

**QUALIDADE DE MAMÃO SUBMETIDO AO  
1-MCP EM DIFERENTES TEMPOS DE  
EXPOSIÇÃO**

**SIMONE ABREU ASMAR**

**2008**

**SIMONE ABREU ASMAR**

**QUALIDADE DE MAMÃO SUBMETIDO AO 1-MCP EM DIFERENTES  
TEMPOS DE EXPOSIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profa. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Asmar, Simone Abreu.

Qualidade de mamão submetido ao 1-MCP em diferentes tempos de  
exposição / Simone Abreu Asmar. – Lavras : UFLA, 2008.

72 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Celeste Maria Patto de Abreu.

Bibliografia.

1. Armazenamento. 2. Pós-colheita. 3. Amadurecimento. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.804651

**SIMONE ABREU ASMAR**

**QUALIDADE DE MAMÃO SUBMETIDO AO 1-MCP EM DIFERENTES  
TEMPOS DE EXPOSIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 01 de agosto de 2008

Profa. Dra. Ana Carla Marques Pinheiro

UFLA

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

UFLA

Profa. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu  
UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus e a Nossa Senhora,  
por serem presença constante em minha vida, me dando graças a todo instante.

Aos meus pais, Roberto e Fátima,  
que, mesmo em dificuldades, sempre se esforçaram para que eu tivesse acesso  
aos estudos, e por todo amor e dedicação.

Aos meus irmãos, Adriano e Roberta,  
pela amizade e apoio.

Ao meu sobrinho Mateus,  
pela alegria que me impulsionou a seguir em frente.

A minha tia Ofélia,  
por todo carinho e incentivo sempre.

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Química, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Celeste Maria Patto de Abreu, pela orientação, confiança, amizade e incentivo.

À professora Angelita Duarte Corrêa, pela co-orientação, pelas sugestões, atenção e amizade.

Ao professor Custódio Donizete dos Santos, pela co-orientação e contribuições.

Ao professor Luiz Carlos de Oliveira Lima, pelas sugestões, contribuições e amizade.

À professora Ana Carla Marques Pinheiro, pelos conselhos, ensinamentos, atenção e amizade.

À Maria Aparecida (Xulita), por toda ajuda e auxílio e, principalmente, por todo carinho e amizade.

A Miriam, secretária da pós-graduação, por toda ajuda, eficiência e amizade.

Às amigas de curso, Luciana, Maria Cristina e Rafaella, com as quais tive o prazer de dividir meu tempo e de compartilhar as conquistas e os desafios.

Aos colegas de curso do DQI, pelas trocas de experiências e convívio alegre.

Aos alunos de iniciação científica, Leonardo Silva Patto e Raquel Martino Bemfeito, pelo auxílio nas análises laboratoriais e amizade.

À Tina e à Sandra, do Departamento de Ciência dos Alimentos, pela ajuda nas análises laboratoriais.

Ao meu namorado, Antonio Marcos, que sempre esteve ao meu lado, me dando forças para continuar.

Aos meus amigos Bernardo, Ellen, Fernanda, Máisa, Renata, Simone, Simony e Vivian que, mesmo de longe, sempre me apoiaram.

A todos os meus familiares, por todo apoio e incentivo.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

**Obrigada.**

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS.....	i
RESUMO.....	iv
ABSTRACT .....	v
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1 Aspectos gerais .....	3
2.2 Características da cultivar ‘Sunrise Solo’ .....	4
2.3 Perdas pós-colheita de frutos no Brasil.....	4
2.4 Qualidade de produtos vegetais .....	6
2.5 Aspectos tecnológicos.....	8
2.6 Açúcares, sólidos solúveis e acidez titulável .....	8
2.7 Vitamina C.....	12
2.8 Substâncias pécnicas e firmeza.....	13
2.9 Perda de massa.....	15
2.10 Enzimas que degradam a parede celular .....	17
2.11 Transformações durante o amadurecimento, respiração e etileno .....	18
2.12 Benefícios, utilização e condições de uso do 1-metilciclopropeno .....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1 Procedência e colheita dos frutos.....	24
3.2 Delineamento experimental e estatístico .....	24
3.3 Preparo das amostras, instalação do experimento e tratamentos .....	25
3.4 Análises.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1 Aparência.....	29

4.2 Perda de massa.....	31
4.3 Firmeza .....	33
4.4 Sólidos solúveis .....	36
4.5 Acidez titulável.....	38
4.6 Pectina total, solúvel e porcentagem de solubilização.....	41
4.7 Açúcares totais, redutores e não redutores.....	46
4.8 Vitamina C.....	51
4.9 Pectinamultiesterase e poligalacturonase.....	53
5 CONCLUSÕES .....	57
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
ANEXOS .....	70

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Página</b>
FIGURA 1	Estrutura do 1-metilciclopropeno ( $C_4H_6$ ), antagonista do etileno ( $C_2H_4$ ).....	21
FIGURA 2	Perda de massa (%) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	29
FIGURA 3	Firmeza (N) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	30
FIGURA 4	Teores médios de sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	30
FIGURA 5	Teores médios de acidez titulável (g ácido cítrico / 100 g polpa) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	30
FIGURA 6	Teores médios de pectina total (g ácido galacturônico / 100 g polpa) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	31

FIGURA 7	Teores médios de pectina solúvel (g ácido galacturônico/ 100 g polpa) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	32
FIGURA 8	Solubilização de pectinas (%) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	34
FIGURA 9	Teores médios de açúcares totais (g glicose / 100 g polpa) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	37
FIGURA 10	Teores médios de açúcares redutores (g glicose / 100 g polpa) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	39
FIGURA 11	Teores médios de sacarose (g glicose / 100 g polpa) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	42
FIGURA 12	Teores médios de vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g polpa) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	44

FIGURA 13	Atividade de pectinametilestersase (nmol/min/g tecido) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.....	45
FIGURA 14	Aparência no dia zero de mamões ‘Sunrise Solo’ não tratados e tratados com 1-MCP, em condições ambiente. DQI, UFLA, 2008.....	47
FIGURA 15	Aparência no segundo dia de armazenamento de mamões ‘Sunrise Solo’ não tratados e tratados com 1-MCP, em condições ambiente. DQI, UFLA, 2008.....	49
FIGURA 16	Aparência no quarto dia de armazenamento de mamões ‘Sunrise Solo’ não tratados e tratados com 1-MCP, em condições ambiente. DQI, UFLA, 2008.....	50
FIGURA 17	Aparência no sexto dia de armazenamento de mamões ‘Sunrise Solo’ não tratados e tratados com 1-MCP, em condições ambiente. DQI, UFLA, 2008.....	52
FIGURA 18	Aparência no oitavo dia de armazenamento de mamões ‘Sunrise Solo’ não tratados e tratados com 1-MCP, em condições ambiente. DQI, UFLA, 2008.....	55

## RESUMO

ASMAR, Simone Abreu. **Qualidade de mamão submetido ao 1-MCP em diferentes tempos de exposição.** 2008. 72p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.\*

O mamão é um fruto climatérico cujas transformações resultantes do amadurecimento ocorrem rapidamente após a colheita do fruto fisiologicamente maduro, desencadeadas pela produção do etileno e aumento da taxa respiratória. Isso o caracteriza como um fruto bastante perecível após a colheita. Dada essa alta perecibilidade, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento na vida útil pós-colheita, visando ao mercado interno e à exportação de frutas. O composto 1-metilciclopropeno (1-MCP) vem sendo usado com a finalidade de controlar o amadurecimento de frutos, flores e hortaliças. Neste trabalho foi avaliada a ação do tratamento com 1-MCP, em diferentes tempos de exposição, em mamões armazenados em condições ambiente. Os frutos foram colhidos no estágio 1 de maturação, lavados, sanitizados e selecionados de acordo com ausência de injúrias fisiológicas e mecânicas. Os frutos foram submetidos ao 1-MCP, na concentração de 270 nL/L, por um período de 0, 12, 18 e 24 horas e, em seguida, foram armazenados em condição ambiente ( $T 22 \pm 2^\circ\text{C}/UR 77\% \pm 2\%$ ), por 8 dias. Foram realizadas análises físicas, químicas e bioquímicas no dia 0 e a cada 2 dias, até o final do período de armazenamento. Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram menor perda de massa, maior firmeza, menor solubilização de pectinas, menor atividade de enzima PME e melhor aparência que os frutos controle, demonstrando que o 1-MCP foi eficiente em retardar o amadurecimento no período de armazenamento, levando a um aumento de 4 dias na vida útil dos frutos, com base na análise visual do amadurecimento.

---

\*Comitê Orientador: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA (Orientadora), Dra. Angelita Duarte Corrêa – UFLA, Dr. Custódio Donizete dos Santos – UFLA

## ABSTRACT

ASMAR, Simone Abreu. **Quality of papaya submitted to 1-MCP in different exposition times.** 2008. 72p. Dissertation (Master in Agrochemistry) – Federal University of Lavras, Lavras – MG.\*

The papaya is a climateric fruit the transformations of which resulting from ripening occur rapidly after the collection of the physiologically mature fruit, triggered by ethylene production and increased respiratory rate. That characterizes it as a quite perishable fruit after collection. Given to that high perishability, ripening control is fundamental to the increase of post-harvest useful life, aiming at home market and exportation of fruits. Compound 1-methylcyclopropene (1-MCP) has been being used with the purpose of controlling the ripening of fruits, flowers and vegetables. In this work, the action of the treatment with 1-MCP, in different exposition times in papayas stored under room conditions was evaluated. The fruits were harvested at stage 1 of ripening, washed, sanitized and selected according to absence of physiological and mechanical injuries. The fruits were submitted to 1-MCP, at the concentration of 270 nL/L for a period of 0, 12, 18 and 24 hours and, next, they were stored under room condition ( $T 22\pm 2^{\circ}\text{C}/\text{RH } 77\% \pm 2\%$ ) for 8 days. Physical, chemical and biochemical analyses were performed on day 0 and every two days up to the end of the storage period. The 1-MCP-treated fruits presented less mass loss, greater firmness, less solubilization of pectins, lower activity of PME enzyme, better appearance than the control fruits, showing that 1-MCP was efficient in delaying ripening over the storage period, leading to an increase of 4 days in the useful life of the fruits on the basis of the visual analysis of ripening.

Keywords: storage, post-harvest, ripening.

---

\*Guidance Committee: Dra. Celeste Maria Patto de Abreu – UFLA (Adviser), Dra. Angelita Duarte Corrêa – UFLA, Dr. Custódio Donizete dos Santos – UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

Frutos são componentes essenciais na alimentação humana, devido ao aporte significativo de vitaminas, minerais e carboidratos. Nos últimos anos, tem-se enfatizado a necessidade do consumo de frutas e hortaliças frescas, buscando-se uma dieta saudável.

O Brasil é o maior produtor mundial de mamão, produzindo 1.600.000 de toneladas por ano. No entanto, ocupa o terceiro lugar entre os países exportadores, comercializando 35.000 toneladas desse fruto. O potencial brasileiro para a exportação do mamão pode aumentar significativamente diante do que é produzido no país. Para isso, há de se conhecer melhor a fisiologia pós-colheita do fruto, para controlar seu amadurecimento e, como consequência, reduzir as perdas pelo prolongamento de sua vida útil.

Grande parte dos frutos exportados é da cultivar Sunrise Solo, entretanto, poucos estudos com essa cultivar têm sido realizados até o momento.

O mamão é um fruto climatérico, cujas transformações resultantes do amadurecimento ocorrem rapidamente no fruto fisiologicamente maduro, desencadeadas pela produção do etileno e o aumento da taxa respiratória, o que o torna um fruto bastante perecível em pós-colheita. Dada essa 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.

O etileno está envolvido na aceleração do amadurecimento e senescência de frutos climatéricos. Em determinado estágio de maturação, o etileno liga-se ao seu receptor na célula, um complexo protéico-enzimático, e desencadeia uma série de eventos que culminam com o amadurecimento e senescência dos frutos (Lelièvre et al., 1997). Tem sido verificado que a inibição

da ligação do etileno ao seu receptor pode reduzir a produção e ação do mesmo e, com isso, retardar o amadurecimento e a senescência desses frutos.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um composto volátil que tem demonstrado ser um potente inibidor da ação do etileno, retardando o amadurecimento (Serek et al., 1995). Ele se liga fortemente ao sítio do etileno, evitando a ligação e a ação do mesmo. De acordo com a Portaria nº 354, de 11 de agosto de 2006, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a Anvisa (2006), o 1-MCP foi liberado para ser utilizado no Brasil em diferentes plantas ornamentais e frutos, dentre os quais se inclui o mamão.

Visando aumentar a vida pós-colheita do mamão, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito inibitório do 1-MCP no amadurecimento de mamão, na concentração de 270nL/L, em diferentes tempos de exposição (0, 12, 18 e 24 horas) nas modificações físicas, químicas e bioquímicas, durante o amadurecimento de mamões ‘Sunrise Solo’, armazenados à temperatura ambiente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos gerais

O mamoeiro é uma planta herbácea, tipicamente tropical, cujo centro de origem é, provavelmente, o noroeste da América do Sul, de onde se disseminou para todo o mundo tropical. O mamoeiro cultivado comercialmente (*Carica papaya* L.) pertence à família *Caricaceae*, dividida em quatro gêneros, com trinta espécies (Medina et al., 1989).

O fruto é uma baga, nasce do caule ou de pedúnculo longo (macho), é arredondado, cilíndrico ou periforme e amarelo ou alaranjado, quando maduro. Sua polpa tem consistência suave e sucosa, cor salmão, vermelha e até amarela, com até 1.000 sementes negras que se inserem na cavidade interna do fruto, com polpa de sabor doce, muito agradável e digestiva (Purseglove, 1968).

O estado do Espírito Santo é o maior produtor brasileiro de mamão do grupo Solo havaiano, sendo a região norte do estado a responsável por 98% da área cultivada, com produtividade de 83,68 t/ha/ano (Associação Brasileira dos Exportadores de Papaya - BRAPEX, 2005). Nessa região, a introdução da cultivar Sunrise Solo, a partir de 1976, permitiu que a exploração comercial do mamão se transformasse numa atividade agrícola rentável.

A importância da cultura do mamoeiro se deve, principalmente, ao grande aproveitamento dos frutos. Seu excepcional valor nutritivo deve-se aos teores de cálcio e de vitaminas A e C em sua polpa. O mamão é considerado uma das mais importantes fontes naturais dessas vitaminas, alcançando níveis da ordem de 2.500 UI/100g, para a vitamina A e de 60mg de ácido ascórbico/100g, para a vitamina C (Arriola et al., 1976).

