polpa/g de DPPH) observou-se em frutos do controle (-FH) 1019,78 e (+FH) 1226,56, indicando a maior AAT em frutos não tratados com fotocatalise (Fig.4B). Baseado no princípio do método do DPPH (g de polpa/g de DPPH), que indica, portanto, que quanto maior o valor da AAT menor a atividade antioxidante, a maior AAT foi verificada em frutos na presença de 1-MCP (+MCP) e ausência de fotocatalise (-FH). Em geral os frutos, apresentam em sua constituição diversos compostos com ação antioxidante, os quais incluem o ácido ascórbico, os carotenoides e os polifenóis. A quantidade e o perfil destes fitoquímicos variam em função do tipo, variedade e grau de maturação do fruto bem como das condições climáticas e edáficas, bem como do manejo do cultivo (Leong & Shui, 2002).

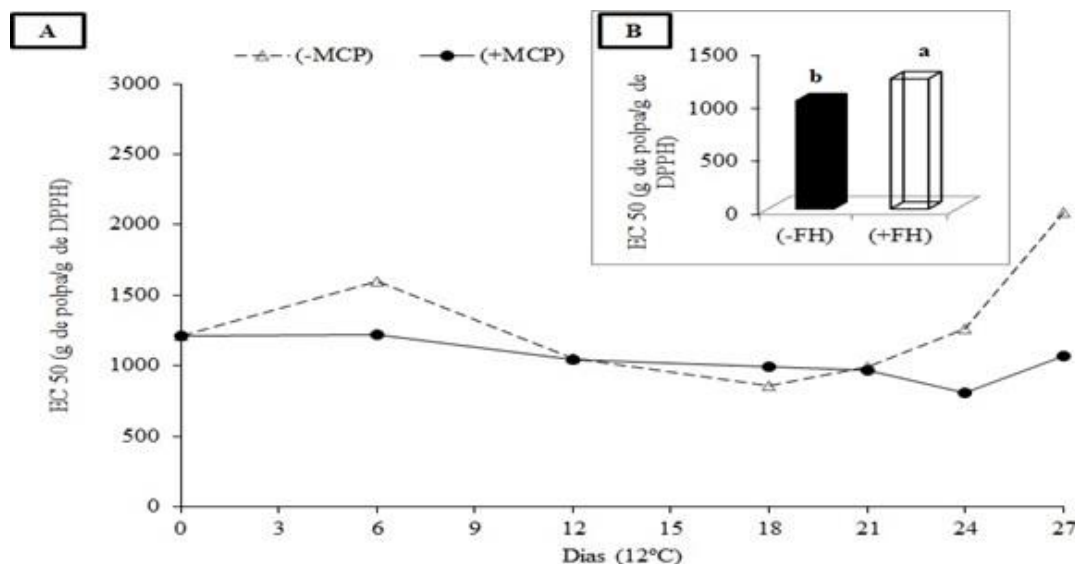


Fig. 4. Atividade antioxidante total (EC 50g de polpa/g de DPPH) de mamão 'Golden' tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP 100 nL L⁻¹). Os tratamentos ● com 1-MCP e Δ sem 1-MCP armazenados durante 27 dias a 12°C.

A fotocatalise heterogênea influenciou na redução do conteúdo de clorofila total durante o armazenamento, uando comparado ao controle (-FH), sem fotocatalise (Fig. 5A). Observou-se interação entre 1-MCP x FH. Assim, frutos do tratamento (+MCP +FH) apresentaram maiores conteúdos, com 3061,35 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ casca, sendo notado a manutenção dos conteúdos na presença do 1-MCP e fotocatalise. O menor conteúdo de clorofila total foi de 2198,20 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ em frutos (-MCP +FH) (Fig. 5B).

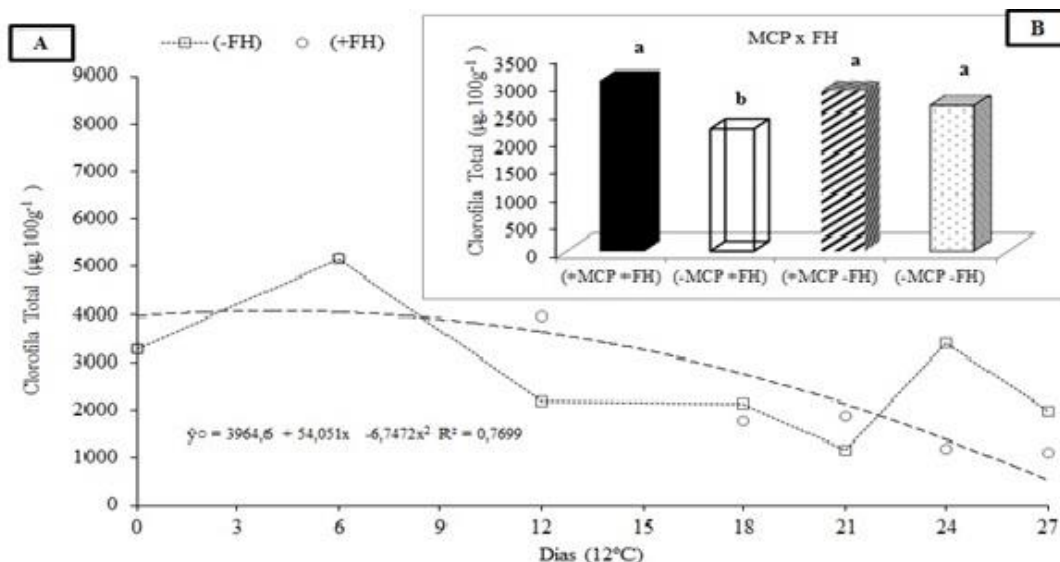


Fig. 5. Efeito da Fotocatalise heterogênea na redução da clorofila total ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ casca) de mamão 'Golden', ○ na presença de (+FH); □ na ausência de (-FH) (A). Efeito da interação 1-MCP x FH nos valores totais de clorofila total durante o armazenamento durante 27 dias a 12°C (B).

Os conteúdos de carotenoides totais e de antocianinas apresentaram a interação tripla 1-MCP x FH x períodos. O conteúdo de carotenoides em frutos do (+MCP +FH) apresentou valor máximo de 22928,5 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ no 18º dia e o mínimo 9180,7 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ no 27º dia. Para frutos do (+MCP -FH) o valor máximo 29203,5 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ foi observado no 21º dia. Frutos do controle apresentaram 28486,9 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ aos 21º dia de armazenamento (Fig. 6A). O efeito da combinação de 1-MCP com fotocatalise foi evidenciado nos maiores valores médios totais de carotenoides totais em frutos do (+MCP +FH) com 12834,45 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e o menor para frutos tratados apenas com 1-MCP (+MCP -FH), com 10723,76 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Os níveis de ingestão de carotenoides totais considerados prudentes são de 9,0 a 18 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Lourenço, 2008). O mamão ‘Formosa’ apresenta, em média, 3,1 $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, sendo considerando com conteúdo elevado de carotenoides (Pereira, 2009).

O conteúdo de antocianinas (Fig. 6B), diferiu quanto ao tratamento com 1-MCP na presença e ausência da fotocatalise, diferindo do controle. Entretanto, observou-se aumento a partir do 12º dia, com com valor máximo no 18º dia (+MCP +FH) 49,06 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e (+MCP -FH) 51,45 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, seguido de redução dos valores no 24º dia, 9,44 e 15,22 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. A FH resultou em redução do conteúdo de carotenoides totais, de modo que fruto do (-MCP +FH) apresentou o menor valor, 3,035 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, no 6º dia, aumentando a partir deste período, no entanto, inferior aos dos demais tratamentos, com máximo de 26,63 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ no 18º dia e declinando em seguida. O controle (-MCP -FH) apresentou o maior conteúdo no início do armazenamento, decrescendo a partir do 12º dia, 30,34 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, mantendo-se até o 18º dia com 11,14 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (Fig. 6B).

O conteúdo de flavonoides foi influenciado pela fotocatalise heterogênea (FH). Assim, independentemente da presença do 1-MCP, frutos tratados com FH apresentaram o menor conteúdo de flavonóides, 339,60 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$, sendo os maiores na ausência (-FH) 381,02 $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ polpa, evidenciando a influencia da FH em retardar a biossíntese (Fig. 6C).

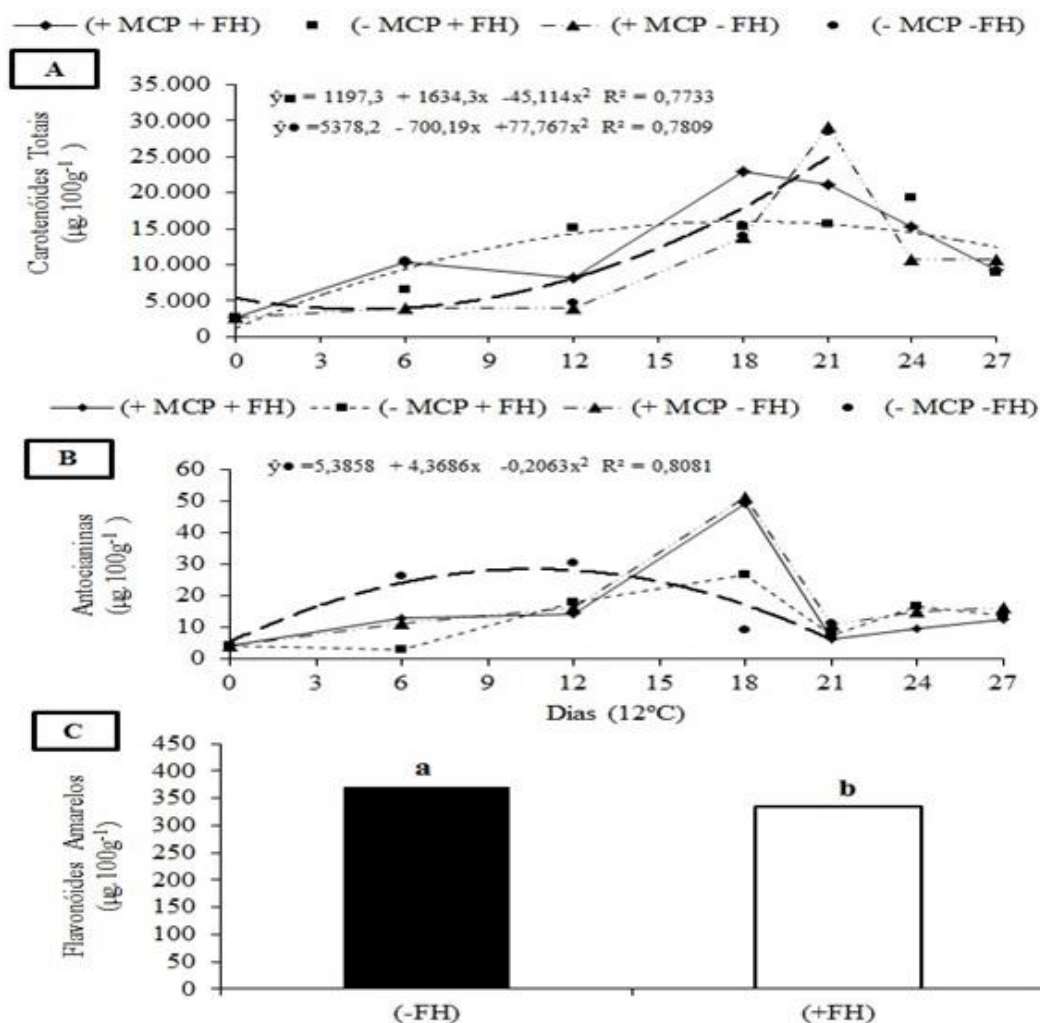


Fig. 6. Variação nos valores de carotenóides totais ($\mu\text{.}100\text{g}^{-1}$ Polpa) (A) e antocianinas ($\mu\text{.}100\text{g}^{-1}$ Polpa) (B) em mamão ‘Golden’ tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP 100 nL L^{-1}) na presença (+MCP +FH) e ausência (+MCP -FH) de fotocatalise heterogênea durante 27 dias. Flavonóides amarelos ($\mu\text{.}100\text{g}^{-1}$ Polpa) (C), na presença (+FH) e ausência (-FH) de fotocatalise armazenados a 12°C.

A combinação de 100 nL L^{-1} de 1-MCP e FH resultou na manutenção da firmeza de mamão ‘Golden’ comparado aos demais tratamentos. A firmeza média de frutos foi de 118,13N inicialmente, que declinou para 3,0N aos 27 dias a 12°C. Na ausência de 1-MCP, frutos expostos a FH (-MCP +FH) apresentaram redução na firmeza para 2,9N no 18º dias de armazenamento, enquanto frutos do controle absoluto (sem 1-MCP, sem FH) apresentaram firmeza de 2,7N já no 12º dia de armazenamento. Portanto, 1-MCP e FH foram efetivos em manter a firmeza dos frutos durante o armazenamento a 12°C (Fig. 7A).

Mamões ‘Golden’ e ‘Gran Golden’ colhidos no estágio 2 e armazenados a 25 °C durante 8 dias diferiram quanto à redução da firmeza da polpa. Assim, a firmeza da

cultivar ‘Gran Golden’ no 4º dia pós-colheita foi de a 31N, aproximadamente 50% inferior a do ‘Golden’ com 60,6N (Gallon et al., 2009).

A atividade da pectinametilesterase (PME) diferiu entre os tratamentos e foi inferior em frutos tratados com 1-MCP e FH. Assim, mamões do controle (-MCP -FH), apresentaram aumento a partir do 6º dia ($1,29 \text{ U.mL}^{-1}.\text{min}^{-1}$) com máxima atividade no 21º dia ($6,68 \text{ U.mL}^{-1}.\text{min}^{-1}$), superior aos demais tratamentos. Frutos tratados apenas com fotocátalise heterogênea (-MCP +FH) apresentaram máxima atividade no 24º dia de armazenamento ($8,54 \text{ U.mL}^{-1}.\text{min}^{-1}$). Por sua vez, frutos da combinação 1-MCP e FH (+MCP +FH) apresentaram aumento quadrático na atividade PME até o 24º dia $6,99 \text{ U.mL}^{-1}.\text{min}^{-1}$, mas com menores valores que FH isoladamente (Fig. 7B). O 1-MCP, independentemente da presença de FH, reduziu a atividade da PME até o 18ª dia. A partir deste período, frutos do (+MCP -FH) apresentou a máxima atividade ($5,04 \text{ U.mL}^{-1}.\text{min}^{-1}$) no 21º dia e os do (+MCP +FH) $6,99 \text{ U.mL}^{-1}.\text{min}^{-1}$ no 24º dia. A interação 1-MCP e FH apresentou efeito aditivo na redução da atividade da PME, de modo que ao término do armazenamento a foi de 2,02 e $2,40 \text{ U.mL}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (+MCP +FH e +MCP -FH), respectivamente, diferindo entre si. A atividade da PME pode diminuir, permanecer constante ou aumentar durante a maturação, dependendo do fruto, bem como dos tratamentos aplicados na pós-colheita aplicados (Lima et al., 2006).

Asmar et al. (2010) avaliou a aplicação de 270 nL L^{-1} de 1-MCP em mamões armazenados a $22 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante oito dias. Frutos tratados com 1-MCP apresentaram menor perda de firmeza, quando comparados ao controle, reduzndo a atividade da pectinametilesterase e mantendo o conteúdo de pectina total. Portanto, os dados deste trabalho mostram que a atividade da PME foi reduzida pelo uso do 1-MCP, assim como foi mantida a firmeza dos frutos. Entretanto, em abacate a atividade da PME não foi alterada, que amadureceram normalmente mesmo com a aplicação do 1-MCP (Feng et al., 2000).

A atividade da poligalacturonase (PG) diferiu isoladamente nos períodos de armazenemento para os tratamento 1-MCP e FH. Mamões na ausência de fotocátalise (-FH) apresentaram aumento na atividade da PG durante o armazenamento, com máximo valor de $1,21 \text{ U.mL}^{-1}.\text{min}^{-1}$ no 27ºdia. A atividade da PG aumentou em frutos tratados com (+MCP), atingindo $0,96 \text{ U.mL}^{-1}.\text{min}^{-1}$ no 27º dia. Frutos tratados com fotocátalise heterogênea (+FH), entretanto, apresentaram a menor atividade no 27º dia $0,81 \text{ U.mL}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Fig. 7C).

A estrutura da parede celular geralmente é modificada durante o amadurecimento, mas o tempo, a velocidade e a extensão dessas modificações catalisadas por enzimas

variavam acentuadamente entre as diferentes variedades de frutos (Pinto et al., 2011). No amadurecimento de manga (Pandey et al., 1998), banana (Mustaffa et al., 1998), acerola (Assis et al., 2001), uva (Ishimaru & Kobayashi, 2002), goiaba (Leite et al., 2006) e amora preta (Antunes et al., 2006) foi reportado o decréscimo da atividade da PME e aumento gradual da atividade da PG no decorrer do amadurecimento, embora cada fruto apresente comportamento bioquímico particular, podendo assim mostrar perfis diferenciados na redução da firmeza. Silva et al. (2006) verificaram que a atividade da enzima PG em mamão ‘Golden’ apresenta uma intensa atividade no início do amadurecimento do fruto que é paralelo ao amaciamento da polpa. Desta forma, a expressiva atividade inicial da pectinametilesterase disponibilizaria substrato para a atuação subsequente da poligalacturonase (Pinto et al., 2011), como também observado neste trabalho. Entretanto, em mamões, Asmar et al., 2010 apesar de terem detectado aumento na atividade da PME, com consequente aumento nos teores de pectina solúvel, não puderam inferir que somente esta enzima estivesse envolvida no processo de degradação.

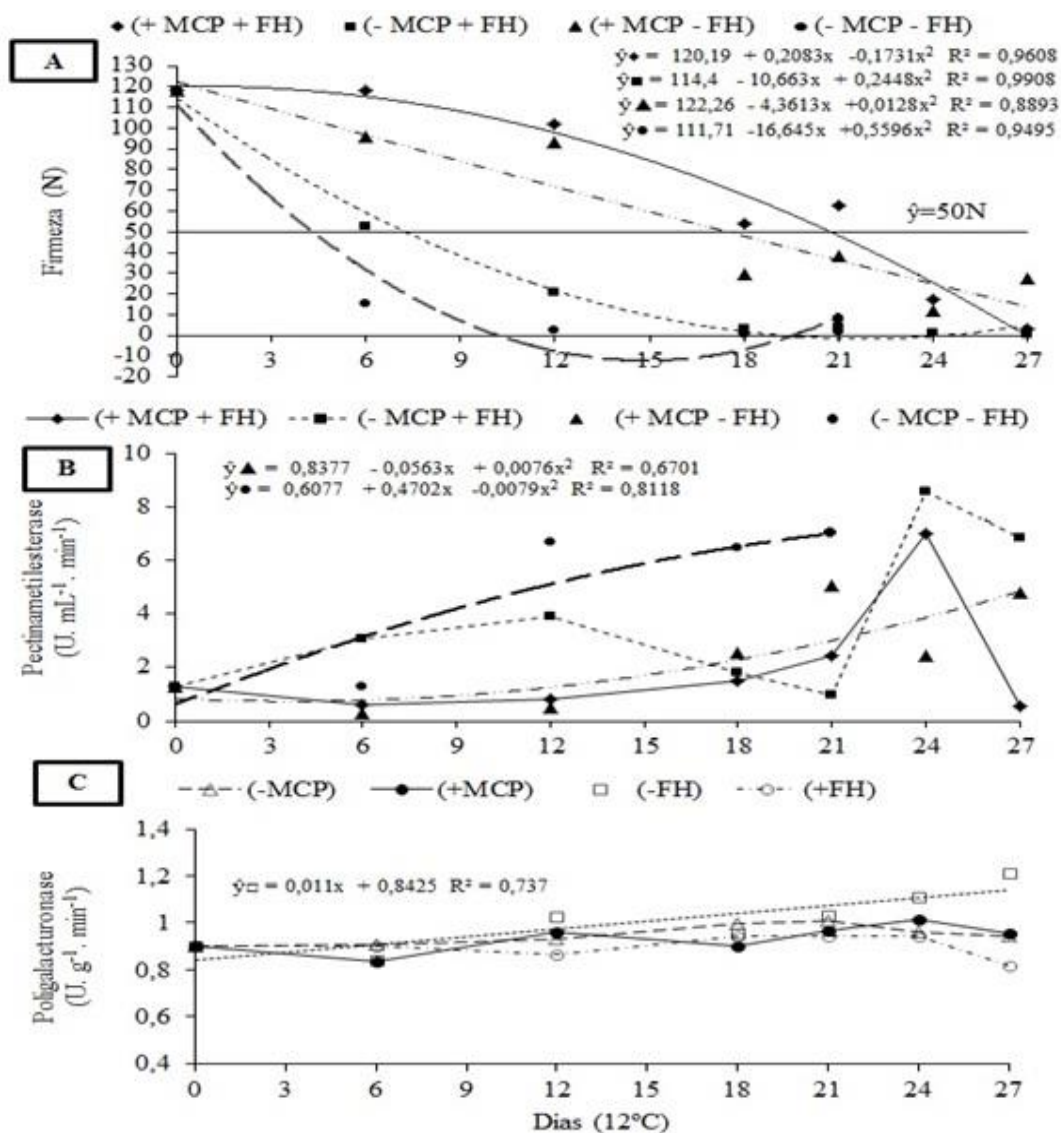


Fig. 7. Efeito do 1-metilciclopropeno 1-MCP 100 nL L⁻¹ e fotocatalise heterogênea (FH) na redução da Firmeza (N) (A); Atividade da pectinametilesterase (U.mL⁻¹.min⁻¹) (B) e Atividade da poligalacturonase (U.g⁻¹.min⁻¹) C de mamão ‘Golden’, durante 27 dias de armazenamento a 12°C.

*Tratamentos: (♦ 1-MCP 100 nL L⁻¹) na presença de FH; (■ sem 1-MCP na presença de FH; (▲ 1-MCP na ausência de FH e (● frutos sem 1-MCP sem (FH). □ (-FH) ○ (+FH) ▲ (-MCP) ● (+MCP).

A perda de massa do mamão ‘Golden’ para todos os tratamentos foi inferior ao limite de aceitação de 5% até o 21º dia de armazenamento a 12 °C. Neste período, mamões tratados com 1-MCP, na ausência e presença de FH, apresentaram 4,8 e 4,9%, respectivamente. A partir do 21º dia, a perda de massa superou limite de aceitação de 5%. Os frutos do controle, na ausência de 1-MCP e FH, apresentaram 6,3% no 27º dia de armazenamento (Fig. 8A). Em geral, perda de massa fresca superiores a 10% compromete

a comercialização do produto (Chitarra & Chitarra, 2005). No caso do mamão ‘Golden’ deste experimento, o percentual foi inferior a 5%, até o 21º dia de armazenamento, quando o fruto ainda apresentava aparência aceitável.

Para a aparência geral, aos 6 dias após armazenamento os frutos dos tratamentos +MCP +FH e -MCP +FH apresentaram notas de 6,9 e 7,0, que se mantiveram até o 18º dia com 7,0 e 6,8, respectivamente. Considerando que, conforme escala de aparência, a nota 7 corresponde ao critério Bom (fruto completamente túrgido, superfície lisa e brilhante, sem murchamento, ausência de manchas e doenças), apenas a partir do 21º dia foi notificado um decréscimo 7,0 para 6,3 no tratamento (+MCP +FH) e para o (-MCP +FH) um leve decréscimo de 6,8 para 6,3. Após o 21º dia, para ambos os tratamentos, observou-se o início do desenvolvimento de fungos na parte externa do peduncúlo e leve murchamento nesta região do fruto, sendo mais pronunciado o murchamento no tratamento (-MCP +FH). Frutos do (+MCP -FH) apresentaram leve murchamento e presença de fungos, aspecto enrugado, manchas e coloração não uniforme, o qual obteve média 3,3 sendo classificado na escala como aparência “Ruim” no 16º dia de armazenamento. Frutos do controle ultrapassaram o limite de aceitação no 7º dia armazenamento, tornaram-se impróprios ao consumo quando comparado aos dos demais tratamentos no 10º dia, sendo descritos como apresentando bastante murchamento, enrugados, presença de depressões, manchas e protuberâncias no peduncúlo, por fim sendo classificado como “não aceitável” com nota 1,0 no 21º dia (Fig. 8B). De acordo com o limite de aceitação, o mamão ‘Golden’ achava-se apto ao consumo aos 21 dias para os tratamentos +MCP +FH e -MCP +FH e aos 16 dias para frutos tratados apenas com 1-MCP e por sete dias para o controle. Portanto, a associação de 1-MCP +FH promoveu o aumento em 14 dias na vida útil dos frutos.