A composição, por 100g de polpa, é: calorias, 32; água, 90g; carboidratos totais, 8,3g; fibra, 0,6g; proteínas, 0,5g; gorduras, 0,1g; cálcio,

20mg; ferro, 0,4mg; fósforo, 13mg; Vit. B<sub>1</sub>, 0,03mg e Vit. B<sub>2</sub>, 0,04g (Secretaria da Agricultura do Estado da Bahia - SEAGRI, 1996).

## **2.2 Características da cultivar ‘Sunrise Solo’**

Procedente da estação Experimental do Havá (EUA), essa cultivar é mais conhecida no Brasil como mamão havaí, papaya ou amazônia. É resultado do cruzamento do mamão ‘Pink Solo’ com a linhagem Katiya Solo de polpa amarela (Hamilton & Ito, 1986). O fruto proveniente de flor feminina é ovalado e o de flor hermafrodita é piriforme, com peso médio de 500g (Dantas & Morales, 1997); possui casca lisa e firme, polpa vermelho-alaranjada de boa qualidade e cavidade interna estrelada. Inicia a floração com três a quatro meses de idade, a 80cm de altura, com início de produção oito a dez meses após o plantio, produzindo, em média, 40 t/ha/ano (Fraife Filho et al., 2001).

## **2.3 Perdas pós-colheita de frutos no Brasil**

A perda de alimentos é um problema antigo para o homem, que precisou desenvolver tecnologias de preservação para aliviar a fome e a má nutrição, principalmente nas áreas com elevado índice de crescimento demográfico. Perda corresponde a qualquer redução na quantidade física do produto alimentício de origem animal ou vegetal disponível para o consumo (Chitarra & Chitarra, 2005).

Após a colheita, frutas e hortaliças mantêm ativos todos seus processos biológicos vitais. Devido a isso e por causa do alto teor de água em sua composição química, elas são altamente perecíveis.

A ocorrência de perdas é um fenômeno universal. Os produtos hortícolas apresentam altas perdas porque são facilmente perecíveis sob temperaturas elevadas, manuseio excessivo e submetidas ao transporte por grandes distâncias (Souza et al., 1999).

As perdas pós-colheita de todos os tipos de alimentos são, geralmente, maiores nos países em desenvolvimento ou emergentes, como o Brasil, onde os índices estimados podem atingir cifras da ordem de 30% ou mais da produção. As principais causas são a deficiência de recursos humanos bem qualificados; o uso de tecnologias inadequadas do plantio ao armazenamento, o descuido no manuseio dos produtos, o ataque de pragas e doenças e a deficiência da infraestrutura para o atendimento das necessidades do setor agrícola (Chitarra & Chitarra, 2005).

Um dos agravantes das perdas de frutas e hortaliças é a sua manipulação indevida na fase de comercialização a granel, quando o consumidor seleciona os itens por manuseio, apalpando-os, jogando-os uns sobre os outros ou, ainda, causando dano físico, como quebra do ápice, no caso de quiabo ou testando a firmeza pela resistência à penetração com as unhas. Há, portanto, redução na qualidade do produto oferecido, sendo os danos acumulativos ao longo do dia ou do período de oferta do produto em feiras livres, sacolões, supermercados, etc. (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os mamões possuem vida útil relativamente curta, que pode variar de alguns dias a, no máximo, três ou quatro semanas, dependendo das condições de armazenamento. A principal causa de sua perda é endógena, embora os fatores externos também tenham importância, destacando-se o nível de contaminação por fungos, as condições de armazenamento e os cuidados durante o manuseio e o transporte. Logo, se conclui que a perda pode ocorrer em qualquer parte da cadeia de comercialização, desde a colheita até o consumo (Mosca, 1992).

No Brasil, a falta de tratamentos e materiais adequados à proteção do mamão, associada às distâncias que devem ser transportados aos centros consumidores com qualidade adequada, tem despertado a atenção dos pesquisadores para a necessidade de novos tratamentos que possam colaborar

com a resolução dos problemas causados pela situação atual, que é responsável pelas grandes perdas na pós-colheita (Mosca, 1992).

É importante, neste caso, que, não só para o mamão, mas para todos os produtos perecíveis, sejam reduzidas as perdas pós-colheita, partindo do conhecimento das suas causas.

#### **2.4 Qualidade de produtos vegetais**

O principal objetivo durante a produção, o manuseio e a comercialização de frutas e hortaliças frescas é a satisfação do consumidor. Sabe-se que a satisfação do consumidor está intimamente relacionada com a qualidade do produto (Shewfelt, 1999).

A qualidade dos frutos corresponde ao conjunto de atributos ou propriedades que os tornam apreciáveis como alimento e, conseqüentemente, estes atributos revelam-se indispensáveis na determinação da aceitabilidade do fruto pelo consumidor, o qual desempenha papel importante e decisivo no processo de comercialização. Para o consumidor, os atributos de qualidade encontram-se fortemente relacionados aos atributos sensoriais e, entre os principais, destacam-se a aparência, a textura, o valor nutricional, o sabor e o aroma. A avaliação conjunta dessas propriedades permite o conhecimento do valor real do fruto, bem como de sua capacidade de conservação ou deteriorações (Darezzo, 1998).

Embora todos os aspectos sensoriais sejam relevantes, do ponto de vista da qualidade, normalmente, a aparência é o primeiro aspecto avaliado pelo consumidor no momento da aquisição de um alimento. A aparência é um atributo sensorial que sensibiliza a visão do consumidor. O tamanho, a forma, a coloração, o brilho e a presença de defeitos constituem as características básicas, na avaliação da aparência de um alimento. Um produto reprovado pela avaliação

visual do consumidor, geralmente, não passa por qualquer outro tipo de avaliação sendo, de imediato, rejeitado (Vilas Boas, 2002).

A qualidade e o potencial de armazenamento dos frutos, geralmente, são influenciados pelo estágio de maturação no qual eles são colhidos. Se a colheita for realizada precocemente, pode ocorrer não só a perda de peso, pois os frutos ainda não se desenvolveram completamente, como também um amadurecimento anormal. Os frutos excessivamente verdes apresentam um amaciamento muito lento e nunca alcançam a firmeza de um fruto plenamente maduro. Além disso, um fruto imaturo não desenvolve bom sabor, desidrata mais facilmente, possui alto conteúdo de ácidos e baixo conteúdo de açúcares e, algumas vezes, é mais sensível aos distúrbios fisiológicos, como o escurecimento interno. Ao contrário, uma fruta madura tem pouca vida útil, uma vez que, geralmente, é excessivamente macia e mais sensível aos danos mecânicos e ao ataque por patógenos. O grau de maturação ideal varia com a cultivar e com o destino que será dado ao fruto. Assim, frutos destinados a mercados próximos e ao consumo imediato podem ser colhidos em estágio de maturação mais avançado, enquanto aqueles destinados a mercados distantes, como também ao armazenamento, devem ser colhidos em estágio de maturação “de vez” (Kluge et al., 2002).

O sabor ou *flavor* é tido como a união das sensações de gosto (doce, ácido, salgado e amargo) com sensações olfatórias (aromas), além das sensações táteis percebidas na boca (quente, frio, adstringente, etc.). Nos vegetais, o gosto doce advém dos carboidratos (glicose, frutose, sacarose), o gosto ácido é devido aos ácidos orgânicos (ácido málico, cítrico, tartárico, etc.), o salgado devido à presença de sais minerais e amargo pela presença de alguns compostos, como, por exemplo, o tanino que confere também a sensação de adstringência. O aroma é ditado por milhares de compostos voláteis que conferem o aroma característico de cada vegetal (Pinheiro, 2007).

A compreensão dos processos físicos, químicos e bioquímicos

relacionados aos distintos atributos é essencial para otimizar a produção e evitar perdas na qualidade (Fernandez, 2000).

### **2.5 Aspectos tecnológicos**

O mamão é uma das culturas mais importantes nos trópicos, pela facilidade e rapidez de crescimento, assim como pelas variedades de uso. O ponto de colheita do mamão, geralmente, é determinado pelo período após a antese e pela aparência, tendo grande influência o tipo de mercado a que o fruto se destina.

O mamão para colheita deve ter atingido o seu pleno desenvolvimento fisiológico, tendo passado da cor verde-escura para a verde-clara e apresentar de uma a duas estrias amareladas, época na qual amadurecem uniformemente e com melhor qualidade. No caso da cultivar Solo (para exportação), o teor de sólidos solúveis não deve ser inferior a 11,5%, quando os frutos apresentam 6% de superfície amarela (Chitarra & Chitarra, 2005). As perdas pós-colheita de mamões produzem grandes prejuízos econômicos e inúmeros tratamentos pós-colheita têm sido pesquisados no intuito de minimizá-los. Dentre esses tratamentos pode-se citar o uso de refrigeração, da atmosfera modificada, do pré-resfriamento, de irradiação, de fitorreguladores, de inibidores de etileno, etc.

É importante salientar que tais tratamentos visam prolongar a vida pós-colheita dos mamões, permitindo sua comercialização e transporte sem deteriorarem, aumentando, assim, o potencial de mercado da cultura e permitindo que os frutos alcancem mercados presentes e futuros em melhores condições (Bicalho, 1998).

### **2.6 Açúcares, sólidos solúveis e acidez titulável**

Um importante atributo associado à qualidade dos frutos é o teor de açúcares. O conteúdo e a composição de açúcares têm papel fundamental no

sabor, sendo também indicadores do estágio de amadurecimento. Essa composição pode variar entre cultivares e na mesma cultivar, dependendo das condições climáticas, da fertilidade do solo, da época do ano, do estágio de maturação e da porção do fruto de onde é retirada a amostra (Arriola et al., 1980). Os açúcares desempenham importante papel na maturação característica do mamão e também na avaliação comercial da qualidade do fruto fresco e de seus produtos processados. O mamão próprio para o consumo deve ter, aproximadamente, 8,4% de açúcar total (Chitarra & Chitarra, 2005).

O aumento no conteúdo de açúcares é uma das mais importantes transformações bioquímicas que ocorrem no mamão durante a fase de maturação. No desenvolvimento dos frutos, a concentração de açúcar total aumenta ligeiramente e acentua-se rapidamente com o início do amadurecimento, passando de 7%, no início do amadurecimento até aproximadamente 11%, no final do mesmo (Chan Junior et al., 1979).

De acordo com os mesmos autores, devido ao fato de o mamão não ter reserva de amido para a produção de açúcares solúveis após a colheita, permanecendo no mamoeiro, o fruto acumulará mais açúcar e desenvolverá maior qualidade.

Aziz et al. (1976), estudando o amadurecimento de mamões, demonstraram que o conteúdo de açúcar foi caracterizado por um baixo valor no estágio inicial de crescimento dos frutos, seguido por um aumento gradual até alcançar o seu máximo na época da colheita. Estes mesmos autores, pesquisando o mamão durante as mudanças sazonais, observaram que a polpa dos frutos continha 8% de açúcares redutores. Eles demonstraram também que existe um aumento gradual na porcentagem de sólidos solúveis do início do desenvolvimento até a colheita.

Os sólidos solúveis representam os compostos solúveis em água presentes no fruto, como açúcares, vitaminas, ácidos orgânicos, aminoácidos e

algumas pectinas. O teor de sólidos solúveis é dependente do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e aumenta durante o amadurecimento, pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos (Chitarra & Chitarra, 2005). Segundo os mesmos autores, o teor de açúcares nos frutos, normalmente, constitui de 65% a 85% do teor de sólidos solúveis.

O teor de sólidos solúveis proporciona a doçura do fruto durante a maturação (Nunes, 2001) e é um importante atributo na determinação do sabor (Kawamata, 1997). Os sólidos solúveis são comumente expressos em °Brix e têm a tendência de aumento com o avanço da maturação, podendo ser medidos no produto ainda no campo ou na indústria, com auxílio de refratômetro. O mamão maduro apresenta teores mínimos de sólidos solúveis de, aproximadamente, 11,5°Brix (Chitarra & Chitarra, 2005).

O mamão acumula muito pouco amido; até 60 dias após a antese, a quantidade é de, aproximadamente, 0,5%. Essa quantidade diminui com o desenvolvimento do fruto e se estabiliza em torno de 0,1%, após 75 dias de antese (Selvaraj, Subramanyan & Iyer, 1982). Portanto, o mamão não apresenta quantidade significativa de amido para ser hidrolisado durante o amadurecimento, o que resulta em pouca variação nos teores de sólidos solúveis, durante a pós-colheita de frutos.

No mamão, o teor de sacarose, que é baixo antes do início do amadurecimento (15% do açúcar total), aumenta rapidamente após 110 dias de antese, atingindo, aproximadamente, 80% do teor de açúcar total, em contraste com o teor de glicose, que tende a declinar de 65% para, aproximadamente, 20%, neste mesmo período. A partir daí o processo se altera, há aumento nos teores de glicose e frutose devido a hidrólise da sacarose (Chan Junior et al., 1979).

A acidez de um fruto é dada pela presença dos ácidos orgânicos. Os mesmos servem de substrato para a respiração, sendo fundamentais na síntese de

compostos fenólicos, lipídeos e aromas voláteis Os ácidos são encontrados nos vacúolos das células na forma livre e ou combinados com sais, ésteres e glicosídeos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Segundo Kramer (1973), os dois métodos mais comumente usados para medir a acidez dos frutos são o potencial hidrogeniônico (pH) e a acidez total (AT). O pH determina a concentração hidrogeniônica da solução e a acidez total representa todos os grupamentos ácidos encontrados (compostos fenólicos, ácidos orgânicos livres e na forma de sais).

O teor de ácidos orgânicos nos frutos tende a diminuir durante o processo de maturação, devido à oxidação dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, em decorrência da respiração (Brody, 1996). Dessa forma, a variação da acidez pode ser um indicativo do estágio de maturação do fruto, já que a acidez decresce em função do avanço da maturação, para a maioria dos frutos. Porém, é importante ressaltar que, para uma mesma cultivar, a acidez é influenciada por vários fatores, entre eles, nutrição mineral, condições climáticas, estágio de maturação e localização do fruto na planta, sendo também variável de ano para ano (Girardi & Rombaldi, 2003).

Em pesquisa com mamão cv. Thailand, durante o crescimento e o desenvolvimento, Selvaraj & Pal (1982) concluíram que, comparada a outras polpas de frutos, a acidez titulável (AT), como medida de todos os grupos acídicos neutralizados, foi consideravelmente baixa no mamão durante a ontogenia. A acidez decresceu gradualmente até o 130<sup>o</sup> dia do crescimento do fruto e, então, permaneceu no mesmo nível. Este baixo conteúdo de acidez e tanino talvez explique o agradável sabor doce do mamão.