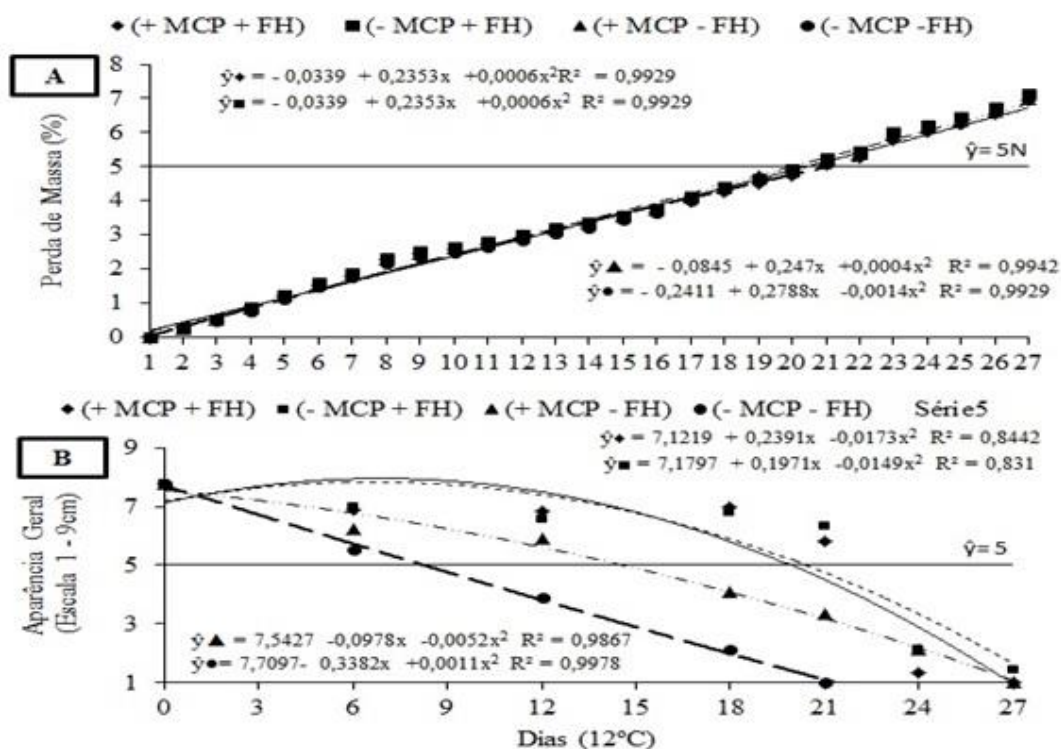


Fig. 8. Efeito do 1-metilciclopropeno 1-MCP 100 nL L⁻¹ e fotocatalíse heterogênea (FH) na perda de massa fresca % **(A)** e Aparência escala 1-9, (1) Inaceitável; (3) Ruim; (5) Regular; (7) Bom e (9) Excelente **(B)** de mamão 'Golden' durante o armazenamento durante 27 dias a 12 °C.

*Tratamentos: (◆ 1-MCP 100 nL L⁻¹) na presença de FH; ■ sem 1-MCP na presença de FH; ▲ 1-MCP na ausência de FH e ● frutos sem 1-MCP sem (FH).

4. Conclusões

A aplicação de 100 nL L^{-1} de 1-MCP retardou o amadurecimento de mamões ‘Golden’ ampliando a vida útil para 14 dias com base na aparência. No entanto, os frutos não desenvolveram a coloração uniforme;

Mamão ‘Golden’ tratados com 1-MCP e fotocatalise heterogênea e armazenados a 12°C , com base no limite estabelecido para a aparência, apresentaram perda de massa máxima de 5,3 %, que correspondeu a 21 dias de aceitação sensorial e firmeza de 50 N.

Com base na atividades das enzimas pectinametilesterase, poligalacturonase e na perda de firmeza e aparência, a utilização de 1-MCP e FH proporcionou vida útil de 21 dias de mamão ‘Golden’ armazenados a 12°C .

A combinação de 1-MCP com fotocatalise heterogênea resultou em aumento de 12 dias na vida útil pós-colheita em relação ao controle (7 dias de vida útil) em mamões armazenados a 12°C .

Agradecimentos

Ao CNPq e a CAPES pela bolsa de estudos e apoio financeiro.

Referências

- Antunes, L. E. C., Gonçalves, E. D., & Trevisan, R. (2006). Alterações da atividade da poligalacturonase e pectinametilesterase em amora-preta (*rubus* spp.) durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Agrociência*, 12 (1), 63-66.
- Asmar, S. A., Abreu, C. M. P., Lima, R. A. Z., Corrêa, A. D., & Santos, C. D. (2010). Firmeza, de mamão tratado com 1-MCP em diferentes tempos de exposição. *Ciência e Agrotecnologia*, 34, (2), 440-444.
- Assis, S. A., Lima, D. C., & Oliveira, O. M. M. F. (2001). Activity of pectinamethylesterase, pectina content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. *Food Chemistry*, 74, 133-137.
- AOAC (1997). Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. (16nd ed.). Arlington, Virginia, 1997.
- Barata-Soares, A. D., Gómez, M. L. P. A., Mesquita, C. H., & Lajolo, F. M. (2004). Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16, 147- 154.
- Brand-Wiliams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science Technology*, 28, 25-30.
- Bron, I. U., Jacomino, A. P., & Pinheiro, A. L. (2006). Influence of ripening stage on physical and chemical attributes of ‘Golden’ papaya fruit treated with 1-Methylcyclopropene. *Bragantia*, 65 (4), 553-558.
- Bruinsma, J. (1963). The quantitative analysis of clorophylls A and B in plant extracts. *Photochemistry photobiology*, 2, 241-249.
- Chitarra, M. F., & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. (2 ed.). Lavras : UFLA, pp. 785.
- Costa, A. F. S., & Balbino, J. M. S. (2002). Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: Folegatti, M. I. S., Matsuura, F. C. A. U. (Ed.). *Mamão: pós-colheita* (pp. 12-18). Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, (Série Frutas do Brasil, 21).
- Engel, V. L., & Poggiani F. (1991). Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 3, 39-45.
- Ergun, M., & Huber, D. J. (2004). Suppression of ethylene perception extends shelf-life and quality of ‘Sunrise Solo’ papaya fruit at both pre-ripe and ripe stages of development. *European Journal of Horticultural Science*, 69, 184-192.
- Fabi, J. P., Cordenunsi, B. R., Seymour, G. B., Lajolo, F. M., & Nascimento, J. R. O. (2009). Molecular cloning and characterization of ripening-induced

- polygalacturonase related to papaya fruit softening. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47, 1075-1081.
- Fabi, J. P., Cordenunsi, B. R., Barreto, G. P. M., Mercadante, A. Z., Lajolo, F. M., & Nascimento, J. R. (2007). Papaya fruit ripening: response to ethylene and 1-methylcyclopropene. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 6118-6123.
- Feng, X., Apelbaum, A., Sisler, E. C., & Goren, R. (2000). Control of ethylene responses in avocado fruit with 1 – methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 143-150.
- Folegati, M. I. S., Matsuura, F. C. A. U. (Ed.). (2002). **Mamão: pós-colheita**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 12-18. (Série Frutas do Brasil, 21).
- Fonseca, M. J. O., Leal, N. R., Cenci, S. A., Cecon, P. R., Bressan-Smith, R. E., & Balbino, J. M. S. (2007). Evolução dos pigmentos durante o amadurecimento de mamão ‘sunrise solo’ e ‘golden’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29, 451-455.
- Francis, F. J. (1982). Analysis of anthocyanins. In: Markakis, P. (ed.). *Anthocyanins as food colors*. (pp.181-207). New York: Academic Press.
- Galllon, C. Z., Broetto, S. G., & SILVA, D. M. (2009). Atividade da celulase e β -galactosidase no estudo da firmeza da polpa de mamões ‘Golden’ e ‘Gran Golden’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31, n(4), 1178-1183.
- Godoy, A. E., Jacomino, A. P., Cerqueira-Pereira, E. C., Gutierrez, A. S. D., Vieira, C. E. M., & Forato, L. A. (2010). Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões GOLDEN. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32 (3), 682-691.
- Gomez, M. L. P. A., Lajolo, F. M., & Cordenunsi, B. R. (2002). Evolution of soluble sugars during ripening of papaya fruit and its relation to sweet taste. *Journal of Food Science*, 67, 442-447.
- Goulao, L. F.; & Oliveira, C. M. (2008). Cell wall modifications during fruit ripening : When a fruit tis not the fruit. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 4-25.
- Higby, W. K. A. (1962). simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. *Journal of Food Science*, 27, 42-49.
- Huber, D. J. (2008). Suppression of ethylene responses through application of 1-aethylcyclopropene: A powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. *HortScience*, 43, 106-111.
- Ishimaru, M. & Kobayashi, S. (2002). Expression of a xyloglucan endo-transglycosydase gene is closely related to grape berry softening, *Plant Science*, 162(4), 621-628.
- Jeong, J. Lee, J. & Huber, D. J. (2007). Softening and ripening of ‘Athena’ Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) fruit at three harvest maturities in response to the ethylene antagonist 1- methylcyclopropene. *HortScience*, 42(5), 1231-1236.

- Jen, J. J., & Robinson, M. L. P. (1984). Pectolytic enzymes in sweet Bell Peppers (*Capsicum annum* L.). *Journal of Food Science*, 49, 1045-1087.
- Leite, K. M. S. C., Tadiotti, A. C., Baldochi, D., & Oliveira, O. M. M. F. O. (2006). Partial purification, heat stability and kinetic characterization of the pectinmethylesterase from Brazilian guava, Paluma cultivars. *Food Chemistry*, 94, 565-572.
- Leong, L. P., & Shui, G. (2002). An investigation of antioxidante capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry*, 76, 69-75.
- Lima, A. B., Silva, S. M., Rocha, A., Nascimento, L. C., & Ramalho, F. S. (2012). Conservação pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’ orgânica sob recobrimentos bio-orgânicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(3), 704-710.
- Lima, M. A. C., Alves, R. E., & Filgueiras, H. A. C. (2006). Mudanças relacionadas ao amaciamento da graviola durante a maturação pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(12), 1707-1713.
- Lourenço, I. P. (2008). Potencial de utilização de frutos de genótipos de muricizeiros cultivados no litoral do Ceará. 2008. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31, 426-428.
- Minolta Corp. (1994). Precise color communication: color control from feeling to instrumentation. Ransey: Minolta Corporation Instrument Systems Division.
- Montagner, C. C., Paschoalino, M. P., & Jardim, W. F. Caderno Temático v. 4: Aplicação da fotocatalise heterogênea na desinfecção de água e ar. 17f. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2005.
- Mustaffa, R., Osman, A., Yusof, S., & Mohamed, S. (1998). Physico-chemical changes in Cavendish banana (*Musa cavendishii* L. var. Montel) at different positions within a bunch during development and maturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78, 201-207.
- Oliveira, A. M. G., Oliveira, M. A., Dantas, J. L. L., Sanches, N. F., Medina, V. M., Cordeiro, Z. J. M., Santos Filhos, H. P., & Carvalho, J. E. B. A. cultura do mamoeiro. Cruz das Almas, BA; EMBRAPA-CNPMF, 1995. 80p. (EMBRAPA-CNPMF, Circular Técnica, 21).
- Pal, D. K., Subramanyam, M. D., Divakar, N. G., Iyer, C. P. A., & Selvaraj, Y. (1980). Studies on the physico-chemical composition of fruits of twelve papaya varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 17, 254-256.
- Pandey. M., Srivastava.G. C., & Prasad, N. K. (1998). Physico-chemical changes associated with amadurecimento in two mango varieties. *Journal Plant Physiology*, 3, p. 94- 96.