Segundo Aziz et al. (1976), o mamão contém 0,6% de acidez, quando realizada por titulação com NaOH.

Wills & Widjanarko (1995) relatam que os principais ácidos orgânicos que surgem durante a maturação do mamão são o cítrico e o málico, embora

também haja os ácidos galacturônico, tartárico, alfa-cetoglutárico e ascórbico.

## **2.7 Vitamina C**

O ácido ascórbico não é sintetizado pelo organismo humano, o que o torna indispensável à sua ingestão mediante a dieta. Os alimentos de origem vegetal podem suprir a maior parte das vitaminas necessárias ao organismo, mas a sua importância advém, principalmente, do suprimento da vitamina C. Por serem consumidas preferencialmente *in natura*, as frutas são melhores fontes que as hortaliças, as quais, em grande parte, são submetidas à cocção (Chitarra & Chitarra, 2005).

A vitamina C é um excelente antioxidante e atua nas reações redox como transportador de elétrons para a cadeia respiratória, bem como regenerando diferentes substratos de sua forma oxidada para a forma reduzida. Os frutos mais verdes são os mais ácidos e possuem um maior teor de vitamina C, enquanto os frutos mais maduros apresentam os maiores teores de açúcares e menores teores dessa vitamina. A principal forma biologicamente ativa da vitamina C é o ácido ascórbico, mas o produto de sua oxidação, o ácido deidroascórbico, também é ativo (Chitarra & Chitarra, 2005).

O solo, o clima, as condições pluviométricas, o grau de maturação e a temperatura de armazenamento influem na composição vitamínica do alimento. O ácido ascórbico é muito instável. Pesquisadores têm examinado perdas de vitamina C e sugerido que ela é uma boa indicadora do valor nutricional de frutas e hortaliças. A estabilidade das vitaminas em alimentos é afetada por vários fatores, incluindo temperatura, luz, oxigênio e pH (Carvalho, 2000).

Sabe-se que 100g de polpa de mamão fornecem 84 mg de vitamina C, o que representa 40% acima das necessidades diárias recomendada pela US Recommended Daily Allowance. Grande proporção da produção de fruto tropical é consumida localmente e torna-se uma contribuição substancial de

ingestão de ácido ascórbico para a população no Brasil. Medidas pós-colheita apropriadas podem ser tomadas para otimizar a disponibilidade dessa fonte natural e abundante (Islam et al., 1993). Os teores de ácido ascórbico para mamão, segundo estes autores, estão entre 88,1 a 117,8 mg/100g de polpa. Pal et al. (1980), trabalhando com diferentes cultivares de mamão, encontraram até 117,1 mg/100g de polpa.

## **2.8 Substâncias pécticas e firmeza**

As células dos tecidos vegetais são circundadas por paredes celulares, as quais são fisicamente rígidas, fornecendo suporte mecânico aos diferentes tecidos. Nas plantas superiores, a parede celular é composta por três camadas denominadas lamela média, parede primária e parede secundária. A composição química e a estrutura física da parede celular variam entre espécies e cultivares (Chitarra & Chitarra, 2005). Os componentes mais importantes da parede celular são os polissacarídeos celulose, hemicelulose e as substâncias pécticas, embora proteínas, lignina e água, assim como compostos inorgânicos, podem também estar presentes (Goodwin & Mercer, 1982).

As substâncias pécticas presentes na lamela média atuam como material cimentante e encontram-se, principalmente, depositadas na parede celular, sendo responsáveis pelas mudanças na firmeza dos frutos. Estas derivam do ácido galacturônico e ocorrem na forma de pectinas e ácidos pectínicos. Em frutos, a textura firme confere maior resistência ao transporte e ao armazenamento, o que reflete em maior durabilidade na fase pós-colheita e menores perdas. Apesar de ser um parâmetro físico, está relacionado com a solubilização de substâncias pécticas. Frutos com elevada porcentagem de pectina solúvel são, geralmente, de textura fraca, amolecidos e pouco resistentes (Chitarra & Chitarra, 2005).

De acordo com Cheftel & Cheftel (1992), o correto seria denominar pectina somente as cadeias poligalacturônicas 100% metiladas e como ácidos

pectínicos, as cadeias poligalacturônicas com grau de metilação inferior a 100%.

O amolecimento dos frutos pode ser resultante de três processos: da perda excessiva de água dos tecidos, com diminuição da pressão de turgescência (“turgor”), que ocorre em situações de armazenamento em baixa umidade relativa do ar; da hidrólise do amido ou em decorrência de modificações observadas na lamela média da parede celular, principalmente devido à atividade enzimática (Kluge et al., 2002).

A firmeza da polpa de um fruto, a aparência e o sabor são os três elementos que indicam a aceitabilidade de determinado produto, por parte dos consumidores. A textura é um importante fator de qualidade no momento do consumo, como também para quantificar sua capacidade de manipulação e conservação (Fernandez, 2000).

A firmeza dos frutos é influenciada por vários fatores, entre eles o estágio de maturação, as condições climáticas durante o período de colheita e a variabilidade genética (Paiva et al., 1995).

A perda de firmeza, aliada à mudança da cor da casca, é a transformação mais característica que ocorre durante o amadurecimento de mamões. A perda da consistência do fruto é resultado de vários processos, mas ocorre, predominantemente, devido à decomposição enzimática da lamela média e da parede celular. O amolecimento da polpa do mamão é atribuído à atividade das pectinases, em especial à poligalacturonase (PG) (EC 3.2.1.15) e pectinametilesterase (PME) (EC 3.1.1.11). Outra enzima que tem sido associada ao amaciamento da polpa do mamão é a  $\beta$ -galactosidase (EC 3.2.1.23) que, provavelmente, completa a ação da PG (Lazan et al., 1989).

O mamão é um fruto climatérico e, durante seu amadurecimento, ocorrem mudanças significantes na textura, o que o torna mais suscetível a danos físicos durante o manuseio pós-colheita. Dentre essas mudanças, destaca-se o amaciamento que ocorre devido às alterações nas propriedades estruturais e

interativas da composição de polímeros da parede celular. Todas as classes de polissacarídeos, incluindo as pectinas, as hemiceluloses e a celulose, são alteradas e ou ativamente metabolizadas durante o amaciamento do fruto (Gross et al., 1986; O'Donoughe et al., 1994).

Bron (2006), estudando a perda de firmeza em mamões 'Golden' colhidos em diferentes estádios de maturação (0, 1, 2 e 3) e mantidos em condições ambiente (23°C e 80-90% UR), verificou que frutos colhidos em estádios de maturação mais avançados (2 e 3) apresentaram firmeza da polpa menor quando comparados aos colhidos mais verdes. Independente do estágio de maturação, as maiores perdas na firmeza ocorrem nos primeiros dias após a colheita. O mesmo foi observado para outras variedades de mamão, nas quais os maiores decréscimos na firmeza do fruto ocorreram enquanto os frutos ainda estavam predominantemente verdes (Wills & Widjanarko 1995).

Bron (2006), ainda estudando a perda de firmeza em mamões 'Golden', agora tratados com 1-metilciclopropeno (1-MCP), na concentração de 100 nL/L e armazenados em condições ambiente (23°C e 80-90% UR), constatou que frutos que permaneceram a 23°C sem o tratamento com 1-MCP apresentaram decréscimo acentuado na firmeza da polpa. Observou, ainda, que as maiores perdas na firmeza ocorreram nos primeiros dias de amadurecimento. Já os frutos que receberam aplicação de 1-MCP mantiveram firmeza alta até o final do armazenamento. A retenção da firmeza em frutos tratados com 1-MCP tem sido verificada em várias espécies, como abacate (Feng et al., 2000), damasco (Fan et al., 2000), maçãs (Fan et al., 1999) e bananas (Golding et al., 1998).

## **2.9 Perda de massa**

A perda de massa é um dos principais fatores na vida de armazenamento de muitos produtos hortícolas. Varia em função do tempo e das condições de armazenamento e da transpiração. Do ponto de vista econômico, é muito

importante na hora da comercialização por estar diretamente relacionada ao murchamento. Essa perda tem efeitos marcantes sobre a fisiologia dos tecidos vegetais e, em alguns casos, antecipa a maturação e a senescência de frutos tropicais (Yang & Hoffmann, 1984).

O principal fator responsável pela perda de massa fresca dos frutos é a transpiração, que está diretamente associada com a respiração. A perda de água dos alimentos pode ser tão intensa que prejudica a aparência e a aceitabilidade do produto, pois leva ao enrugamento, ao amolecimento e à perda de brilho, tornando os frutos mais suscetíveis às deteriorações (Chitarra & Chitarra, 2005). Segundo estes autores, uma perda de água de apenas 3% a 6% implica não só em redução de massa, mas também em murchamento e em perda da consistência, fatores que afetam a aparência e firmeza dos frutos.

Para reduzir esta perda durante o armazenamento, têm-se utilizado baixas temperaturas e alta umidade relativa. De acordo com Kluge et al. (2002), as frutas perdem mais matéria fresca quando retiradas do armazenamento refrigerado, pois, em condições ideais de armazenamento, a umidade do ar fica muito próxima à umidade interna da fruta, enquanto que, em temperatura ambiente, a umidade do ar é menor que a da fruta, aumentando o déficit de pressão de vapor e favorecendo a perda de água na forma de vapor para o ambiente.

A determinação da umidade nos alimentos é de grande importância, pois a água exerce grande influência em várias características, tais como aparência, sabor, textura e suscetibilidade à deterioração. Além disso, ela solubiliza compostos importantes, como vitaminas, minerais, açúcares e ácidos, e permite o desenvolvimento de microrganismos que podem comprometer a segurança do alimento (Bobbio & Bobbio, 1995).

## **2.10 Enzimas que degradam a parede celular**

Grandes mudanças na estrutura péctica acompanham o amadurecimento de muitos frutos. Essas mudanças na estrutura têm sido atribuídas à ação de poligalacturonases (PG) (EC 3.2.1.15) e de pectinametilesterases (PME) (3.1.1.11) (Seymour et al., 1993).

O aumento no teor de pectina solúvel e a perda de açúcares neutros têm sido relatados durante o amadurecimento de muitas espécies de frutos. Estas mudanças são resultantes, provavelmente, da ação de proteínas com função enzimática associadas à parede, tais como celulase, pectinase, pectinametilesterase, poligalacturonase e algumas exoglicosidases, tais como  $\beta$ -glicosidase,  $\beta$ -xilosidase e  $\beta$ -galactosidase, entre outras, sobre as pectinas e outros carboidratos (Barret & Gonzalez, 1994).

Pesquisas têm mostrado que nenhuma das enzimas estudadas até o momento atua sozinha no processo de amaciamento dos frutos. O amaciamento é consequência de uma série de respostas fisiológicas que ainda não são completamente entendidas (Huber et al., 2001).

A pectinametilesterase (PME) está presente no final do desenvolvimento de frutos. Esta enzima catalisa a desmetilação dos ésteres metílicos dos ácidos poligalacturônicos e se encontra largamente distribuída em raízes, caules, folhas e frutos da maioria das plantas (Brady, 1993; Pimenta et al., 2000).

A poligalacturonase (PG), presente durante o amadurecimento de frutos, catalisa a hidrólise das ligações  $\alpha$  - 1,4 entre os resíduos de ácido galacturônico no interior da cadeia de pectina (Chitarra & Chitarra, 2005).

No entanto, existem outras enzimas pécticas que também têm sido estudadas e relacionadas ao amaciamento dos frutos. A perda de certos açúcares neutros, especialmente galactose, foi observada durante o amadurecimento de frutos, tais como maçãs, morangos e tomates (Pressey, 1973). Uma enzima capaz de catalisar este declínio é a  $\beta$ -galactosidase (Carrington & Pressey,

1996). Essa enzima pode contribuir significativamente para o amaciamento do fruto e modificações na parede celular. A  $\beta$ -galactosidase ocorre em um número de isoformas, as quais podem ser distribuídas de modo diferenciado no tecido.

Toda forma de degradação envolve quebra enzimática dos polímeros da parede celular. Cada enzima envolvida vai promover a quebra de uma ligação ou tipo de ligação em particular e, geralmente, são necessárias várias enzimas, de modo a ser atingida a quebra de uma determinada ligação nos polímeros (Huber et al., 2001).

### **2.11 Transformações durante o amadurecimento, respiração e etileno**

O amadurecimento é a fase mais estudada na pós-colheita de frutos, justamente por ser nessa fase que mudanças na composição dos frutos ocorrem com mais intensidade. De acordo com Watada et al. (1984), o amadurecimento é a fase que ocorre no final do desenvolvimento e no início da senescência, composta por inúmeros processos que determinam as características de qualidade, evidenciadas por mudanças na composição, coloração, textura e outros atributos sensoriais. Se, por um lado, o amadurecimento é responsável por tornar o fruto comestível e com características apreciadas pelo consumidor, por outro, leva à redução na conservação do fruto, o que conduz a perdas pós-colheita. Entender como os processos dessa fase acontecem, como são regulados e influenciados, significa a possibilidade de manipulá-los contribuindo para a obtenção de frutos com qualidade e com o mínimo de perdas na pós-colheita.

O amadurecimento do mamão é caracterizado por mudanças em seus constituintes, tais como a degradação da pectina levando à perda de firmeza (Lazan et al., 1989), ao aumento no teor de ácidos orgânicos e de vitamina C (Draetta et al., 1975), à degradação da clorofila e à síntese de carotenóides na casca (Birth et al., 1984). Dois processos metabólicos são fundamentais para que essas mudanças ocorram: a respiração celular e a produção de etileno.

A respiração é o principal processo fisiológico que continua ocorrendo após a colheita. Nesta etapa, a respiração se realiza graças às reservas acumuladas pela fruta, uma vez que ela não depende mais da absorção de água e de nutrientes pelas raízes e da atividade fotossintética das folhas da planta que a produziu. Após a colheita, os frutos têm vida independente e utilizam suas próprias reservas de substratos. Todavia, as atividades não são únicas e exclusivamente catabólicas, uma vez que alguns órgãos vegetais utilizam a energia liberada pela respiração para continuar a síntese de pigmentos, de enzimas e de outras substâncias (Chitarra & Chitarra, 2005).

Com relação ao padrão respiratório e de produção de etileno durante a maturação dos frutos, Awad (1993) classificou os frutos em climatéricos e não-climatéricos. Os frutos climatéricos caracterizam-se por apresentar rápido aumento da respiração, atingindo o pico respiratório e taxas elevadas de produção de etileno durante a maturação, enquanto nos frutos não-climatéricos a maturação é relativamente mais lenta, sendo acompanhada de variação pouco significativa da respiração e produção de etileno. Apesar de os frutos serem classificados nessas duas tradicionais classes, a fisiologia do amadurecimento é um processo bastante complexo e, por esse motivo, a classificação dos frutos em determinada categoria pode ser considerada uma visão bastante simplificada de todo o processo.

O etileno é um hormônio vegetal de estrutura simples que está envolvido em inúmeros processos, desde a germinação de sementes até o amadurecimento e a senescência de frutos. É um hidrocarboneto gasoso que pode difundir-se dentro e fora dos tecidos vegetais, podendo afetar o fator qualidade de produtos hortícolas, como cor, textura, sabor e aroma. As taxas de produção de etileno pelos tecidos são, geralmente, baixas. A concentração necessária para induzir o amadurecimento na fase pré-climatérica é dependente da espécie e do estágio de maturação dos frutos (Lelièvre et al., 1997). É biologicamente ativo em baixas

concentrações e seus efeitos são comercialmente importantes na agricultura (Abeles et al., 1992).

A presença do etileno é indesejável durante o transporte e o armazenamento de frutos, enquanto o seu uso é sugerido em centrais de distribuição para o varejo, com o objetivo de uniformizar o amadurecimento, por meio da climatização de frutos. Logo, o etileno é considerado um dos grandes vilões da pós-colheita, embora possa ser utilizado como forte aliado (Watkins, 2002).

O aumento na produção de etileno está associado não só ao desenvolvimento das características de qualidade de frutos climatéricos, mas também à diminuição do seu potencial de armazenamento (Watkins, 2002).

O controle da ação e da biossíntese de etileno é feito de várias formas, sendo uma prática comum na pós-colheita, que tem como objetivo o prolongamento da vida útil do vegetal (Azzolini, 2002).

O uso de inibidores da ação é mais eficiente que o de inibidores da síntese, pois eles protegem os tecidos contra o etileno endógeno e exógeno, apresentando melhor resultado.

### **2.12 Benefícios, utilização e condições de uso do 1-metilciclopropeno**

O controle do amadurecimento de frutas é importante para assegurar uma boa qualidade para o consumidor. O amadurecimento durante o armazenamento, o transporte e a distribuição é inevitável, podendo resultar em danos antes do consumo. O etileno desencadeia o amadurecimento e a senescência em frutas climatéricas e em frutas não-climatéricas, hortaliças e ornamentais (Hofman et al., 2001).

Agentes efetivos para bloquear os receptores de etileno têm sido descobertos, promovendo, por meio do bloqueio na ação do etileno, um novo modo de controlar o amadurecimento, a senescência e outras respostas ao

etileno. Uma nova ferramenta, o 1-metilciclopropeno (1-MCP), tem sido uma das alternativas utilizadas na extensão da vida pós-colheita e na manutenção da qualidade de produtos vegetais (Blankenship & Dole, 2003).

O 1-MCP (Figura 1) é um composto volátil recentemente descoberto e que tem demonstrado ser um eficiente inibidor da ação do etileno (Serek et al., 1995). Embora seja um gás, ele tem sido formulado como pó, o qual libera o ingrediente ativo quando misturado a uma solução básica ou água. O 1-MCP liga-se fortemente ao sítio de ligação do etileno na membrana celular, inibindo, assim, o seu estímulo fisiológico, influenciando no processo de amadurecimento dos frutos (Sisler & Serek, 1997).

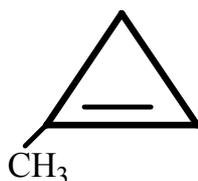


FIGURA 1. Estrutura do 1-metilciclopropeno ( $C_4H_6$ ), antagonista do etileno ( $C_2H_4$ ).

Sisler et al. (2001) relatam que a forma mais estável desse composto é a gasosa. Por isso, deve ser sempre aplicado nessa forma, em doses extremamente baixas (ppm =  $\mu\text{L/L}$  ou ppb =  $\text{nL/L}$ ), com rápida difusão pelos tecidos, o que implica em menores tempos de aplicação na pós-colheita, já tendo sido registrado em muitos países, como Brasil, Argentina, Colômbia, Equador, Estados Unidos. É comercializado com o nome de Ethylbloc e sua aplicação comercial em culturas comestíveis foi formulada pela AgroFresh, com o nome comercial de SmartFresh.

O tempo de exposição ao 1-MCP, recomendado para a maioria dos frutos, é de 12 a 24 horas, para que se obtenha boa eficiência do produto. Ele tem sido utilizado com sucesso na conservação de flores, frutos e hortaliças. Tem sido verificado um aumento na vida útil desses produtos de forma bastante efetiva, mantendo boa qualidade (Basseto, 2002).

Acredita-se que o 1-MCP liga-se permanentemente aos sítios receptores de etileno presente nas células vegetais no momento da aplicação do produto e que o retorno da sensibilidade desses vegetais ao etileno seja devido à síntese de novos sítios receptores (Blankenship & Dole, 2003).

Lelièvre et al. (1997) comentam que o amolecimento dos frutos é um dos processos do amadurecimento mais sensíveis ao etileno. A maior firmeza dos frutos tratados com as maiores concentrações de 1-MCP está, provavelmente, associada à redução da atividade das enzimas pectinolíticas, induzida pela menor ação do etileno. O fato de o 1-MCP ser um gás, além de não ser tóxico, não ter odor desagradável e poder ser utilizado em baixas concentrações, o credencia para o uso comercial.

Jacomino et al. (2002) estudaram o amadurecimento e a senescência de mamão 'Sunrise Solo' no estágio verde e maduro, tratados com 1-MCP e mantidos à temperatura ambiente, durante 8 dias. Estes autores observaram que os frutos tratados com 1-MCP, pelo período de 12 horas, na concentração de 90 e 270nL/L, apresentaram maior firmeza, redução da taxa respiratória e menor produção de etileno. O 1-MCP aumentou a vida útil dos frutos do estágio verde de 4 para 6 dias e de frutos maduros de 2 para 4 dias.

Bron (2006), estudando mamões 'Golden' tratados com 100nL/L por um período de 12 horas e armazenados em condições ambiente (23°C e 80-90% UR), constatou redução na atividade respiratória, na produção de etileno, no desenvolvimento da cor da casca, na atividade da PME, e que a firmeza manteve-se alta.

O 1-MCP foi aprovado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency, EPA 2002), em 1999, para uso em ornamentais e foi comercializado com o nome EthyBloc®, pela Floralife, Inc (Walterboro, SC). A AgroFresh, Inc., uma subsidiária da Rohm and Haas (Springhouse, PA), subseqüentemente, desenvolveu o 1-MCP para comercialização com nome de SmartFresh™, para uso específico em produtos vegetais comestíveis. O 1-MCP tem modo de ação não tóxico, não residual e é ativo em baixas concentrações (EPA 2002) e, a partir de 2005, o registro para utilização em frutas e hortaliças deste químico tem sido obtido em vários países.

De acordo com a Portaria nº 354, de 11 de agosto de 2006, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a Anvisa (2006), o 1-MCP foi liberado para utilização no Brasil em diferentes plantas ornamentais e frutos, dentre os quais o mamão.

Considerando-se a dificuldade de se manipular gases, o 1-MCP é encontrado numa formulação sólida. A formulação deve entrar em contato com a água, em ambiente fechado, para que haja a liberação do 1-MCP. O tempo de liberação gira em torno de uma hora, dependendo da temperatura e de outras condições. O 1-MCP deve ser aplicado em contêineres ou câmaras hermeticamente fechadas contendo os frutos. A ação do 1-MCP depende da concentração aplicada, do tempo e da temperatura de exposição, da espécie, da cultivar e do grau de maturidade do fruto (Watkins, 2002).

Concentrações ativas de 1-MCP variam amplamente com o produto; similarmente, elas variam com o tempo, a temperatura e o método de aplicação. Em muitos estudos, o 1-MCP tem sido aplicado à temperatura na faixa de 20° a 25°C e com tempo de aplicação variando de 6 a 24 horas (Pinheiro, 2007).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Procedência e colheita dos frutos

Os frutos do mamoeiro (*Carica papaya* L.) do grupo Solo, cultivar Sunrise Solo, produzidos no município de Linhares, ES, foram colhidos em setembro de 2007, no estágio 1 de maturação (a cor amarela não cobre mais de 15% da superfície da casca). As práticas de propagação, preparo do solo, adubação, irrigação, tratos culturais e controle fitossanitário foram conduzidas conforme padrão comercial para a cultura naquela região.

Os frutos foram transportados para o CEASA em Belo Horizonte e, posteriormente, 250 foram trazidos para o Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras.

### 3.2 Delineamento experimental e estatístico

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial  $(4 \times 5) \times 3$ , sendo 4 tratamentos (controle, exposição ao 1-metilciclopropeno, ou 1-MCP, por 12 horas, por 18 horas e por 24 horas), 5 tempos de análise, correspondentes aos dias 0, 2, 4, 6 e 8, com 3 repetições, em que cada parcela era composta por 3 frutos. Para a análise perda de massa, o esquema fatorial foi de  $(4 \times 4) \times 3$ . Os resultados foram submetidos à análise de variância, por meio do programa Sisvar. Para a descrição das variáveis em função dos períodos de armazenamento, foram feitas análises de regressão e os modelos polinomiais foram selecionados observando-se a significância do teste F, para cada modelo e seus respectivos coeficientes de determinação.

### **3.3 Preparo das amostras, instalação do experimento e tratamentos**

Dos 250 frutos colhidos, foram selecionados 180 em função do tamanho, cor, ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas. Logo depois, foram imersos em uma solução de hipoclorito de sódio a 2,5%, por 1 minuto, para desinfecção. Em seguida, foram colocados sobre papel toalha, para secar, à temperatura ambiente. Após essa etapa, foram separados, ao acaso, em 4 lotes de 45 frutos cada, sendo:

- 1º lote: controle (0 hora de exposição ao 1-MCP);
- 2º lote: os frutos foram submetidos à exposição de 1-MCP pelo período de 12 horas;
- 3º lote: os frutos foram submetidos à exposição de 1-MCP pelo período de 18 horas;
- 4º lote: os frutos foram submetidos à exposição de 1-MCP pelo período de 24 horas.

A aplicação constou da colocação dos frutos em câmara hermética (caixa de isopor de 100L) e exposição ao 1-MCP, na concentração de 270nL/L, para o 2º, o 3º e o 4º lotes.

Ao final de cada tempo, os frutos foram retirados das câmaras, codificados, pesados e armazenados à temperatura ambiente ( $22\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $77\pm 2\%$  UR), por 8 dias. As análises foram iniciadas logo após a aplicação do 1-MCP (24 horas depois que correspondeu ao dia zero) e, a cada 2 dias, até o fim do período de armazenamento, o mesmo ocorreu para os frutos controle.

Após as análises físicas, os frutos foram descascados e picados. Uma parte foi congelada em nitrogênio líquido e armazenada em sacos de polietileno hermeticamente fechados, devidamente identificados e acondicionados a  $-18^{\circ}\text{C}$ , para as análises de atividades enzimáticas. A outra parte foi triturada em liquidificador, até a obtenção de uma massa homogênea, sendo também

aconditionada em sacos de polietileno hermeticamente fechados, devidamente identificados e armazenados, a  $-18^{\circ}\text{C}$ , para a realização das outras análises.

As análises realizadas estão descritas a seguir:

### **3.4 Análises**

- **Perda de massa**

Para a determinação da perda de massa, foi considerada a diferença entre o peso inicial do fruto e aquele obtido a cada intervalo de tempo da amostragem, utilizando-se balança semi-analítica Precision, modelo PR1000. Os resultados foram expressos em porcentagem.

- **Firmeza**

A firmeza foi medida nos frutos inteiros, utilizando-se um texturômetro modelo TA.TX2i, equipado com sonda de aço inoxidável de 6mm de diâmetro (P/6N), que mediu a força de penetração com velocidade de descida de 2mm/s e com distância máxima de introdução de 3mm. Foi realizada em 4 partes diferentes, na região equatorial do fruto, sendo removida uma pequena porção da casca antes da análise. Os resultados foram expressos em Newtons.

- **Sólidos solúveis**

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado no filtrado (que foi obtido pesando-se 10g de polpa para 40 mL de água destilada e, posteriormente, filtrado em organza) por leitura em refratômetro digital da marca Atago, modelo PR-100 Palette, com ajuste automático de temperatura a  $25^{\circ}\text{C}$  e expressos em  $^{\circ}\text{Brix}$ , segundo metodologia da Association of Official Analytical Chemistry (2000).

- **Acidez titulável**

A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação do filtrado com uma solução padronizada de NaOH 0,1N e indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico/100g de polpa.

- **Pectinas total e solúvel**

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

- **Porcentagem de solubilização**

Obtida pela seguinte equação:  $(\text{pectina solúvel}/\text{pectina total}) \times 100$ .

- **Açúcares solúveis totais, açúcares redutores e sacarose**

Os açúcares solúveis totais e redutores foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado por AOAC (2000) e dosados segundo a técnica de Somoghy adaptada por Nelson (1944). A sacarose foi determinada pela diferença entre açúcares totais e redutores, multiplicada pelo fator 0,95 (fator de conversão do açúcar invertido em sacarose). Os resultados foram expressos em g de glicose/100g de polpa.

- **Vitamina C**

O teor de ácido ascórbico (após a oxidação a ácido dehidroascórbico) foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker & Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100g de polpa.

- **Atividade de pectinametilesterase**

A técnica descrita por Jean & Robinson (1984) foi utilizada para a determinação da atividade da pectinametilesterase (PME). Utilizou-se, como substrato, uma solução de pectina cítrica a 1% em NaCl 0,2 mol/L pH 7,0, à temperatura de 30°C. A taxa de desmetilação da pectina, adicionada ao extrato enzimático, foi medida por titulação da mistura de reação com NaOH 0,01 mol/L, mantendo-se o pH 7,0 constante por 10 minutos. A unidade de atividade foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina, correspondente a 1 nmol de NaOH por grama de tecido, sob as condições de ensaio.