- Pathak, N., & Sanwal, G. G. (1998). Multiple forms of poligalacturonase from bana fruits. *Phytochemistry*, 48, 249-255.
- Peixoto, A. M. (2008). Fisiologia e conservação pós colheita de mamão 'Golden' tratados com 1-metilciclopropeno em diferentes estádios de maturação.' 2008. 165p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- Pereira, A. C. S. (2009). Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará. 2009. 122p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Pinto, L. K. A., Martins, M. L. L., Resende, E. D., & Thièbaut, J. T. L. (2011). Atividade da pectinametilesterase e da β -galactosidase durante o amadurecimento do mamão cv. GOLDEN, *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(3), 713-722.
- Rodrigues, A. A. M., Silva, J. A., Silva, S. M., Melo, R. S., & Andrade, M. G. Incidência e severidade de doenças em mamão 'Golden' durante armazenamento. In: I Congresso Brasileiro de Patologia Pós-Colheita (CBPPC). 2012, Recife – PE, 2012.
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Moraes, S. M., Sampaio, C. G., Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F.D. (2007). Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. *Comunicado Técnico*, 127, 1- 4.
- Ruggiero C., Marin S. L. D., & Durigan J. F. (2011). Mamão, uma história de sucesso. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Volume Especial, E, 76-82.
- Silva, H. R. F., Resende, E. D., Pinto, L. K. A., Almeida, R. F., & Martins, M. L. L. (2006). Atividade da enzima poligalacturonase em frutos de mamoeiro cv. Golden armazenados sob refrigeração. *Revista Brasileira de Armazenamento*, 31,187-191.
- Smirnoff, N., Conklin, P., & Loewus, F. A. (2001). Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52, 437-467.
- Watkins, C. B. (2006). The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances*, 24, 389-409.
- Wheeler, G. L., Jones, M. A., & Smirnoff, N. (1998). The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. *Nature*, 393, 365-369.
- Wills, R. B. H., & KU, V. V. V. (2002). Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 85-90.
- Zamperlini, G. P., Santos, K. T., Broetto, S. G. & Silva, D. M. (2007). Estudos preliminares do comportamento do papaya em diferentes etapas do processo entre a colheita e a mesa do consumidor. In: MARTINS, D. dos S. *Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão*. Vitória-ES: Incaper, 704p.

ARTIGO 2

Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in 'Golden' Papaya Treated with 1-MCP and Stored under Refrigeration

Josilene Amaro da Silva¹, Silvanda de Melo Silva^{2*}, Antônio Fernando da Silva³
Renato Pereira Lima³

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal da Paraíba/CT/UFPB, João Pessoa PB, Brasil. ²Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais - Faculdade de Ciências Agrárias Universidade Federal da Paraíba/CCA/UFPB, Areia, PB, Brasil. Programa de Pós-Graduação em ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba/CCA/UFPB, Areia, PB

*Correspondência do autor: Telefone (083) 3362-2300, e-mail: silvasil@cca.ufpb.br; Universidade Federal da Paraíba/DCFS/CCA, Campus de Areia - PB, Caixa Postal 04, CEP 58397-970, Areia-PB.

ABSTRACT

The 1-methylcyclopropene (1-MCP) has been effective in controlling ripening of climacteric fruits, and its influence in papaya evaluated in terms of the changes in physiology and firmness. However, by applying 1-MCP changes in functional potential need further exploration to ensure the maintenance of the quality during postharvest life of papaya. Thus, this study evaluated the influence of the application of 1-MCP in 'Golden' papaya stored under refrigeration and at room conditions on the bioactive compounds and antioxidant activity. Fruits treated for 12 hours with 100 nL.L⁻¹ of 1-methylcyclopropene (+MCP) and control (-MCP) were stored at 12 ± 1°C and 82 ± 2 % RH and 23 ± 2 °C 72 ± 4 % RH, and evaluated for: ascorbic acid, total chlorophyll, total carotenoids and total anthocyanins, yellow flavonoids, and antioxidant activity (AAT) by DPPH method. The contents of ascorbic acid and carotenoids have increased during storage of papayas treated with 1-MCP, regardless the storage temperature. The yellow flavonoids increased in fruits under refrigeration, but were lower in those treated with 1-MCP. The anthocyanins were higher in fruits treated with 1-MCP. AAT was superior in papayas treated with 1-MCP. Therefore, 1-MCP does not compromise the functional potential of papaya during storage.

Key words: Quality, Ascorbic Acid, Carotenoids, Yellow flavonoids, Total anthocyanins, DPPH

INTRODUCTION

Papaya (*Carica papaya*) is a fruit tree present in almost all countries of Tropical America, and its fruits are excellent sources of calcium, pro-vitamin A, and vitamin C, therefore, it is widely used in diets (Serrano and Cattaneo 2010). The 'Golden' papaya is an important Brazilian cultivar, which has been widely exported to North American and European markets. This cultivar is highly appreciated due to high sweetness, strong orange color and the soft texture of the flesh (Ruggiero et al. 2011). However, currently, post harvest fruit quality is valued based on the differential aspects of its composition, especially by the presence of substances that can bring health benefits such as substances with antioxidant properties (Silva et al. 2012). Among the antioxidants present in fruits,

² Submetido à revista BABT –Brazilian Archives of Biology and Technology

the most frequently encountered are ascorbic acid, carotenoids and phenolic compounds such as flavonoids and anthocyanins (Bianchi and Antunes 1999; Malacrida and Motta 2006). In turn, the quality of papaya is recognized by the presence of several natural antioxidants, such as high content of carotenoids and considerable contents of ascorbic acid, and flavonoids (Bianchi and Antunes 1999). Epidemiological studies suggest that regular consumption of foods rich in natural antioxidants is associated with lower incidence of degenerative diseases including cancer, cardiovascular disease, inflammation, arthritis, immune system decline, brain dysfunction, diabetes, Alzheimer's disease, and some types of cataracts (Wu et al. 2004; Abdille et al. 2005; Kuskoski et al. 2005; He et al. 2007; Oliveira et al. 2011). Papaya is a climacteric fruit whose transformations from ripening occur rapidly from physiologically ripe fruit, triggered by ethylene production and increased respiratory rate, which makes it a very perishable fruit postharvest. Because of this highly perishable nature, ripening control is fundamental to the shelf life increasing post harvest, targeting the domestic market and exportation of this fruit (Asmar et al. 2010). Control of ripeness has been successfully performed in several climacteric fruits by the use of 1-methylcyclopropene (1-MCP), which in general is applied after physiological ripeness (Huber, 2008), whose influence in papaya was evaluated in terms of changes in physiology (Fabi et al. 2007), softening (Jeong et al. 2007) and physicochemical characteristics (Manenoi et al. 2007) of the fruit. In some fruits, including tomato, papaya and melon, it retains sensitivity to 1-MCP, when applied over the course of ripening (Wills et al. 2002; Ergun and Huber 2004; Jeong et al. 2007). The World Health Organization recommends fruits and vegetables consumption five times a day. Thus, consumption of fruits and vegetables has increased due to the wide dissemination of the benefits to health, based on the presence of compounds with functional properties (Bianchi and Antunes, 1999). However, the impacts of the use of 1-MCP on bioactive compounds and antioxidant activity need to be evaluated, especially for a widely consumed fruit like papaya. In this context, this work aimed to evaluate the influence of the application of 1-MCP on bioactive compounds and antioxidant activity of 'Golden' papaya stored under refrigeration at 12 °C and under room temperature at 23 °C.

MATERIALS AND METHODS

Materials

The fruits used in the experiment were from *Fazenda Santa Terezinha* and *Doce Mel Fruits* packinghouse, in the municipality of Mamanguape –PB, Brazil. Fruits were harvested manually in the early hours of the day and transported to the packinghouse where cleanliness and sanitation were performed. Fruits were placed in a wash tank with water containing 100 ppm of free chlorine, then conducted on conveyor belts equipped with rollers and brushes system and stored in plastic boxes with sanitized bubble paper and then transported without refrigeration to *Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da UFPB Campus II Areia-PB*. In the laboratory, manual selection was performed to remove damaged or ripeness out of the range fruits, following rated by size and color, taking as a basis the maturity Grade 1 scale by visual selection of ripeness for 'Golden' papaya System Approach (Peixoto, 2008).

Preparations of 1-methylcyclopropene (1-MCP)

The preparation of 1-MCP (SmartFresh® - 0.14 % i.a) was performed on 40 mL glass Becker and plastic sealant. The 1-MCP concentration, equivalent to 100 nL.L⁻¹ of gaseous 1-MCP, was added to the flask and then added distilled water at temperature between 40 and 60 °C, and then closed and stirred until the complete dissolution of the product. To obtain concentrations of 100 nL.L⁻¹, 0.0298 g of 1-MCP (14 % i.a) were weighed. The application of 1-MCP was performed in fruits stored in PVC airtight boxes, with capacity of 40 to 45 fruits with dimensions of 135 cm x 163 cm x 183 cm and internal volume of 4 m³ at 23 ± 2 °C for 12 hours (Peixoto, 2008). Fruits of the control were kept under similar conditions during 1-MCP treatment. After 1-MCP application, fruits were separated by treatments (+ 1-MCP; - 1-MCP) where fruits + 1-MCP, consisted in 72 treated fruits and the 72 fruits for the control. Thus, for fruits treated with 1-MCP, each treatment consisted of 36 fruits stored under refrigeration (12 ± 1 °C 82 ± 2 % RH) and the remaining 36 fruits were stored at 23 ± 2 °C 72 ± 4 % RH. The 72 fruits of the control (without 1-MCP), 36 were

stored under refrigeration (12 ± 1 °C 82 ± 2 % RH) and 36 at room conditions at 23 ± 2 °C 72 ± 4 % RH, in a total of 144 fruits stored.

Evaluations

Ascorbic Acid ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$): was determined by titration with 2,6 DFI dichlorophenolindophenol (AOAC, 1997). Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$): by spectrophotometry at 652 nm, using as extraction solution 80% acetone for disintegration of the tissue through maceration, as recommended by Bruinsma (1963), calculated according to Poggiani and Engel (1991). Total Carotenoids ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$): by spectrophotometry at 450 nm using hexane extraction solution 98.5%, as Higby (1962), using 1.0 g of pulp sample. Yellow flavonoids ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$): by spectrophotometry at 374 nm, according to Francis (1982), using 5.0 g of pulp sample to 5 mL of ethanol solution PA - HCl (85:15). For the determination of yellow flavonoids, in the peel, 2 mL of the extract was taken and added to 5 mL ethanol solution with the PA - HCl, stirred and the reading was performed. The data were calculated using the formula: dilution factor X absorbance /76.6. Anthocyanins ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), it was used the yellow flavonoid extract, the reading was performed in spectrophotometer at a wavelength of 535 nm. The "blank" was composed by ethanol -HCl solution (1.5 N). The calculation of the total anthocyanin was performed using the formula: Absorbance X dilution factor/98.2 (Francis, 1982). The total antioxidant activity - AAT (g of pulp.g DPPH⁻¹), was determined by the capture of the free radical DPPH (1,1'-diphenyl-2-picrylhydrazyl) method (Brand- Williams et al. 1995). From the phenolic extract, three dilutions (60, 80 and 100 $\mu\text{L} \cdot \text{mL}^{-1}$) in triplicate, which was determined by preliminary tests based on the standard curve from DPPH. From each dilution, a rate of 100 mL to 3.9 mL of DPPH radical (0.06 mM) was used. As a control, 100 mL of control solution was used (50 % methanol + 70% acetone) instead of the phenolic extract. To calibrate the spectrophotometer at a wavelength of 515nm, methyl alcohol PA was used (Rufino et al. 2007).