- **Atividade de poligalacturonase**

A atividade da poligalacturonase (PG) foi determinada segundo o método utilizado por Pressey et al. (1973). Os grupos redutores liberados foram determinados segundo Noelting & Bernfeld (1948). A atividade da PG foi também determinada segundo Markovic et al. (1975) e os grupos redutores foram dosados pela técnica de Somogyi, adaptada por Nelson (1944). Uma unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1nmol de grupos redutores por minuto por grama de tecido, sob as condições de ensaio.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Aparência

Durante o período estudado, observou-se que os frutos tratados com 1-MCP, independente do tempo de exposição a que foram submetidos ao produto, apresentaram melhor aparência, quando comparados aos frutos controle. No 4º dia, os frutos controle já estavam totalmente maduros e, aos 6 dias de armazenamento, já apresentavam um aspecto murcho e, em alguns frutos, se notava o desenvolvimento de fungos. Já os frutos tratados com 1-MCP, no 6º dia, ainda se apresentavam com uma coloração de fundo esverdeada e no 8º dia ainda estavam próprios para a comercialização e o consumo (Figuras 2, 3, 4, 5 e 6).



FIGURA 2. Aparência, no dia zero, de mamões ‘Sunrise Solo’ não tratados e tratados com 1-MCP, em condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.



FIGURA 3. Aparência, no segundo dia de armazenamento, de mamões ‘Sunrise Solo’ não tratados e tratados com 1-MCP, em condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.



FIGURA 4. Aparência, no quarto dia de armazenamento, de mamões ‘Sunrise Solo’ não tratados e tratados com 1-MCP, em condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.



FIGURA 5. Aparência, no sexto dia de armazenamento, de mamões ‘Sunrise Solo’ não tratados e tratados com 1-MCP, em condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

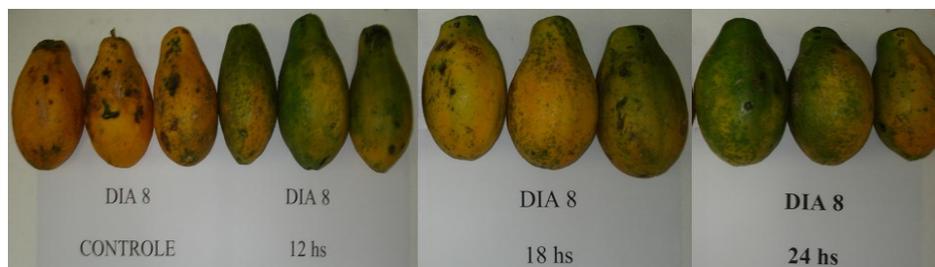


FIGURA 6. Aparência, no oitavo dia de armazenamento, de mamões ‘Sunrise Solo’ não tratados e tratados com 1-MCP, em condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

Os resumos das análises de variância das variáveis analisadas se encontram nas Tabelas 1A e 2A do Anexo. Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para a interação entre os fatores estudados (tratamentos x dias de armazenamento), para todos os parâmetros.

#### 4.2 Perda de massa

A perda de massa aumentou linearmente até o final do armazenamento em todos os tratamentos (Figura 7). Entretanto, verificou-se que foi maior nos frutos controle, sugerindo que a menor perda de massa nos frutos tratados com 1-MCP se deve ao fato de ele ligar-se ao sítio de ligação do etileno na célula, evitando a ação do mesmo sobre os processos fisiológicos de amadurecimento (Sisler & Serek, 1997). Segundo Chitarra & Chitarra (2005), as perdas de massa entre 3% e 6% são suficientes para causar redução na qualidade de muitos produtos, enquanto outros, mesmo perdendo 10% ou mais de umidade, ainda são comercializáveis.

Ao fim do armazenamento, os frutos apresentavam, em média, 11,35%, 8,51%, 8,42% e 7,35% de perda de massa para os tratamentos controle, 12 horas, 18 horas e 24 horas de exposição ao 1-MCP, respectivamente. Os frutos

expostos por 24 horas ao 1-MCP apresentaram menor perda de massa, indicando que quanto maior o tempo de exposição, maior a ação do 1-MCP sob os processos fisiológicos associados ao amadurecimento, como a perda de massa.



FIGURA 7. Perda de massa em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, pelo período de oito dias, sob condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

Lopes (1997), estudando mamões ‘Sunrise Solo’ tratados com cera e cloreto de cálcio e armazenados em temperatura ambiente, verificaram perda de massa de 14,19%, em média, até o 8º dia de armazenamento, e que estavam impróprios para a comercialização por apresentarem distúrbios caracterizados por enrugamento acentuado, depressões e manchas escuras na casca. Comparando-se aos frutos do presente estudo, conclui-se que o 1-MCP foi mais eficiente que a cera e o cloreto de cálcio, por reduzir a perda de massa no mesmo período e em condições de armazenamento utilizado por este autor.

Já An & Paull (1990), estudando mamão papaya armazenado a 30°C e UR 85%, pelo período de dez dias, verificaram perda de massa de 13%.

O 1-MCP, retardando a ação do etileno, diminui a taxa respiratória dos frutos e, conseqüentemente, diminui a perda de massa.

A perda de massa se relaciona, principalmente, à perda de água, que é uma das principais causas da deterioração, resultando não apenas em perdas quantitativas, mas também na aparência (causando murchamento e enrugamento nos frutos), nas qualidades texturais (causando amaciamento, perda de frescor e de suculência) e na qualidade nutricional (Kader, 2002).

#### **4.3 Firmeza**

Verificou-se que, ao longo do período de armazenamento, houve um decréscimo na firmeza dos mamões (Figura 8), como conseqüência do avanço do processo natural de amaciamento e senescência dos frutos para todos os tratamentos. No entanto, os frutos do tratamento controle tornaram-se mais amolecidos quando comparados aos frutos tratados com 1-MCP. Os frutos apresentaram, inicialmente (tempo 0), valores correspondentes a 25,46; 42,90; 39,24 e 39,57 newtons e, no final do armazenamento (tempo 8), apresentaram resistência de 5,23; 17,50; 16,35 e 19,28 newtons, respectivamente, nos tratamentos controle, 12 horas, 18 horas e 24 horas de exposição ao 1-MCP. Observa-se que, ao final do armazenamento, houve diminuição acentuada na resistência dos frutos, independentemente do tratamento utilizado. Os frutos expostos ao período de 24 horas ao 1-MCP apresentavam maior firmeza até, aproximadamente, o 8º dia de armazenamento, mostrando que este tempo de exposição foi melhor que os outros.

Observa-se também que, no tempo 0 (24 horas após a montagem do experimento), os frutos tratados com 1-MCP apresentavam maior firmeza que os frutos controle, indicando que o 1-MCP já se mostrava efetivo em retardar o

amadurecimento. Os frutos apresentaram 79,50%, 59,2%, 58,30% e 51,20% de amaciamento no final do período de armazenamento nos tratamentos controle, 12 horas, 18 horas e 24 horas expostos ao 1-MCP, respectivamente.

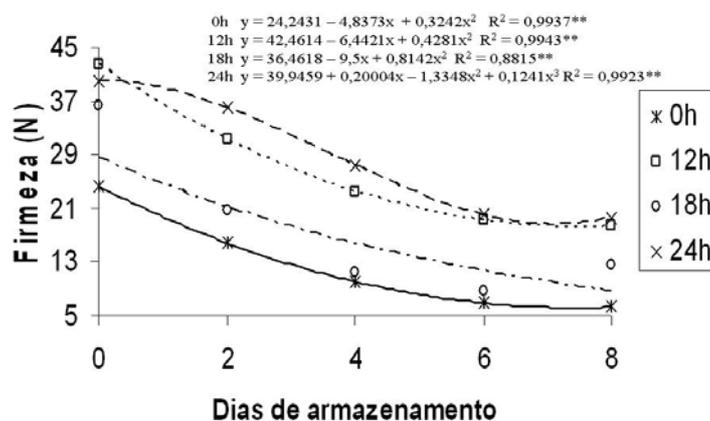


FIGURA 8. Firmeza em mamões 'Sunrise Solo' submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, pelo período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.

A retenção da firmeza em resposta ao tratamento com 1-MCP também foi verificada por Ergun & Huber (2004), em mamões 'Sunrise Solo'. Hofman et al. (2001) observaram que os frutos do grupo Solo, tratados com 25  $\mu\text{L/L}$  de 1-MCP e armazenados a 20°C, amadureceram após, aproximadamente, 20 dias.

Um dos fatores que contribuem para a firmeza da polpa dos frutos é a força de coesão entre as pectinas. Com a evolução do amadurecimento, ocorre atuação de enzimas pectolíticas que promovem o amolecimento dos frutos. A maior firmeza dos frutos tratados com 1-MCP pode estar associada à menor ação do etileno que, indiretamente, influi na redução da atividade dessas enzimas.

Outros autores também verificaram a eficiência do 1-MCP em reter por mais tempo a firmeza em mamões. Por exemplo, Jacomino et al. (2002), avaliaram a influência dos estádios de maturação verde e maduro, em mamões ‘Sunrise Solo’ tratados com 1-MCP nas concentrações 0, 30, 90 e 270 nL/L e armazenados por um período de 8 dias em condições ambiente. Estes autores verificaram que os frutos tratados com 1-MCP, principalmente nas concentrações 90 e 270 nL/L, apresentaram maior firmeza durante todo o período de armazenamento, diferindo significativamente do controle, em ambos os estádios de maturação.

Bron (2006), analisando mamões do grupo Solo, cultivar Golden, tratados com 1-MCP na concentração de 100 nL/L e mantidos a 23°C por um período de armazenamento até que os frutos atingissem o completo desenvolvimento definido pela casca completamente amarela, constatou que os frutos obtiveram maior firmeza até o final do armazenamento. Ao contrário destes, os frutos que não receberam o tratamento com 1-MCP apresentaram decréscimo acentuado na firmeza da polpa.

Jacomino et al. (2007) realizaram estudo com mamões ‘Golden, no qual avaliaram a influência do intervalo entre a colheita e a aplicação do 1-MCP, na concentração de 100 nL/L, aplicado após 0, 1, 2 e 3 dias da colheita, no estágio 2 de maturação. Os frutos foram armazenados a 11°C, por um período de seis dias e posteriormente colocados à temperatura ambiente até o completo amadurecimento. Os autores verificaram redução da firmeza da polpa dos mamões, após a colheita, mesmo sob refrigeração. Os frutos que receberam 1-MCP perderam a firmeza mais lentamente do que os frutos sem 1-MCP.

Fontes et al. (2008), estudando as cultivares de mamão Sunrise Solo (grupo Solo) e Tainung (grupo Formosa) no estágio 2 de amadurecimento, quando apresentavam casca de coloração verde-clara e estrias longitudinais e armazenados por 8 dias em temperatura ambiente, verificaram redução da

firmeza da polpa dos mamões em ambas as cultivares, durante todo o período de amadurecimento dos frutos. Porém, observaram que a cultivar Sunrise Solo apresentou redução bem mais acentuada que a cultivar Tainung.

#### **4.4 Sólidos solúveis**

A análise de variância mostrou efeito significativo para a interação tratamentos x dias de armazenamento (Tabela 1A do Anexo), no entanto, observou-se aumento significativo ( $P < 0,05$ ) e crescente dos sólidos solúveis durante o armazenamento apenas para o tratamento controle (0h de exposição ao 1-MCP) (Figura 9). Já para os tratamentos 12 horas, 18 horas e 24 horas de exposição ao 1-MCP, não houve, significativamente ( $P > 0,05$ ), este mesmo comportamento.

Os teores de sólidos solúveis dos frutos controle aumentaram linearmente durante todo o período de armazenamento devido à perda de vapor d'água da polpa por transpiração, conduzindo a uma maior concentração (maior teor) desses sólidos. Uma vez que os sólidos solúveis foram influenciados pelo tratamento, pode-se pensar que o sabor dos frutos tratados com 1-MCP tenha sido alterado. A variação média encontrada para o teor de sólidos solúveis para os frutos controle foi de 9,5 a 10,5°Brix. Os valores encontrados estão dentro da faixa proposta por Honório & Rocha (1988), de 8,0-11,0°Brix, em frutos colhidos de vez e por Balbino (1997), que verificou teores médios de 10,2-11,1°Brix. O padrão para mamões do grupo Solo é de, no mínimo, 11,5°Brix, se os frutos forem colhidos quando a casca inicia as mudanças de cor. Os valores encontrados neste trabalho foram abaixo do padrão, o que, provavelmente, ocorreu devido ao estágio precoce de maturação em que os frutos foram colhidos.

Os frutos tratados com 1-MCP não apresentaram variação significativa nos teores de sólidos solúveis, ao longo do armazenamento (Tabela 1). Isto nos

mostra que o 1-MCP controlou o amadurecimento, pois os frutos tratados apresentaram teores mais baixos de sólidos solúveis, indicando que esses frutos poderiam ainda ficar mais dias armazenados, até atingir o total amadurecimento.



FIGURA 9. Teores médios de sólidos solúveis (°Brix) em mamões ‘Sunrise Solo’ não submetidos ao 1-MCP e armazenados, pelo período de oito dias, sob condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

TABELA 1. Teores médios de sólidos solúveis (°Brix) em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, pelo período de oito dias, sob condição ambiente.

Tratamento	Dias de armazenamento				
	0	2	4	6	8
12 horas	9,5	9,6	9,6	9,6	9,6
18 horas	9,5	9,6	9,6	9,6	9,3
24 horas	9,6	9,8	9,8	9,8	9,8

Jacomino et al. (2002), avaliando a influência dos estádios de maturação verde e maduro em mamões ‘Sunrise Solo’ tratados com 1-MCP nas concentrações 0, 30, 90 e 270 nL/L e armazenados por um período de 8 dias em condições ambiente, verificaram que o teor de sólidos solúveis não foi influenciado pelo 1-MCP, em ambos estádios de maturação, variando de 11,15 a 12,01°Brix para o estágio verde e de 12,74 a 13,62°Brix para o estágio maduro, durante o amadurecimento. Resultados contrários a este, foram apresentados por Hofman et al. (2001) que observaram maior teor de sólidos solúveis em frutos tratados com 1-MCP.

Bron (2006) estudou o ponto de colheita em mamões do grupo Solo, cultivar Golden, nos estádios de maturação 0 (totalmente verde), 1 (a cor amarela não cobre mais de 15% da superfície da casca, 2 (fruto com 15%-25% da casca amarela) e 3 (fruto com 25%-50% da superfície da casca amarela), armazenados em condição ambiente de 23°C e umidade relativa entre 80%-90%, até o completo amadurecimento definido como casca completamente amarela. Este autor não encontrou diferenças significativas nos teores de sólidos solúveis e, apesar de os frutos colhidos nos estádios mais avançados de maturação terem apresentado teor de sólidos solúveis superior àqueles colhidos mais verdes, estas diferenças não foram suficientes para distinguir esses grupos. Esta autora ainda relata que a grande variação entre os frutos do mesmo lote pode ter contribuído para que não houvesse diferenças significativas.

#### **4.5 Acidez titulável**

A análise de variância mostrou efeito significativo para a interação tratamentos x dias de armazenamento (Tabela 2A do Anexo), entretanto, apenas nos tratamentos 12 horas e 18 horas expostos ao 1-MCP observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) sobre os teores de acidez titulável (Figura 10). Para os

tratamentos controle e 24 horas de exposição ao 1-MCP, não houve significância ( $P > 0,05$ ).

A acidez titulável nos frutos controle oscilou muito pouco, havendo variação média de 0,029 a 0,033g de ácido cítrico/100 g de polpa. Os valores encontrados neste trabalho foram bem baixos, porém, semelhantes ao de outros frutos do grupo Solo. Para os frutos submetidos aos tempos de 12 horas e 18 horas ao 1-MCP, o comportamento foi bastante semelhante. Houve um aumento nos teores de acidez titulável até o 2º dia de armazenamento, seguido por uma queda desses teores até o 6º dia e, novamente, um aumento, que ocorreu no último dia de armazenamento, para os frutos tratados por 12 horas e, para os frutos expostos por 18 horas, esses teores permaneceram constantes.

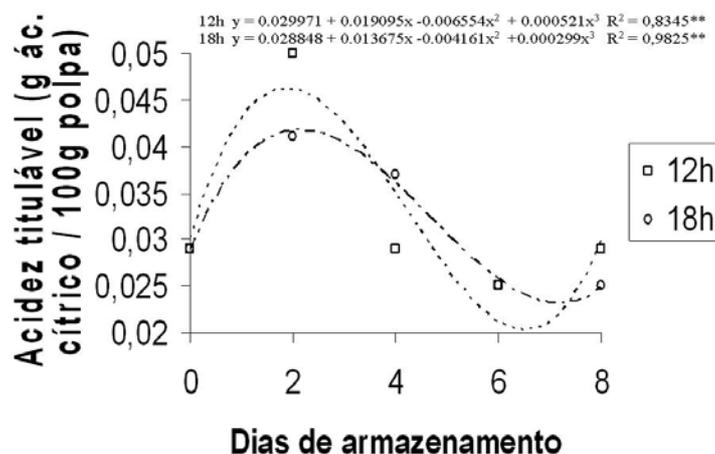


FIGURA 10. Teores médios de acidez titulável em mamões 'Sunrise Solo' submetidos ao tratamento com 1-MCP, em dois tempos e armazenados, pelo período de oito dias, sob condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

Espera-se que os teores de acidez decresçam com o amadurecimento, pois os ácidos orgânicos são utilizados no metabolismo dos frutos, sendo convertidos em açúcares ou servindo de substrato para o processo respiratório. No entanto, em alguns casos, há um pequeno aumento nos teores de acidez com o avanço da maturação (Chitarra & Chitarra, 2005), como ocorreu em todos os tratamentos deste trabalho. É importante observar também que as análises realizadas são destrutivas e, por mais que se tente padronizar os frutos utilizados no experimento, nem sempre se consegue e alguns frutos podem ter sido colhidos em diferentes estádios de maturação.

Lazan et al. (1989) acrescentam que a acidez titulável aumenta com o amadurecimento dos mamões, até atingir, aproximadamente, 75% da superfície da casca amarela. A partir daí, os níveis decrescem, exceto no interior do mesocarpo, onde a acidez titulável aumenta até o fruto atingir completo amarelecimento. Nesse sentido, durante o amadurecimento do mamão, ocorreu um ligeiro aumento na acidez da polpa e esse acréscimo se deve, provavelmente, à formação de ácido galacturônico, em consequência da hidrólise da pectina pela enzima PME, comum neste fruto (Arriola et al., 1975).

A variação nos teores de acidez titulável para os frutos controle e para os frutos expostos ao 1-MCP, por 24 horas, está apresentada na Tabela 2.

TABELA 2. Teores médios de acidez titulável (g ácido cítrico/100 g de polpa) em mamões ‘Sunrise Solo’ não submetidos e submetidos ao tratamento com 1-MCP, por 24 horas e armazenados, pelo período de oito dias, sob condição ambiente.

Tratamento	Dias de armazenamento				
	0	2	4	6	8
0 hora	0,029	0,029	0,029	0,033	0,029
24 horas	0,025	0,033	0,029	0,029	0,025

Bron (2006), avaliando mamões do grupo Solo, cultivar Golden, tratados com 1-MCP, na concentração de 100 nL/L e mantidos a 23°C, por um período de armazenamento até que os frutos atingissem o completo desenvolvimento definido pela casca completamente amarela, também encontrou valores baixos de acidez. Esta autora constatou que os frutos não tratados com 1-MCP apresentaram aumento nos teores de acidez ao longo do armazenamento. Nos frutos que foram tratados com 1-MCP, a acidez se manteve constante e, portanto, menor quando comparada à dos frutos não tratados. Os valores encontrados nos frutos não tratados variaram de 0,045% a 0,06% de ácido cítrico e, nos frutos tratados com 1-MCP, esta variação foi de 0,045% a 0,04% de ácido cítrico, valores próximos aos encontrados no presente trabalho.

Oliveira et al. (2007), estudando o desenvolvimento vegetativo e qualidade dos frutos de mamoeiro 'Sunrise Solo', em função de doses de nitrogênio, fósforo e potássio, não observaram influência dos tratamentos na qualidade dos frutos, exceto no parâmetro acidez titulável. Estes autores obtiveram valores de acidez próximos a 0,03 g de ácido cítrico/100 g de polpa, ou seja, valores bem abaixo do que são indicados na literatura.

De qualquer forma, o conteúdo de ácidos presentes no mamão é muito baixo, quando comparado ao de outros frutos.

#### **4.6 Pectina total, solúvel e porcentagem de solubilização**

O comportamento da pectina total dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, ao longo do armazenamento, encontra-se ilustrado na Figura 11. Houve decréscimo no teor de pectina total nos frutos de todos os tratamentos. Nos frutos controle, esse teor já se apresentava menor do que os frutos tratados com 1-MCP no dia 0 (24 horas após todos os tratamentos), sugerindo que o 1-MCP pode ter retardado a degradação da pectina total. Observou-se tendência de queda nos teores de pectina total, em todos os tempos de exposição ao 1-MCP

durante o amadurecimento, no entanto, o tratamento de 24 horas apresentou queda menos acentuada que nos demais tratamentos.

Os frutos apresentaram, no início do armazenamento (tempo 0), valores médios de pectina total correspondentes a 0,65; 0,75; 0,77 e 0,75 g de ácido galacturônico/100 g de polpa e, no final do armazenamento (tempo 8), 0,36; 0,45; 0,38 e 0,55 g de ácido galacturônico/100 g de polpa, respectivamente, nos tratamentos controle, 12 horas, 18 horas e 24 horas de exposição ao 1-MCP.

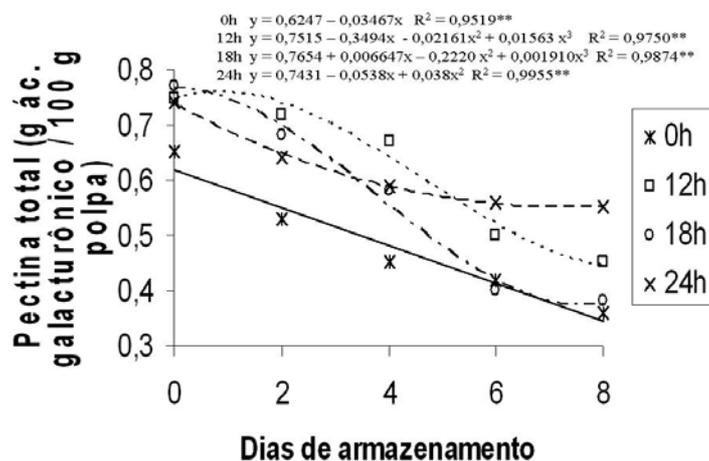


FIGURA 11. Teores médios de pectina total em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, pelo período de oito dias, sob condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

Teixeira et al. (2001), estudando o tamanho do corte 2,5 cm x 2,5 cm e 2,5 cm x 5,0 cm, e da temperatura de armazenamento (3°, 6° e 9°C) sobre as características químicas de mamões do grupo ‘Formosa’, por um período de sete dias, também detectaram decréscimos nos teores de pectina total durante todo

armazenamento e em todos os tratamentos, que variaram, em média, de 0,59% a 0,43%.

Quanto ao teor de pectina solúvel, os frutos controle e os submetidos ao 1-MCP, em todos os tempos de exposição, apresentaram aumento durante todo o período de armazenamento, em função do amadurecimento (Figura 12). Observa-se que, no dia 0 (24 horas após a montagem do experimento), os teores de pectina solúvel nos frutos controle já eram bem superiores, quando comparados aos teores dos frutos tratados com 1-MCP. Estes apresentaram teores mais baixos e solubilização mais lenta o que, possivelmente, contribuiu para que o amaciamento desses frutos fosse menos acentuado, demonstrando que a aplicação de 1-MCP, mesmo nos diferentes tempos de exposição, pode influir, reduzindo ou retardando a atividade das enzimas pécticas. No entanto, dentre os frutos que receberam o tratamento com 1-MCP, aqueles expostos ao período de 24 horas tiveram menores teores de pectina solúvel durante todo o armazenamento.

No presente estudo, os valores obtidos em g de ácido galacturônico/100 g de polpa para esta variável foram de 0,26, no dia 0 e 0,34, no dia 8, para os frutos controle e de 0,12, no dia 0 e 0,18, no dia 8, para o tratamento de 24 horas de exposição ao 1-MCP.

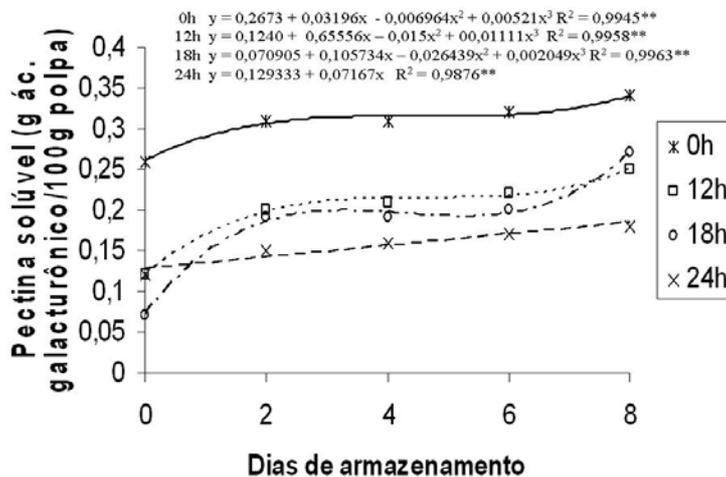


FIGURA 12. Teores médios de pectina em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, pelo período de oito dias, sob condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

O incremento no teor de pectina solúvel observado neste trabalho é condizente com os resultados encontrados por Arriola et al. (1975), Draetta et al. (1975) e Lazan et al. (1991), que também verificaram aumento durante o amadurecimento de mamões.

A solubilização de substâncias pécticas é uma tendência natural durante o amadurecimento dos frutos. Neste trabalho, observou-se um aumento na porcentagem de solubilização das pectinas em todos os tratamentos, entretanto, bem maior nos frutos controle (Figura 13).

Ocorreu uma variação, durante o armazenamento, de 41,23% a 93,15%, para os frutos controle; de 16,03% a 57,25%, para os frutos expostos por 12 horas; de 9,10% a 67,91%, para os frutos expostos por 18 horas e de 16,4% a 33,16%, para os frutos expostos por 24 horas de solubilização de pectinas. Esta menor solubilização de pectinas nos frutos que receberam o tratamento com

1-MCP, principalmente os que foram expostos por 24 horas, possivelmente se deve ao fato de o 1-MCP ter retardado o efeito do etileno sobre a atividade de enzimas hidrolíticas da parede celular.

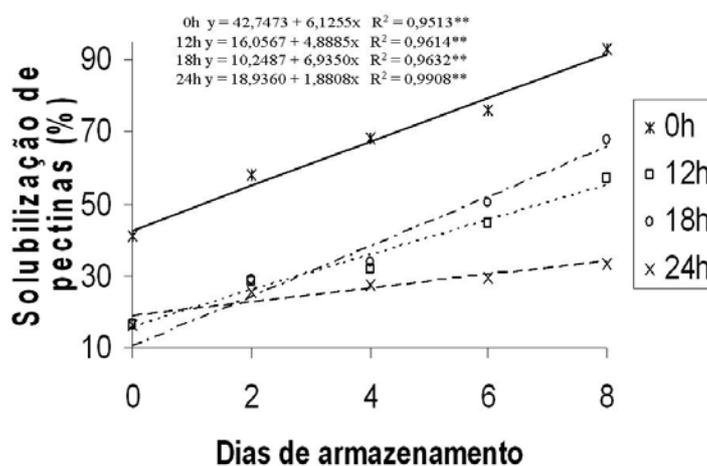


FIGURA 13. Solubilização de pectinas em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, pelo período de oito dias, sob condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

Bicalho et al. (2000), estudando o efeito da aplicação pós-colheita de cálcio a 2% e da embalagem (filmes de PVC de 15  $\mu\text{m}$ ) sobre a conservação de mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 e armazenado por 35 dias, a 10°C, constataram que a aplicação de cálcio, tendo ou não a embalagem de PVC, levou a uma menor solubilização de pectinas em relação ao controle. No entanto, todos os frutos apresentaram aumento de solubilidade no decorrer do período de armazenamento, tendo os frutos controle apresentado maiores teores até o 20º dia. Os frutos controle apresentaram aumento de 20% a 80% de

solubilização de pectinas, enquanto os frutos tratados com cálcio tiveram solubilização de 20% a 40%, apenas. O mesmo ocorreu no presente trabalho, com os frutos tratados com 1-MCP.