Experimental design

It was utilized a nested design of days of evaluation within two storage temperatures and two doses of 1-MCP, totalizing four treatments and ten periods of evaluations. Data were subjected to analysis of variance by F test, followed by comparison of means, and applied the Tukey test 5% probability. For statistical test, SAS 9.0 was used.

RESULTS AND DISCUSSION

Ascorbic Acid

The ascorbic acid (AA) content showed triple interaction, adjusting to the quadratic regression model when evaluated by F test at 5 % probability. The effect of the combination of 1-methylcyclopropene (1-MCP) was observed on storage temperatures at 12 °C and 23 °C. Fruits treated with (+ 1-MCP) and without (-1-MCP) at 23 °C were evaluated until the 12th day of storage, and treated fruits showed the highest ascorbic acid content ($126.98 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), and without 1-MCP presented $111.98 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ at the day 12. These results are for superior to data from Silva et al. (2013), in which Golden papaya coated with carnauba wax and stored at 12 ± 2 °C for 20 days showed a reduction of ascorbic acid as an indicator of fruit ripeness. For fruits treated with 1-MCP kept at 12 °C kept evaluated at the 27th day, the values for ascorbic acid increased during storage, ranging from $72.43 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ at the beginning, $67.46 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ in the 12th day, reaching $104.59 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ at the end of storage. Pal et al. (1980) studied the composition of 12 varieties of papaya, and found that fruits from the Solo group were those with higher contents of ascorbic acid, in the average $102 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ when ripe. Fruits without 1-MCP kept at 12 °C showed $95.76 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ of ascorbic acid at the 18th day of storage (Fig. 1). Trevisan et al. (2013) treated Golden papaya in ripeness stage 1 with simultaneous application of 1-MCP and ethylene on the following combinations of 1-MCP ($\text{nL} \cdot \text{L}^{-1}$) + ethylene ($\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$): 0 +0; 100 + ; 100 +2.5; 100 +5; and 100 +10, and stored for 12 days at 22 °C, and reported that fruit treated with 1-MCP and 1-MCP plus $2.5 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ ethylene showed higher ascorbic acid levels. These treatments also delayed the loss of firmness and color changes, but did not influence the content of soluble solids. During ripening of the most of fruits the contents of organic acid decreases due to the use in the Krebs cycle, during

respiratory process and in reactions towards the biosynthesis of new compounds by the anapplerotic reactions. These changes in acidity are important for the development of the characteristic flavor of the fruits (Kays, 1997). Papaya "*Baixinho do Santa Amalia*" variety was higher for AA ($149.0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) compared to the current study (Hernandez et al. 2006). Other studies reported lower values for AA: $74 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Franke et al. 2004), $68 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Leong and Shui 2002). Five varieties of papaya grown in Hawaii were evaluated for AA content, and it was found levels ranging between 45.3 and $55.6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Wall, 2006). According to this author, papaya showed the lowest percentage of dehydroascorbic acid (DHA) (1.62%) compared to the total vitamin C content, but still, it is important to quantify the levels of DHA, since it displays nutritional value of vitamin C, being reduced to AA in the human body.

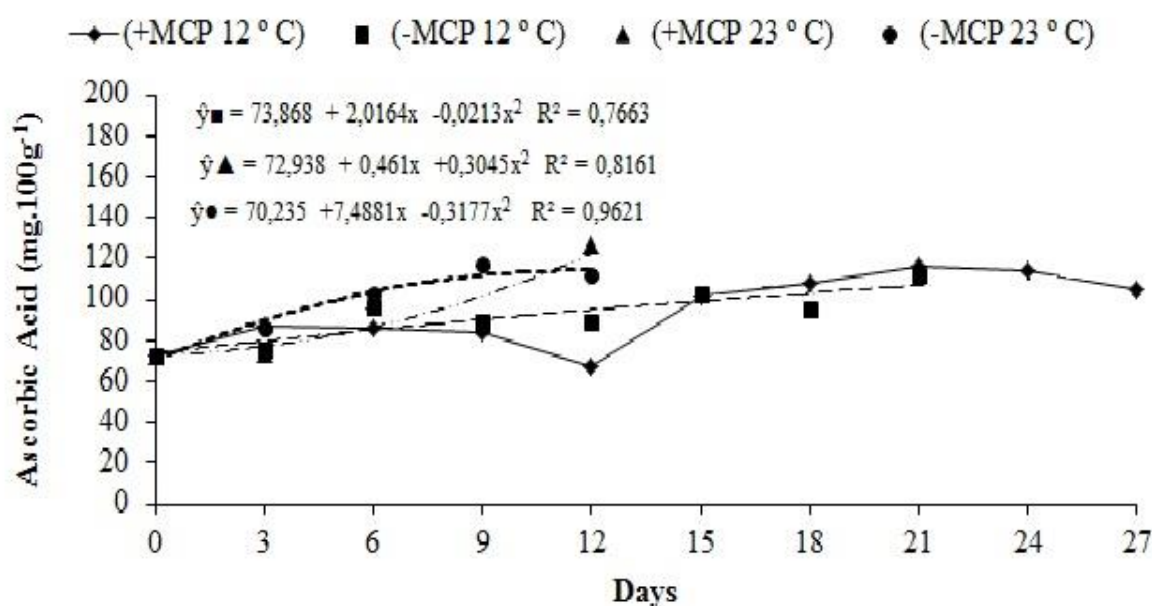


Figure 1 - Ascorbic Acid ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nL L^{-1} of 1-methylcyclopropene (+MCP) and the control, without 1-MCP (-MCP), stored at $12 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and $82 \pm 2\% \text{ RH}$ and $23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and $72 \pm 4\% \text{ RH}$.

The total chlorophyll content did not adjust to the quadratic regression model for 1-MCP. However, the treatments differed during the storage periods. It was not observed significant interaction between 1-MCP and temperature, although both separately differed during storage. The total chlorophyll in fruits treated with 1-MCP was higher until the 27th day and differed from the controls (-1-MCP) that lasted until the 21th day (Fig. 2A). The 1-MCP affect the maintenance of the green pigmentation of the fruit skin, however, temperatures have influenced on the reduction of this pigment in the early days of evaluations at $23 \text{ }^{\circ}\text{C}$. The loss of the green color of skin is due to the degradation of the structure of the chlorophyll molecule as a result of the action of several enzymes, among them the chlorophyllase. The increasing activity of this enzyme is normally associated with ethylene production during the ripening of the fruit (Tucker, 1993). The temperature caused a reduction of chlorophyll content during storage for fruits stored at $23 \text{ }^{\circ}\text{C}$, whose profile was adjusted to a quadratic regression model that remained until the 12th day with reduced values by the end of the storage period, as compared to fruits kept at $12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ that maintained the chlorophyll content until the 27th day of storage (Fig 2B). Based on these results the temperature is a limiting factor to chlorophyll degradation when fruits are stored at room temperature.

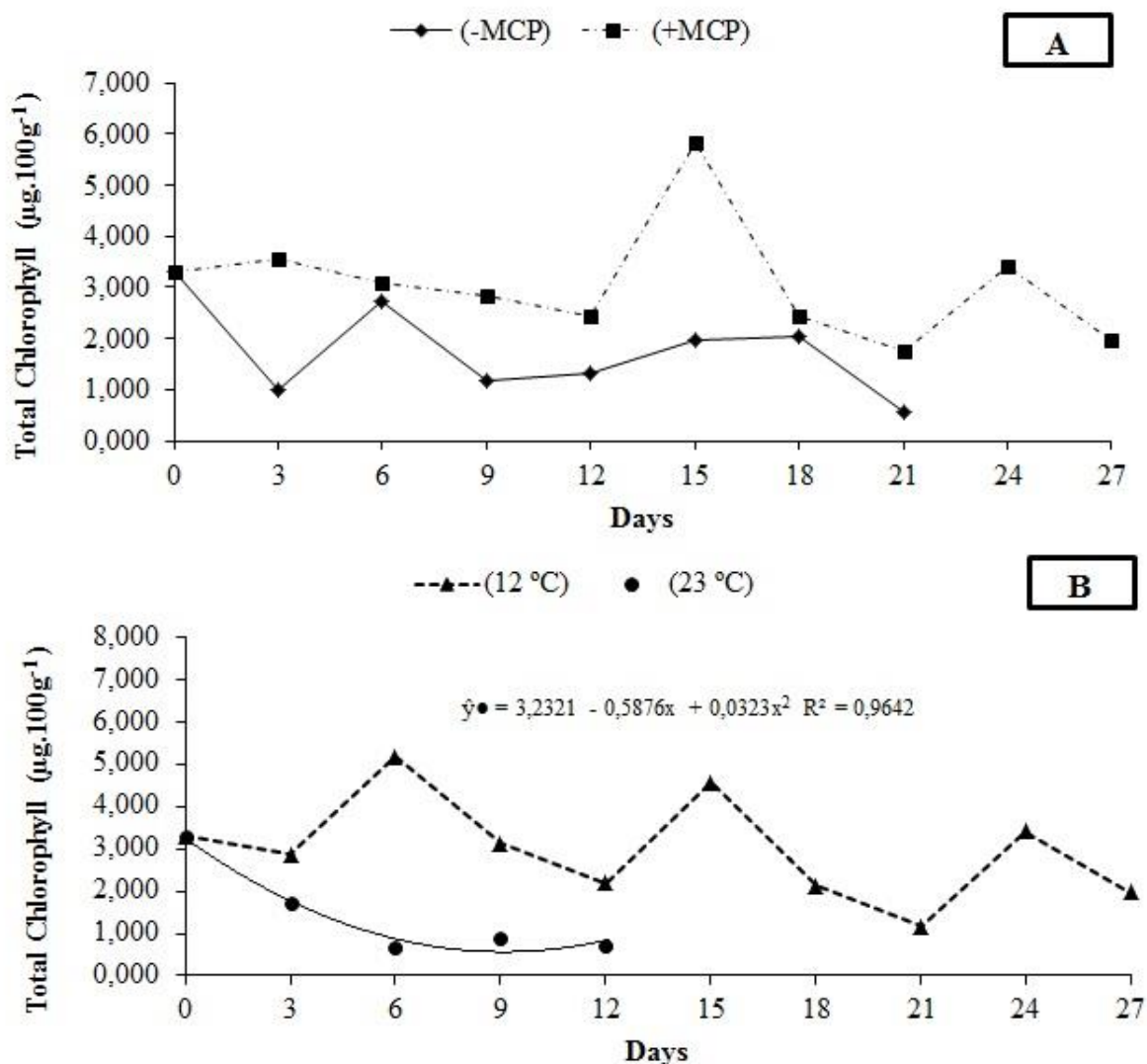


Figure 2 - Total Chlorophyll ($\mu\text{g.}100\text{g}^{-1}$) **A** - in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nLL^{-1} 1-methylcyclopropene (+MCP) and the control, without 1-MCP (-MCP). Total Chlorophyll ($\mu\text{g.}100\text{g}^{-1}$) **B** - in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and stored at $12 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $82 \pm 2\%$ RH and $23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $72 \pm 4\%$ RH.

The mean values for total carotenoids showed triple interaction, however, only the 1-MCP treatment at $23 \text{ }^{\circ}\text{C}$ was adjusted to the quadratic model when evaluated by F test at 1 % probability. The carotenoids content for fruits non-treated with 1-MCP at $12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ varied during storage, not adjusting to the regression model, which differs from the other treatments, declining sharply to $4616.70 \mu\text{g.}100\text{g}^{-1}$ at 12th day and subsequent increasing to $14026.95 \mu\text{g.}100\text{g}^{-1}$ at the last period of evaluation, at 18 days (Fig. 3). Fruits kept at $12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and non-treated with 1-MCP increased the carotenoids content during storage due to the degradation of chlorophyll and the development of orange color, characteristic of the ripe fruit. Carotenoids give the fruit its characteristic color, being recognized as bioactive compounds, important in human nutrition for its strong antioxidant properties, acting in capturing free radicals produced in excess in the body (Paliyath and Murr 2008). In 'Golden' papaya, Barreto et al. (2011) studying the composition of carotenoids by HPLC described that 1-MCP treatment affected the carotenoid biosynthesis, showing that in 1-MCP-treated fruits the amounts of lycopene precursors did not apparently changed until day 3. Fabi et al. (2007) reported that papaya fruits exposed to 1-methylcyclopropene (1-MCP) showed inhibition in carotenoid accumulation, indicating that is a process mediated by ethylene and, thus, as 1-MCP blocks ethylene action by binding to its receptors, its results in arresting the main changes in

papaya ripening such as the carotenoid biosynthesis when it is applied in the earlier stages of ripening (Gao et al. 2007; Manenoi et al. 2007).