Miranda (2001) avaliou a qualidade de mamão ‘Improved Sunrise Solo’ minimamente processado e tratado com ácido ascórbico 0,5%, peróxido de hidrogênio 1% e cloreto de cálcio 1%, armazenados a 6°C, pelo período de 8 dias. Este autor observou um aumento na solubilização de pectina para todos os tratamentos, tendo os frutos tratados com cloreto de cálcio sido os que apresentaram menor solubilização, assim como os frutos do presente trabalho, submetidos ao 1-MCP, pelo período de 24 horas.

O mamão é um fruto climatérico e, durante seu amadurecimento, ocorrem mudanças significantes na textura, o que o torna mais suscetível a danos físicos durante o manuseio pós-colheita. Dentre essas mudanças, destaca-se o amaciamento que ocorre devido a alterações nas propriedades estruturais e interativas da composição de polímeros da parede celular e da lamela média. Todas as classes de polissacarídeos incluem as pectinas, as hemiceluloses e a celulose, que são alteradas e ou ativamente metabolizadas durante o amaciamento do fruto (Gross et al., 1986; O’Donoughe et al., 1994).

#### **4.7 Açúcares totais, redutores e não redutores**

O teor de açúcares, geralmente, aumenta com o amadurecimento dos frutos por meio de processos de biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos.

Houve aumento nos teores de açúcares totais, para todos os tratamentos, até o 8<sup>o</sup> dia de armazenamento (Figura 14). Os frutos controle apresentaram maiores teores destes açúcares do 2<sup>o</sup> dia ao final do período de armazenamento, mostrando que o amadurecimento foi mais rápido nesses frutos. Este aumento

pode ter ocorrido em função da degradação de polissacarídeos da parede celular, resultando na concentração de açúcares.

Os teores médios de açúcares totais encontrados variaram de 6,78 a 8,88 g de glicose/100 g de polpa, de 6,59 a 8,15 g de glicose/100 g de polpa, de 5,95 a 7,66 g de glicose/100 g de polpa e de 6,40 a 7,75 g de glicose/100 g de polpa, para os frutos controle, expostos ao 1-MCP por 12 horas, 18 horas e 24 horas, respectivamente. O aumento de açúcares solúveis totais dos frutos controle, durante o armazenamento, foi de 2,1 g de glicose/100 g de polpa e, para os frutos expostos ao 1-MCP por 24 horas, foi de 1,3 g de glicose/100 g de polpa. Estes resultados indicam que os frutos desse tratamento ainda não tinham atingido o estágio de amadurecimento dos frutos controle.

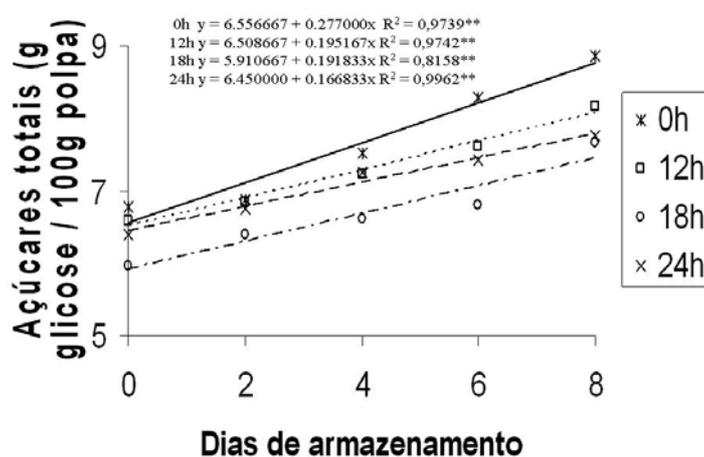


FIGURA 14. Teores médios de açúcares totais em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, pelo período de oito dias, sob condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

Uma das mudanças bioquímicas mais importantes no mamão está relacionada às modificações nos carboidratos, pois os açúcares interferem no sabor do fruto e variam de acordo com o tipo de fruto, a variedade, as práticas culturais e as condições climáticas. Os polissacarídeos são metabolizados a açúcares e estes aumentam gradualmente, durante o período de desenvolvimento dos frutos.

Com o avanço do processo de amadurecimento, houve aumento nos teores de açúcares redutores para todos os tratamentos, até o último dia de armazenamento (Figura 15). Este aumento foi maior para os frutos controle, assim como no parâmetro açúcares solúveis totais.

A elevação na quantidade de açúcares redutores na polpa foi de 5,61 a 8,33 g de glicose/100 g de polpa, 5,40 a 7,60 g de glicose/100 g de polpa, 5,17 a 7,16 g de glicose/100 g de polpa e de 5,25 a 7,36 g de glicose/100 g de polpa, para os frutos controle, 12 horas de exposição ao 1-MCP, 18 horas de exposição ao 1-MCP e 24 horas de exposição ao 1-MCP, respectivamente. O maior aumento dos açúcares redutores no final do armazenamento para os frutos controle se deve à degradação de sacarose no final do amadurecimento. Isto mostra que os frutos dos outros tratamentos estavam com o processo de amadurecimento retardado.

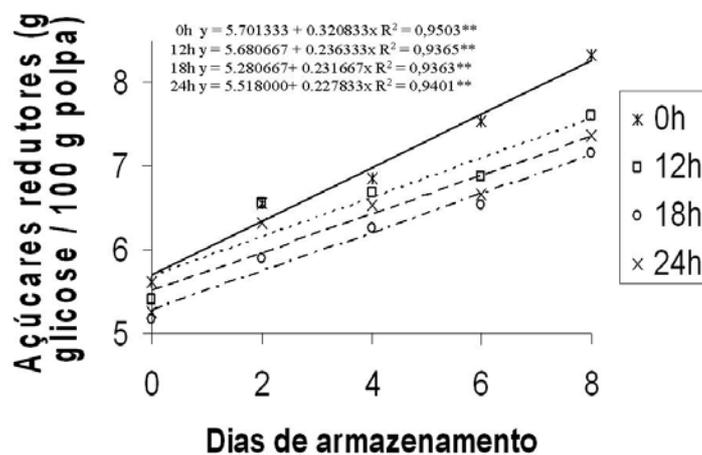


FIGURA 15. Teores médios de açúcares redutores em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, por um período de oito dias, sob condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

Nestes dois parâmetros avaliados, açúcares totais e redutores, nota-se que os frutos tratados com 1-MCP tiveram teores menos acentuados que nos frutos controle, indicando que o 1-MCP reduziu o metabolismo dos frutos.

Houve grande oscilação entre os teores de sacarose, principalmente nos frutos controle e nos frutos expostos por 24 horas ao 1-MCP (Figura 16). O comportamento desses tratamentos foi de queda nos teores de sacarose até o 2º dia de armazenamento e, em seguida, elevação até o 6º dia, quando estes teores, para os frutos submetidos por 24 horas, voltaram a cair e, para os frutos controle, permaneceram constantes, até o último dia de armazenamento.

Já para os frutos expostos ao 1-MCP por 12 e 18 horas, a tendência foi a mesma, ou seja, queda nos teores de sacarose até o 6º dia de armazenamento e, posteriormente, aumento desses teores para o tratamento de 12 horas.

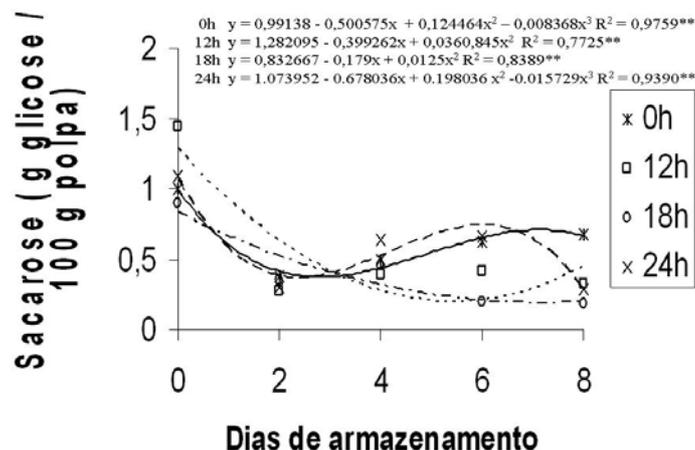


FIGURA 16. Teores médios de açúcares sacarose em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, por um período de oito dias, sob condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

Trabalhando com quatro cultivares de mamão papaya, Selvaraj et al. (1982) observaram um acréscimo gradual de sacarose, frutose e glicose durante todo o desenvolvimento dos frutos, com predominância da glicose e da frutose no final deste. No entanto, também foram observadas variações nos teores percentuais de sacarose nos frutos, que foram consideradas como sendo devido à alta atividade da invertase presente nos frutos.

Bicalho (1998) estudou o efeito da aplicação pós-colheita de cálcio a 2% e da embalagem (filmes de PVC de 15  $\mu$ m) sobre a conservação de mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, armazenado, por 35 dias, a 10°C. Este autor constatou que houve aumento nos açúcares totais em todos os tratamentos utilizados até o 25º dia de armazenamento, a partir do qual a tendência foi de redução. Este comportamento também foi bastante semelhante ao verificado

para os açúcares redutores e sacarose, que também tenderam a um aumento até 25<sup>o</sup> dia de armazenamento, independente do tratamento usado.

Gomez et al. (1999) avaliando a ação de uma dose de 0,5 kGy de irradiação gama, normalmente utilizada para desinfestação e aumento de vida útil dos frutos, sobre o comportamento dos carboidratos solúveis durante o amadurecimento de mamão grupo Solo, relatou que os açúcares solúveis totais contabilizados como a soma dos teores de glicose, frutose e sacarose, variaram de 9% no estágio verde a cerca de 11% no estágio maduro. E que os perfis destes mesmos açúcares foram discretamente menores nos frutos irradiados.

Coneglian et al. (2004) avaliaram a influência dos tratamentos com fungicida, auxina, giberelina e citocinina, em frutos de mamão grupo Solo colhidos em estágio pré-climatérico, a fim de reter o amadurecimento de mamões. Estes autores observaram que tanto para açúcares totais como para açúcares redutores, houve acréscimo nos teores destes dois componentes durante os 28 dias de armazenamento à temperatura de 10°C, denotando evolução no processo de amadurecimento dos frutos.

#### **4.8 Vitamina C**

O teor de vitamina C do fruto depende de muitos fatores, incluindo cultivar, estágio de maturação, práticas culturais, estação e acidez do fruto (Roig et al., 1993).

Os frutos controle e os frutos expostos ao tempo de 18 horas e de 24 horas ao 1-MCP tiveram aumento no teor de vitamina C até o 2<sup>o</sup> dia de armazenamento. Posteriormente, verificou-se decréscimo nesses teores até o 6<sup>o</sup> dia de armazenamento, em que voltaram a apresentar ligeiro aumento desses teores, que variaram, em média, de 62,2; 57,8 e 56,3 mg de ácido ascórbico/100 g de polpa no início do armazenamento, até 38,8; 40,3 e 41,7 mg de ácido

ascórbico/100 g de polpa, no final do armazenamento, para os tratamentos controle, 18 horas e 24 horas expostos ao 1-MCP, respectivamente.

Já os frutos expostos, por 12 horas, ao 1-MCP apresentaram valores de vitamina C superiores aos dos demais tratamentos, em todo o período de armazenamento, exceto no 8º dia, quando apresentaram teores de 38,7 mg de ácido ascórbico/100 g de polpa (Figura 17). O 1-MCP parece ter sido mais efetivo em controlar a perda de vitamina C também nos frutos tratados por 18 horas e por 24 horas.

O conteúdo de ácido ascórbico pode aumentar ou diminuir durante o amadurecimento, dependendo do fruto. O decréscimo de ácido ascórbico é atribuído à maior atuação da enzima ácido ascórbico oxidase (ascorbato oxidase) (Nogueira et al., 2002).

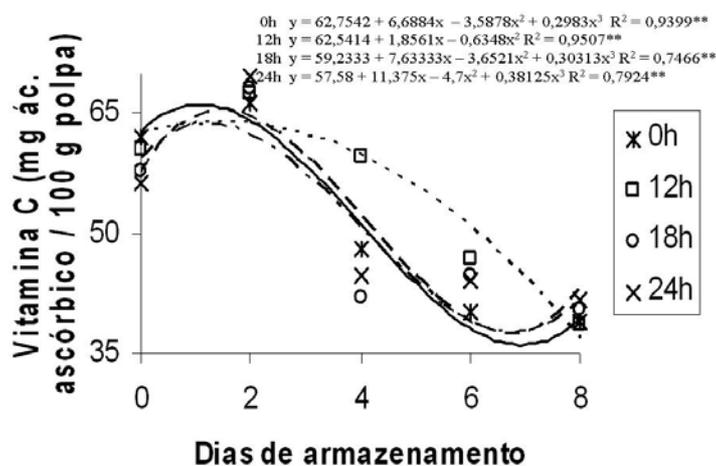


FIGURA 17. Teores médios de vitamina C em mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, por um período de oito dias, sob condições ambientais. DQI, UFLA, 2008.

Bron (2006) realizou estudo com mamões do grupo Solo, cultivar Golden, tratados com 1-MCP na concentração de 100 nL/L e mantidos a 23°C, por um período de armazenamento até que os frutos atingissem o completo desenvolvimento, definido pela casca completamente amarela. Segundo este autor, os frutos não tratados com 1-MCP apresentaram aumento no teor de ácido ascórbico até o 3º dia de armazenamento, atingindo, em média, 77 mg de ácido ascórbico/100g de polpa. Já nos frutos que receberam 1-MCP, o teor de ácido ascórbico permaneceu constante, ao redor de 65 mg de ácido ascórbico/100g de polpa, ao longo de todo período estudado.

Oliveira et al. (2007), avaliando a qualidade de mamão 'Golden' (grupo Solo) minimamente processado e armazenado por oito dias, sob diferentes temperaturas, notaram um decréscimo no teor de vitamina C, até o 4º dia, para a temperatura de 5°C e, até o 2º dia, para a temperatura de 10°C, seguido por incremento até o 6º dia, para ambas as temperaturas, voltando, posteriormente, a cair.

#### **4.9 Pectinameltiesterase e poligalacturonase**

O período de 24 horas, decorrido entre o começo da aplicação do tratamento e o tempo zero, mostrou que, nos frutos tratados com 1-MCP, a atividade da enzima pectinametilesterase (PME) encontrava-se baixa (Figura 18). Isso indica que o 1-MCP interferiu na degradação da pectina pelo controle da atividade da PME, fato que reflete diretamente na firmeza dos frutos. Observando-se a Figura 8, referente ao parâmetro firmeza, pode-se constatar que, no dia 0, a firmeza dos frutos tratados com 1-MCP foi maior que a dos frutos controle.