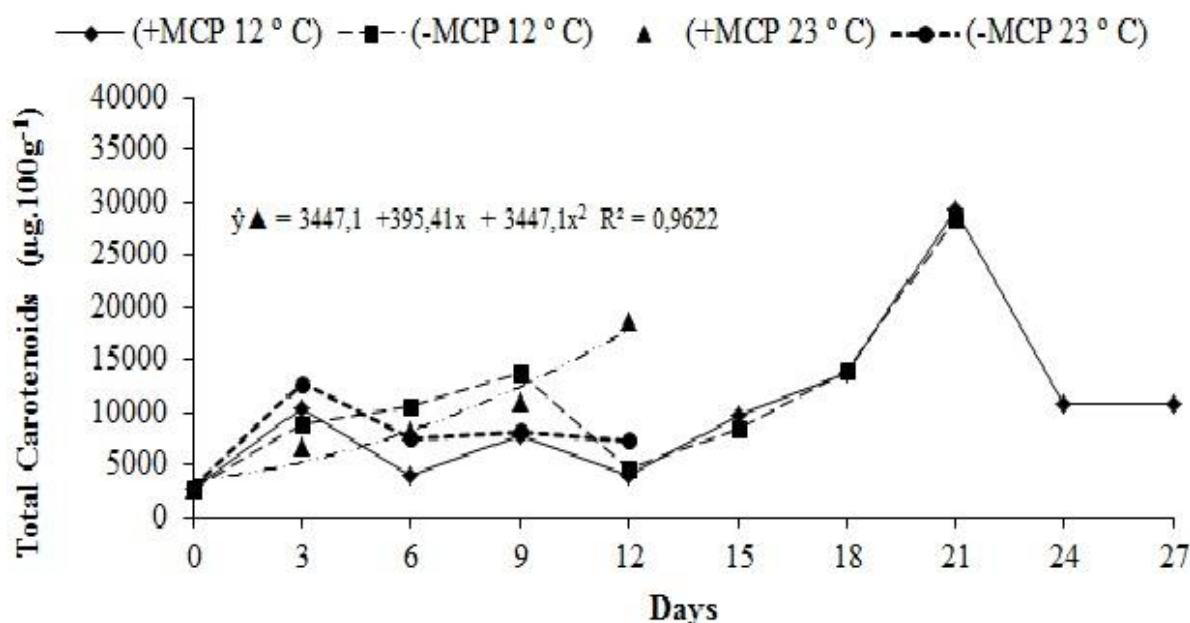


Figure 3- Total carotenoids ($\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nLL^{-1} 1-methylcyclopropene (+MCP) and the control, without 1-MCP (-MCP) during storage at $12 \pm 1^\circ\text{C}$ $82 \pm 2\%$ RH and $23 \pm 2^\circ\text{C}$ $72 \pm 4\%$ RH.

Yellow flavonoids showed triple interaction and it was adjusted to the quadratic regression model when evaluated by F test at 5 % probability. The mean values for yellow flavonoids in fruits stored at 12°C did not fit the regression models; however, it was observed an increase with a peak at day 6 (+MCP 12°C) $701,06 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ and (-MCP 12°C) $790,96 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ regardless of the presence of 1-MCP, with a reduction of these values after this period. As the storage period advanced, it was obtained (-MCP 12°C) $266,39 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ at 18 days and (+MCP 12°C) $292,94$ and $598,87 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ at the 27th day. Fruits stored at 23°C , both in presence and absence of 1-MCP differed regarding the yellow flavonoids content and was evaluated until the 12th day of storage. Initially, until the day 6, the mean values for yellow flavonoid were approximated, and from this period on, for fruits non-treated (-MCP 23°C) it was observed a sharp increase to $589,51 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ at the last evaluation period. On the other hand, for fruits treated with 1-MCP (+MCP 23°C) just a slight increase was observed (Fig. 4A). According to Davies and Schwinn (2005), the production of flavonoids is induced by various forms of stresses, such as exposure to ultraviolet radiation, wounding, pathogen infection, incidence of light or nutrient deficiency, generating an increase in the capacity of capturing free radicals, as potentiating the defense of the fruit. The temperature did not affect the content of total anthocyanins during storage, however, it was influenced by 1-MCP treatment. In fruit treated with 1-MCP anthocyanins content was kept lower from the 3th to the 12th day of storage, increasing afterwards. However, in fruits not treated with 1-MCP the content of anthocyanins increased up to about day 15, with a peak on 18th day, declining from this period (Fig. 4B), indicating that the anthocyanins biosynthesis is an ethylene-dependent process (Paliyath and Murr 2008).

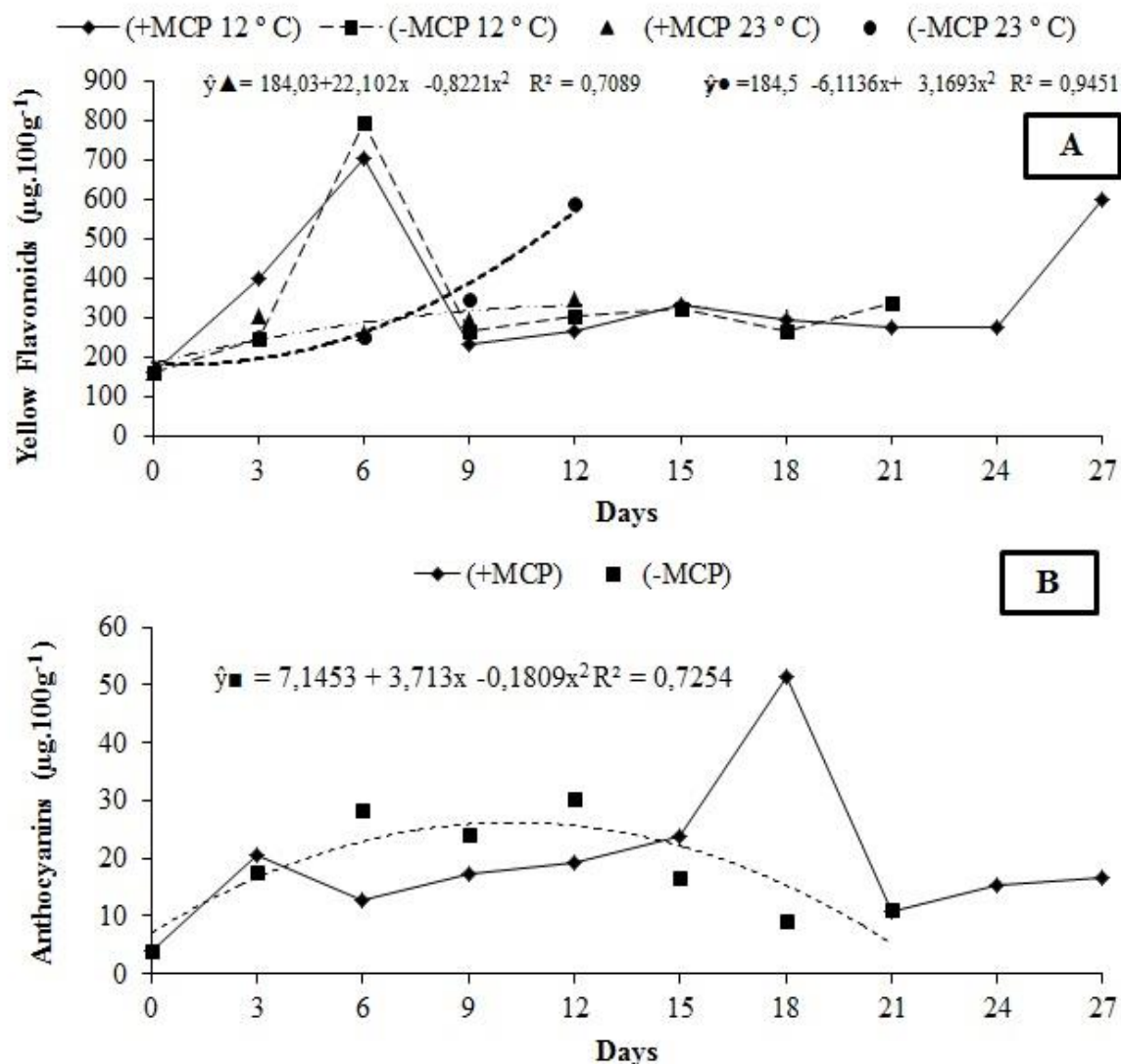


Figure 4 - Yellow Flavonoids (µg.100g⁻¹ pulp) **A** in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nLL⁻¹ 1-methylcyclopropane (+MCP 12 °C and +MCP 23 °C) and the control, without 1-MCP (-MCP 12 °C and -MCP 23 °C), during storage at 12 ± 1° C and 82 ± 2% RH and at 23 ± 2 °C 72 ± 4% RH, respectively. Anthocyanins (µg.100g⁻¹ pulp) **B** in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nLL⁻¹ 1-methylcyclopropane (+MCP) and the control, without 1-MCP (-MCP).

The antioxidant activity for fruit without 1-MCP and stored at 12 °C was much lower, based on the highest values for consumption of pulp per g of DDPH, until the 6th day of storage. In turn, fruits treated with 1-MCP and kept under 12 °C showed a gradual increasing in the antioxidant activity, based on the lowest consumption of pulp per g of DPPH. In this sense, the highest values for antioxidant activity, were obtained at the end of storage for fruits treated with 1-MCP at 23 °C (837.07 g of pulp / g of DPPH), indicating that 1-MCP resulted in fruit with enhanced ability of capturing the DPPH radical. During refrigerated storage (12 °C) the mean value at the end of storage was 883,43 g of pulp / g of DPPH in fruits treated with 1-MCP and at day 27 while it was 882.20 g of pulp / g of DPPH for fruits without 1-MCP at the 18th day (Fig. 5).

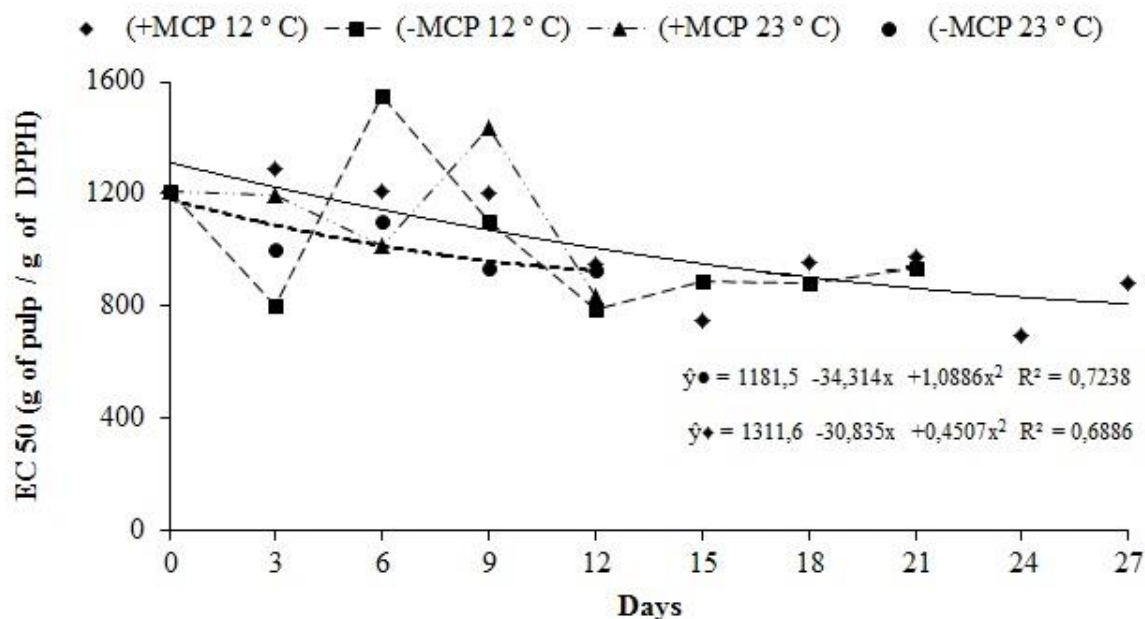


Figure 5 - Antioxidant activity (EC 50 (g of pulp / g of DPPH) in 'Golden' papaya harvested in the maturity stage 1 and treated with 100 nLL⁻¹ 1-methylcyclopropene (+MCP 12°C and +MCP 23°C) and the control, without 1-MCP (-MCP 12°C and -MCP 23°C), during storage at 12 ± 1° C and 82 ± 2% RH and at 23 ± 2 °C 72 ± 4% RH, respectively.

CONCLUSIONS

The contents of ascorbic acid and carotenoids increased during storage for papayas treated with 1-MCP, regardless of storage temperature. The yellow flavonoids were higher in fruits under refrigeration, but were lower in those treated with 1-MCP. The anthocyanins were higher in fruits treated with 1-MCP. AAT was kept higher in papayas treated with 1-MCP. Therefore, the application of 1-MCP in 'Golden' papaya does not compromise its functional potential during storage.

ACKNOWLEDGMENTS

To CNPq and CAPES for fellowships and financial support.

REFERENCES

- Abdille MH, Singh RP, Jayaprakasha GK, Jena BS. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. *Food Chem.* 2005; 90: 891-896.
- Asmar AS, Abreu CMP, Lima RAZ, Corrêa AD, Santos C.D. Firmeza, de mamão tratado com 1-MCP em diferentes tempos de exposição. *Ciênc Agrotecnol.* 2010; 34: 440-444.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 16nd ed. Arlington, Virginia: Avi Book; 1997.
- Barreto GPM, Fabi JP, Rosso VV, Cordenunsi BR, Lajolo FM, Nascimento JRO, Mercadante AZ. Influence of ethylene on carotenoid biosynthesis during papaya postharvesting ripening. *J Food Comp Anal.* 2011; 24: 620-624.
- Bianchini MLP, Antunes LMG. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Rev Nutr.* 1999; 12: 123-130.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol.* 1995; 28: 25-30.
- Bruinsma J. The quantitative analysis of chlorophylls A and B in plant extracts. *Photochem photobiol.* 1963; 2: 241-249.

- Davies KM, Schwinn KE. Molecular Biology and Biotechnology of Flavonoid Biosynthesis. In: Andersen ØM, Markham KR. Flavonoids: chemistry, biochemistry. Taylor & Francis Group; New York; 2006. p. 143-162.
- Engel VL, Poggiani F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. *Rev Bras Fisiol Veg.* 1991; 3: 39-45.
- Ergun M, Huber DJ. Suppression of ethylene perception extends shelf-life and quality of ‘Sunrise Solo’ papaya fruit at both pre-ripe and ripe stages of development. *Eur J Horticu Sci.* 2004; 69: 184-192.
- Fabi JP, Cordenunsi BR, Barreto GPM, Mercadante AZ, Lajolo FM, Nascimento JRO. Papaya fruit ripening: response to ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP). *J Agric Food Chem.* 2007; 55: 6118-6123.
- Francis FJ. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS P, editor. Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press;1982. p. 181-207.
- Franke AA, Custer LJ, Arakaki C, Murphy SP. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *J Food Comp Anal.* 2004; 17: 1-35..
- Gao HY, Zhu BZ, Zhu HL, Zhang YH, Xie YH, Li YC, Luo YB. Effect of suppression of ethylene biosynthesis on flavour products in tomato fruits. *Russ J Plant Physiol.* 2007; 54: 80-88.
- He FJ, Nowson CA, Lucas M, MacGregor GA. Increased consumption of fruit and vegetables is related to a reduced risk of coronary heart disease: meta-analysis of cohort studies. *J. Hum. Hypertens.* 2007; 21: 717-728.
- Hernández Y, Lobo MG, González M. Determination of vitamin C in tropical fruits: a comparative evaluation of methods. *Food Chem.* 2006; 96: 654-664.
- Higby WK. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. *J Food Sci.* 1962; 27: 42-49.
- Huber DJ. Suppression of ethylene responses through application of 1-methylcyclopropene: A powerful tool for elucidating ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. *HortScience.* 2008; 43: 106-111.
- Jeong J, Lee J, Huber DJ. Softening and ripening of “Athena” Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) fruit at three harvest maturities in response to the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. *HortScience.* 2007; 42: 1231-36.
- Kays SJ. Postharvest physiology of perishable plant products. Athens: 1997.
- Kuskoski M, Asuero A, Troncoso A. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2005; 25: 726-32.
- Leong LP, Shui G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem.* 2002; 76: 69-75.
- Malacrida CR, Motta S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. *Boletim CEPPA.* 2006; 24: 59-82.
- Manenoi A, Bayogan ERV, Thumdee S, Paull RE. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. *Postharvest Biol Technol.* 2007; 44: 55-62.
- Oliveira DS, Aquino PP, Ribeiro SMR, Proença RPC, Sant’Ana HMP. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. *Acta Sci Health Sci.* 2011; 33: 89-98.
- Pal DK, Subramanyam MD, Divakar NG, Iyer CPA, Selvaraj Y. Studies on the physico-chemical composition of fruits of twelve papaya varieties. *J Food Sci Technol.* 1980; 17: 254-256.
- Paliyath G, Murr DP. Biochemistry of Fruits. In: Paliyath, G.; Murr, D. P.; Handa, A. K.; Lurie, S. editor. *Postharvest Biol Technol Fruits Veg Flowers.* Wiley-Blackwell Publishing; 2008; p. 19-50.
- Peixoto AM. Fisiologia e conservação pós-colheita de mamão ‘Golden’ tratados com 1-metilciclopropeno em diferentes estádios de maturação. [Dissertação]. João Pessoa, Paraíba: Universidade Federal da Paraíba; 2008.
- Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Morais SM, Sampaio CG, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto FD. Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. *Comunicado Técnico.* 2007; 127, 1-4.

- Ruggiero C, Marin SLD, Durigan JF. Mamão, uma história de sucesso. *Rev Bras Frutic*. Volume Especial. 2011; 76-82.
- Serrano LAL, Cattaneo LFO. Cultivo do mamoeiro no Brasil. *Rev Bras Frutic*. 2010; 32: 657-959.
- Silva AF, Silva SM, Silva JA, Ferreira VCS, Schunemann AP, Rodrigues AAM. Qualidade de mamão 'Golden' submetido à fotocatalise heterogênea. In: I Congresso Brasileiro de Patologia Pós-Colheita (CBPPC), 2012, RECIFE - PE, 2012.
- Silva NC, Silva SM, Ferreira VCS, Dantas RL, Silva AF, Soares LG. Compostos Bioativos em Mamão 'Golden' Recoberto com Cera de Carnaúba. In: IV Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutas, Hortaliças e Flores e VII Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 2013, Ribeirão Preto, 2013.
- Trevisan MJ, Jacomino AP, Cunha Junior LC, Alves RF. Aplicação de 1- metilciclopropeno associado ao etileno para minimizar seus efeitos na inibição do amadurecimento do mamão 'Golden'. *Rev Bras Frutic*. 2013; 35: 384-390.
- Tucker GA. Introduction. In: Seymour GB, Taylor JE, Tucker GA. Biochemistry of Fruit Ripening. London: Chapman & Hall; 1993. p. 53.
- Wall MM. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. *J Food Comp Anal*. 2006; 19: 434-445.
- Wills RBH, Ku VVV. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. *Postharvest Biol Technol*. 2002; 26: 85-90.
- Wu X, Beecher GR, Holden JM, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Prior RL. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J Agric Food Chem*. 2004; 52: 4026-37.

5 CONCLUSÃO

Mamão ‘Golden’ tratados com 1-MCP e fotocatalise heterogênea e armazenados a 12 °C, com base no limite estabelecido para a aparência 5, apresentaram perda de massa máxima de 5,3 %, e firmeza de 50 N que correspondeu a 21 dias de aceitação sensorial.

A combinação de 1-metilciclopropeno 100 nL L⁻¹ com fotocatalise heterogênea com base na atividades das enzimas pectinametilesterase, poligalacturonase, firmeza e aparência proporcionaram vida útil de 21 dias resultando em aumento de 12 dias na vida útil pós-colheita em relação ao controle (7 dias de vida útil) em mamões armazenados a 12 °C.

Frutos de mamão tratados com 1-metilciclopropeno 100 nL L⁻¹ independente das temperaturas de armazenamento 12 °C e 23 °C influenciaram no aumento do ácido ascórbico, carotenoides totais, antocianinas totais e redução dos flavonoides amarelos quando armazenados sob refrigeração.

A atividade antioxidante total foi maior em mamões tratados com 1-metilciclopropeno 100 nL L⁻¹.

O uso de 1-metilciclopropeno 100 nL L⁻¹ em mamão ‘Goden’ não compromete o potencial nutricional durante armazenamento.

ANEXOS

ANEXO A
DOCUMENTOS DE ENCAMINHAMENTO DOS ARTIGOS
ARTIGO I

ARTIGO II

Brazilian Archives of Biology and Technology - Account Created in ScholarOne Manuscripts

1 mensagem

babt@tecpar.br <babt@tecpar.br>

21 de novembro de 2014 15:09

Para: cta.josileneamaro@gmail.com

21-Nov-2014

Dear Dr. Silva:

A manuscript titled Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in 'Golden' Papaya Treated with 1-MCP and Stored under Refrigeration (BABT-2014-0458) has been submitted by Prof. SILVANDA SILVA to the Brazilian Archives of Biology and Technology.

You are listed as a co-author for this manuscript. The online peer-review system, ScholarOne Manuscripts, automatically creates a user account for you. Your USER ID and PASSWORD for your account is as follows:

Site URL: <https://mc04.manuscriptcentral.com/babt-scielo>

USER ID: cta.josileneamaro@gmail.com

PASSWORD: For security reasons your password is not contained in this email. To set your password click the link below.

https://mc04.manuscriptcentral.com/babt-scielo?URL_MASK=7808e8fbbbc74128912d3096176d2e46

You can use the above USER ID and PASSWORD (once set) to log in to the site and check the status of papers you have authored/co-authored. Please log in to <https://mc04.manuscriptcentral.com/babt-scielo> to update your account information via the edit account tab at the top right.

Thank you for your participation.

Sincerely,

Brazilian Archives of Biology and Technology Editorial Office

ANEXO B

(ARTIGO 1)

The SAS System

The GLM Procedure

Class Level Information		
Class	Levels	Values
MCP	2	0 1
RCI	2	0 1
PERIODO	6	1 2 3 4 5 6

Number of Observations Read	72
Number of Observations Used	66

The GLM Procedure

Dependent Variable: FIRM FIRM

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	148026.8730	7048.8987	36.00	<.0001
Error	44	8614.1779	195.7768		
Corrected Total	65	156641.0509			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FIRM Mean
0.945007	27.47200	13.99203	50.93195

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	21712.7745	21712.7745	110.91	<.0001
RCI	1	944.9226	944.9226	4.83	0.0333
MCP*RCI	1	1.1709	1.1709	0.01	0.9387
PERIODO	5	101631.5846	20326.3169	103.82	<.0001
MCP*PERIODO	5	16532.6961	3306.5392	16.89	<.0001
RCI*PERIODO	5	3077.7273	615.5455	3.14	0.0164
MCP*RCI*PERIODO	3	606.7641	202.2547	1.03	0.3873

Dependent Variable: ÁCIDO ASCÓRBICO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	15066.06933	717.43187	34.08	<.0001
Error	44	926.26729	21.05153		
Corrected Total	65	15992.33662			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	VIT_C Mean
0.942081	5.183127	4.588195	88.52175

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	122.50323	122.50323	5.82	0.0201
RCI	1	493.97843	493.97843	23.47	<.0001
MCP*RCI	1	36.44285	36.44285	1.73	0.1951
PERIODO	5	10628.26548	2125.65310	100.97	<.0001
MCP*PERIODO	5	1751.31219	350.26244	16.64	<.0001
RCI*PERIODO	5	1489.89002	297.97800	14.15	<.0001
MCP*RCI*PERIODO	3	492.88684	164.29561	7.80	0.0003

Dependent Variable: CLOROFILA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	141.8317905	6.7538948	11.30	<.0001
Error	44	26.3086953	0.5979249		
Corrected Total	65	168.1404858			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CLOR Mean
0.843531	26.59053	0.773256	2.908013

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	5.25647264	5.25647264	8.79	0.0049
RCI	1	0.27286390	0.27286390	0.46	0.5029
MCP*RCI	1	4.07467387	4.07467387	6.81	0.0123
PERIODO	5	95.28549213	19.05709843	31.87	<.0001
MCP*PERIODO	5	3.26539431	0.65307886	1.09	0.3781
RCI*PERIODO	5	18.27703415	3.65540683	6.11	0.0002

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP*RCI*PERIODO	3	1.58248394	0.52749465	0.88	0.4577

The GLM Procedure

Dependent Variable: CAROTENÓIDES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	2090.218529	99.534216	63.67	<.0001
Error	44	68.783573	1.563263		
Corrected Total	65	2159.002102			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CAROT Mean
0.968141	12.83529	1.250305	9.741153

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	15.949751	15.949751	10.20	0.0026
RCI	1	96.396499	96.396499	61.66	<.0001
MCP*RCI	1	27.854088	27.854088	17.82	0.0001
PERIODO	5	1451.109596	290.221919	185.65	<.0001
MCP*PERIODO	5	120.137832	24.027566	15.37	<.0001
RCI*PERIODO	5	156.636122	31.327224	20.04	<.0001
MCP*RCI*PERIODO	3	133.234049	44.411350	28.41	<.0001

The GLM Procedure

Dependent Variable: FLAVONÓIDES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	2.47786323	0.11799349	27.32	<.0001
Error	44	0.19003436	0.00431896		
Corrected Total	65	2.66789759			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FLAV Mean
0.928770	18.33057	0.065719	0.358520

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	0.01156983	0.01156983	2.68	0.1088

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
RCI	1	0.03904108	0.03904108	9.04	0.0044
MCP*RCI	1	0.00000259	0.00000259	0.00	0.9806
PERIODO	5	2.38311054	0.47662211	110.36	<.0001
MCP*PERIODO	5	0.01377683	0.00275537	0.64	0.6719
RCI*PERIODO	5	0.05076056	0.01015211	2.35	0.0563
MCP*RCI*PERIODO	3	0.01610473	0.00536824	1.24	0.3056

Dependent Variable: ANTOCIANINAS

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	0.01093093	0.00052052	20.07	<.0001
Error	44	0.00114118	0.00002594		
Corrected Total	65	0.01207211			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ANT Mean
0.905470	30.34568	0.005093	0.016782

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	0.00008636	0.00008636	3.33	0.0748
RCI	1	0.00018195	0.00018195	7.02	0.0112
MCP*RCI	1	0.00004524	0.00004524	1.74	0.1934
PERIODO	5	0.00580426	0.00116085	44.76	<.0001
MCP*PERIODO	5	0.00334397	0.00066879	25.79	<.0001
RCI*PERIODO	5	0.00063448	0.00012690	4.89	0.0012
MCP*RCI*PERIODO	3	0.00079888	0.00026629	10.27	<.0001

Dependent Variable: PGA PGA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	0.73443280	0.03497299	8.69	<.0001
Error	44	0.17705163	0.00402390		
Corrected Total	65	0.91148444			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PGA Mean
0.805755	6.799664	0.063434	0.932902

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	0.06010735	0.06010735	14.94	0.0004
RCI	1	0.18165983	0.18165983	45.15	<.0001
MCP*RCI	1	0.00525890	0.00525890	1.31	0.2591
PERIODO	5	0.16804118	0.03360824	8.35	<.0001
MCP*PERIODO	5	0.09565110	0.01913022	4.75	0.0015
RCI*PERIODO	5	0.39730571	0.07946114	19.75	<.0001
MCP*RCI*PERIODO	3	0.03432469	0.01144156	2.84	0.0485

The GLM Procedure

Dependent Variable: PME PME

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	419.3484592	19.9689742	221.05	<.0001
Error	44	3.9748880	0.0903384		
Corrected Total	65	423.3233472			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PME Mean
0.990610	10.23267	0.300563	2.937292

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	102.7722122	102.7722122	1137.64	<.0001
RCI	1	5.9457271	5.9457271	65.82	<.0001
MCP*RCI	1	5.1865959	5.1865959	57.41	<.0001
PERIODO	5	184.7604542	36.9520908	409.04	<.0001
MCP*PERIODO	5	61.0550679	12.2110136	135.17	<.0001
RCI*PERIODO	5	82.9637240	16.5927448	183.67	<.0001
MCP*RCI*PERIODO	3	13.2345629	4.4115210	48.83	<.0001

Dependent Variable: DPPH DPPH

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	6241761.516	297226.739	4.18	<.0001
Error	44	3131553.100	71171.661		
Corrected Total	65	9373314.616			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DPPH Mean
0.665908	23.02481	266.7802	1158.664

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	496173.137	496173.137	6.97	0.0114
RCI	1	387089.762	387089.762	5.44	0.0243
MCP*RCI	1	14381.505	14381.505	0.20	0.6553
PERIODO	5	2503579.148	500715.830	7.04	<.0001
MCP*PERIODO	5	1107546.228	221509.246	3.11	0.0172
RCI*PERIODO	5	369992.477	73998.495	1.04	0.4065
MCP*RCI*PERIODO	3	88450.738	29483.579	0.41	0.7436

Dependent Variable: COR_ COR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	126.5319865	6.0253327	39.33	<.0001
Error	44	6.7407407	0.1531987		
Corrected Total	65	133.2727273			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	COR_ Mean
0.949421	11.84991	0.391406	3.303030

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	7.4360210	7.4360210	48.54	<.0001
RCI	1	0.1834732	0.1834732	1.20	0.2798
MCP*RCI	1	2.7552083	2.7552083	17.98	0.0001
PERIODO	5	109.7994041	21.9598808	143.34	<.0001
MCP*PERIODO	5	5.0275849	1.0055170	6.56	0.0001
RCI*PERIODO	5	1.4361497	0.2872299	1.87	0.1182
MCP*RCI*PERIODO	3	1.5989583	0.5329861	3.48	0.0237

The GLM Procedure

Dependent Variable: AP1 AP1

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	417.1906566	19.8662217	53.82	<.0001
Error	44	16.2407407	0.3691077		
Corrected Total	65	433.4313973			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	AP1 Mean
0.962530	12.26858	0.607542	4.952020

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	2.5279766	2.5279766	6.85	0.0121
RCI	1	21.8198484	21.8198484	59.12	<.0001
MCP*RCI	1	3.4311343	3.4311343	9.30	0.0039
PERIODO	5	337.6808342	67.5361668	182.97	<.0001
MCP*PERIODO	5	4.1209491	0.8241898	2.23	0.0677
RCI*PERIODO	5	27.9187886	5.5837577	15.13	<.0001
MCP*RCI*PERIODO	3	1.6174769	0.5391590	1.46	0.2383

(ARTIGO 2)

The SAS System

The GLM Procedure

Class Level Information										
Class	Levels	Values								
MCP	2	0 1								
T	2	12 23								
PERIODO	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10								

Number of Observations Read	121
Number of Observations Used	84

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: **ÁCIDO ASCÓRBICO**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	27	22041.49625	816.35171	37.89	<.0001
Error	56	1206.47170	21.54414		
Corrected Total	83	23247.96795			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	VIT_C Mean
0.948104	4.951557	4.641566	93.73953

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	125.73891	125.73891	5.84	0.0190
T	1	2558.02174	2558.02174	118.73	<.0001
MCP*T	1	1.49933	1.49933	0.07	0.7929
PERIODO	9	15148.30209	1683.14468	78.13	<.0001
MCP*PERIODO	7	1040.28182	148.61169	6.90	<.0001
T*PERIODO	4	3580.87808	895.21952	41.55	<.0001
MCP*T*PERIODO	4	1857.64996	464.41249	21.56	<.0001

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: **CLOROFILA**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	27	225.3059442	8.3446646	13.32	<.0001
Error	56	35.0747000	0.6263339		
Corrected Total	83	260.3806441			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CLOR Mean
0.865295	32.21704	0.791413	2.456503

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	29.21462494	29.21462494	46.64	<.0001
T	1	52.30394123	52.30394123	83.51	<.0001
MCP*T	1	0.30294528	0.30294528	0.48	0.4896
PERIODO	9	77.08777466	8.56530830	13.68	<.0001
MCP*PERIODO	7	38.50419723	5.50059960	8.78	<.0001
T*PERIODO	4	33.95316463	8.48829116	13.55	<.0001
MCP*T*PERIODO	4	1.67253652	0.41813413	0.67	0.6172

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: **CAROTENÓIDES**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	27	3578.207021	132.526186	33.85	<.0001
Error	56	219.221808	3.914675		
Corrected Total	83	3797.428829			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CAROT Mean
0.942271	19.79783	1.978554	9.993791

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	-------------	-------------	---------	--------

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	3.915840	3.915840	1.00	0.3215
T	1	40.201676	40.201676	10.27	0.0022
MCP*T	1	62.727412	62.727412	16.02	0.0002
PERIODO	9	2906.236607	322.915179	82.49	<.0001
MCP*PERIODO	7	158.788598	22.684085	5.79	<.0001
T*PERIODO	4	188.810863	47.202716	12.06	<.0001
MCP*T*PERIODO	4	188.516015	47.129004	12.04	<.0001

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: FLAVONÓIDES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	27	2.00955405	0.07442793	25.80	<.0001
Error	56	0.16155139	0.00288485		
Corrected Total	83	2.17110544			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FLAV Mean
0.925590	16.38941	0.053711	0.327716

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	0.01185652	0.01185652	4.11	0.0474
T	1	0.04743057	0.04743057	16.44	0.0002
MCP*T	1	0.00750331	0.00750331	2.60	0.1124
PERIODO	9	1.00203521	0.11133725	38.59	<.0001
MCP*PERIODO	7	0.10075256	0.01439322	4.99	0.0002
T*PERIODO	4	0.80048163	0.20012041	69.37	<.0001
MCP*T*PERIODO	4	0.03838187	0.00959547	3.33	0.0163

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: **ANTOCIANINAS**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	27	0.00875351	0.00032420	5.90	<.0001
Error	56	0.00307494	0.00005491		
Corrected Total	83	0.01182845			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ANT Mean
0.740038	40.58210	0.007410	0.018260

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	0.00000519	0.00000519	0.09	0.7597
T	1	0.00021691	0.00021691	3.95	0.0518
MCP*T	1	0.00000978	0.00000978	0.18	0.6746
PERIODO	9	0.00446204	0.00049578	9.03	<.0001
MCP*PERIODO	7	0.00378542	0.00054077	9.85	<.0001
T*PERIODO	4	0.00010753	0.00002688	0.49	0.7433
MCP*T*PERIODO	4	0.00006688	0.00001672	0.30	0.8738

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: **DPPH**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	27	3539488.440	131092.164	7.79	<.0001
Error	56	942035.132	16822.056		
Corrected Total	83	4481523.572			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DPPH Mean
0.789796	12.46389	129.6999	1040.605

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
MCP	1	77455.252	77455.252	4.60	0.0362

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	1	29398.472	29398.472	1.75	0.1916
MCP*T	1	1886.552	1886.552	0.11	0.7390
PERIODO	9	2086032.074	231781.342	13.78	<.0001
MCP*PERIODO	7	692415.067	98916.438	5.88	<.0001
T*PERIODO	4	296072.858	74018.214	4.40	0.0037
MCP*T*PERIODO	4	283051.810	70762.953	4.21	0.0048