Estes resultados podem ser comparados aos de Lazan et al. (1995) os quais mostram que ocorre início da queda na firmeza dos frutos quando a atividade da PME se encontra aproximadamente 2/3 de sua atividade máxima.

Esses autores e Paull & Chen (1983) observaram que a PME chega a sua atividade máxima em mamões entre o 7<sup>o</sup> e o 9<sup>o</sup> dia após a colheita. No presente trabalho ocorreu no 6<sup>o</sup> dia para todos os tratamentos.

Quimicamente, as pectinas são polímeros de ácido galacturônico, no qual os grupos carboxílicos podem estar esterificados com metanol. A PME remove os grupos metílicos, o que provoca desestruturação e solubilização parcial da pectina (Fischer, 1991). Paull et al. (1999) relatam atividades decrescentes da PME durante o amadurecimento de mamões, no entanto, Paull & Chen (1983) encontraram atividades crescentes com o progresso do amolecimento, assim como reportado por Lazan et al.(1995), coincidindo com os do presente estudo.

A atividade da PME aumentou tanto para os frutos controle quanto para os frutos tratados com 1-MCP, independente do tempo de exposição em que os frutos foram submetidos, até o 6<sup>o</sup> dia de armazenamento, quando então, começou a decair. Os frutos tratados por 24 horas apresentaram menor atividade da PME durante todo o período de armazenamento, coincidindo com menor solubilização de pectinas (Figura 13) e maior firmeza (Figura 8) para os frutos deste tratamento.

A atividade desta enzima se iniciou em 5.727,12; 2.407,13 e 2.522,16 nmol/min/g, atingindo o pico em 7.859,57; 6.011,73 e 5.949,66 nmol/min/g, para os frutos controle, expostos por 12 horas e 18 horas ao 1-MCP, respectivamente. Para os frutos submetidos a 24 horas ao 1-MCP, esta atividade aumentou de 2.444,66 para 6.796,57 nmol/min/g.

Bron (2006), avaliando mamões do grupo Solo, cultivar Golden, tratados com 1-MCP na concentração de 100 nL/L e armazenados a 11°C, por 20 dias e, posteriormente, mantidos a 23°C, até o completo amadurecimento, definido como a casca completamente amarela, verificou que, durante o armazenamento refrigerado dos frutos não tratados com 1-MCP, houve aumento da atividade da

PME. Também constatou que a atividade da PME, durante o armazenamento refrigerado dos frutos tratados com 1-MCP, se manteve constante, sem qualquer aumento. Após a remoção da refrigeração, a atividade também não se alterou até o 7º dia, quando, então, passou a aumentar, atingindo valor máximo aos 9 dias.

Fontes et al. (2008), estudando as cultivares de mamão Sunrise Solo (grupo Solo) e Tainung (grupo Formosa), no estágio 2 de amadurecimento, quando apresentavam casca de coloração verde-clara e estrias longitudinais e armazenados por 8 dias em temperatura ambiente, verificaram que, na cultivar Sunrise Solo, a atividade da PME, no 1º dia de armazenamento foi alta e reduziu gradativamente até o 4º dia, quando atingiu seu menor valor. Já no 5º dia, a atividade aumentou, permanecendo praticamente inalterada até o 8º dia de armazenamento.

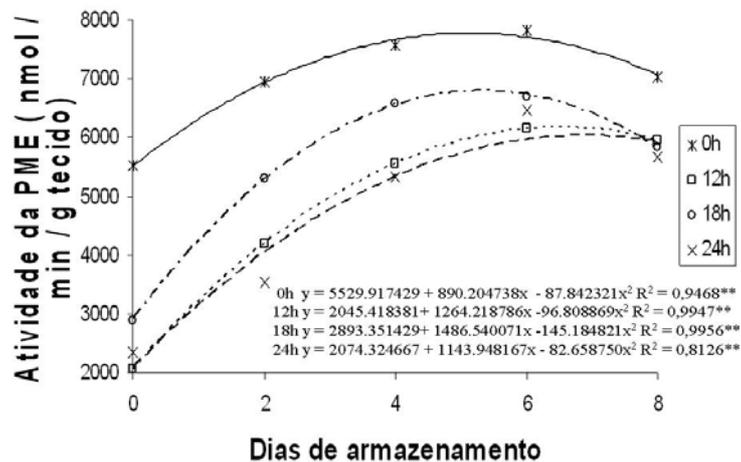


FIGURA 18. Atividade de pectinametilsterase em mamões 'Sunrise Solo' submetidos ao tratamento com 1-MCP, em quatro tempos e armazenados, por um período de oito dias, sob condição ambiente. DQI, UFLA, 2008.

Conforme Ali et al. (2004), as mudanças são ainda mais complexas, devido à presença de isoformas ou de inibidores enzimáticos. A importância da PME no amaciamento dos frutos é ampliada quando se considera que esta enzima pode contribuir, direta e indiretamente, para a ação de outras, ao criar um ambiente iônico adequado ou, possivelmente, ao modificar a porosidade da parede celular, favorecendo, dessa forma, o acesso de outras enzimas aos seus substratos potencias.

A atividade da enzima poligalacturonase não foi detectada neste estudo, durante o amadurecimento de mamões ‘Sunrise Solo’. A essa pectinase é atribuída a hidrólise de pectinas desesterificadas.

No presente estudo, não existem evidências que relacionem o processo de amaciamento da polpa do mamão ‘Sunrise Solo’ com a enzima PG. Apesar de se ter detectado atividade da enzima PME, uma das pectinases envolvidas no processo de amaciamento, com conseqüente aumento nos teores de pectina solúvel, não se pode inferir que somente essa enzima esteja envolvida no processo de degradação. Sabe-se que outras enzimas estão envolvidas na solubilização de pectinas.

Doll Hojo (2005), Linhares (2005) e Oliveira et al. (2005), em seus estudos com 1-MCP na pós-colheita de mangas, goiabas e pêssegos, respectivamente, também não detectaram atividade de poligalacturonase no amadurecimento dos frutos.

Dessa forma, faz-se necessária a realização de novos estudos para se determinar as enzimas responsáveis por esta degradação em mamões ‘Sunrise Solo’, já que se observou aumento nos teores de pectina solúvel e na atividade de PME, durante o armazenamento.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento, pode-se concluir que:

- os frutos tratados com 1-MCP apresentaram melhor aparência que os frutos controle durante todo o armazenamento e tiveram aumento de 4 dias na vida útil, com base na análise visual do amadurecimento;
- o uso do 1-MCP, nos tempos de exposição utilizados, retardou o metabolismo dos frutos pelas características avaliadas em mamões ‘Sunrise Solo’ até o 8º dia de armazenamento à temperatura ambiente;
- os frutos tratados com 1-MCP apresentaram menor perda de massa, menores teores de pectina solúvel, menor porcentagem de solubilização de pectinas, menor atividade de PME. Apresentaram também maior firmeza, quando comparados aos frutos controle;
- o tempo de exposição ao 1-MCP por um período de 24 horas foi mais eficiente sobre os parâmetros analisados que os demais tratamentos.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do 1-MCP aumenta a vida de prateleiras de mamões, como consequência da capacidade do 1-MCP de inibir a ação do etileno nos tecidos e retardar o amadurecimento. O aumento no período de conservação, sob condição de ambiente, é importante, considerando a alta perecibilidade do mamão após a colheita. O ganho de dois a quatro dias de vida de prateleira pode proporcionar transporte dos frutos a maiores distâncias e ampliação do período de comercialização dos mesmos.

No entanto, a inibição prolongada do etileno, ou a inibição dos sítios receptores nos frutos colhidos em estágio de maturação precoce, reflete em lenta capacidade de recuperação da ação e produção de etileno, sugerindo que o uso de bloqueadores da ação do etileno nesses frutos deve ser feito com cautela.

A conservação de mamões ‘Sunrise Solo’ também pode ser conseguida por um maior período de tempo por meio de tecnologias, como refrigeração, embalagens ativas ou inteligentes, emprego de irradiação, outros compostos que bloqueiam a síntese e ou a ação do etileno, dentre outros, sem que afete sua qualidade. Para isso, também é necessário o emprego da análise sensorial.

Portanto, novas pesquisas são necessárias, antes de se sugerir ou recomendar a utilização de tratamentos pós-colheita utilizados para pequenos ou grandes produtores e exportadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**. San Diego: Academic, 1992. 41 p.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n. 354 de 11 de agosto de 2006. Aprova e promulga o Regimento Interno da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA e da outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 21 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B17161-1-0%5D.PDF>>. Acesso em: 16 mar. 2007.

ALI, Z. M.; CHIN, L.; LAZAN, H. A. Comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. **Plant Science**, Limerick, v. 167, n. 2, p. 317-327, Aug. 2004.

AN, J. F.; PAULL, R. E. Storage temperature and ethylene influence on ripening of papaya fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 6, p. 949-953, Nov. 1990.

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

ARRIOLA, M. C. de; MENCHÚ, J. F.; ROLZ, C. **Caracterización, manejo y almacenamiento de papaya**. Guatemala: ICAITI, 1976. 41 p.

ARRIOLA, M. C. de; CALZADA, J. F. de; MENCHÚ, J. F.; ROLZ, C.; GARCIA, R.; CABRERA, S. de. Papaya. In: **TROPICAL and Subtropical fruits**. Wesport: AVI, 1980. p. 316-340.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE PAPAYA. 2005. Disponível em: <<http://www.brापex.net>> Acesso em: 16 mar. 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association on Analytical Chemistry**. 12. ed. Washington: AOAC, 2000. 1015 p.

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

AZIZ, A. A. B.; EL-NAZAWY, S. M.; ZAKI, H. A. Seasonal changes in the physical and chemical properties of papaya fruits, **Egypt Journal Horticultural**, Cairo, v. 3, n. 1, p. 89-97, 1976.

AZZOLINI, M. **Fisiologia pós-colheita de goiabas ‘Pedro Sato’: estádios de maturação e padrão respiratório**. 2002. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BALBINO, J. M. de S. **Efeitos de hidrotermia, refrigeração e ethefon na qualidade pós-colheita de mamão (*Carica papaya* L.)** 1997. 104 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 1997. 104 p. .

BARRET, D. M.; GONZALEZ, C. Activity of softening enzymes during cherry maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n. 3, p. 574-577, May/June 1994.

BASSETO, E. **Conservação de goiaba ‘Pedro Sato’ tratada com 1-MCP: concentração e tempo de exposição**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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

BICALHO, U. de O.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F.; COELHO, A. H. R. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagem de PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 136-146, jan./mar. 2000.

BIRTH, G. S.; DULL, G. G.; MAGEE, J. B.; CHAN, H. T.; CAVALETTO, C. G. An optical method for estimating papaya maturity. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.109, n. 1, p. 62-66, Jan. 1984.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 34, n. 4, p. 330-334, 1962.

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

BOBBIO, F. A.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 1995.

BRADY, J. C. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993.

BRODY, A. L. **Envasado de alimentos en atmosferas controladas, modificadas y vacío**. Zaragoza: Acribia, 1996. 220 p.

BRON, I. U. **Amadurecimento do mamão 'Golden': ponto de colheita, bloqueio da ação do etileno e armazenamento refrigerado**. 2006. 66 p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CARRINGTON, C. M. S.; PRESSEY, R.  $\beta$ -galactosidase II activity in relation to changes in cell wall galactosyl composition during tomato ripening. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 121, n. 1, p. 132-136, Jan. 1996.

CARVALHO, A. V. **Avaliação da qualidade de kiwis cv. Hayward, minimamente processados**. 2000. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CHAN JÚNIOR, H. T.; HIBBARD, K. L.; GOO, T.; AKAMINE, E. K. Sugar composition of papayas during fruit development. **HortScience**, Alexandria, v. 14, N. 2, p. 140-141, Apr. 1979.

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

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. ampl. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

CONEGLIAN, R. C. C.; RODRIGUES, J. D.; MOREIRA, L. B. Efeito de reguladores vegetais na conservação do mamão cv. Solo. **Agronomia**, Seropédica, 2004. v. 38, n. 1, p. 88-92.

DANTAS, J. L. L.; MORALES, C. F. G. Estratégias para o melhoramento genético do mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 19, n. 1, p. 65-78, 1997.

DAREZZO, H. M. **Conservação pós-colheita de pêssegos 'Aurora-1' e 'Biuti' acondicionados em diferentes embalagens e armazenados sob condições de ambiente e refrigeração.** 1998. 129 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

DOLL HOJO, E. T. **Qualidade de mangas 'Palmer' tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração.** 2005. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DRAETTA, I. dos S.; SHIMOKOMAKI, M.; YOKOMIZO, Y.; FUJITA, J. T.; MENEZES, H. C. de; BLEINROTH, E. W. Transformações bioquímicas do mamão (*Carica papaya*) durante a maturação. **Coletânea do Instituto de tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 6, p. 395-408, 1975.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Federal Register Environmental Documents**, v. 67, n. 48, p. 796-800. 2002.

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**, Hannover, v. 69, n. 5, p.184-192, Oct. 2004.

FAN, X. T.; BLANKENSHIP, S. M.; MATTHEIS, J. P. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 124, n. 2, p. 690-695, Nov. 1999.

FAN, X. T.; ARGENTA, L.; MATTHEIS, J. P. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 6, p.135-142, Sept. 2000.

FENG, X. O.; APELBAUM, A.; SISLER, E. C.; GOREN, R. Controlo of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 2, p. 143-150, Sept. 2000.

FERNANDEZ, M. A. F. **Influência da modificação atmosférica e de armazenamento sobre a qualidade de pêssogo cv. Marli.** 2000. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FISCHER, R. L. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 675-703, 1991.

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**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 54-58, abr. 2008.

FRAIFE FILHO, G. A. F.; DANTAS, J. L. L.; LEITE, J. B. V.; OLIVEIRA, J. R. P. Avaliação de variedades de mamoeiro no extremo sul da Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 13, n. 1, 2001.

GIRARDI, C. L.; ROMBALDI, C. V. Sistema de produção de pêssego de mesa na Região da Serra Gaúcha. **Sistema de produção 3**. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2003.

GOMEZ, M. L. P. A.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. cv. Solo): influência da radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 19, n. 2, p. 246-252, maio/ago. 1999.

GOLDING, J. B.; SHEARER, D.; WYLLIE, S. G.; McGLASSON, W. B. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 87-98, Sept. 1998.

GOODWIN, T. W.; MERCER, E. I. **Introduction to plant biochemistry**. Oxford: Pergamon, 1982. 667 p.

GROSS, K. C.; WATADA, A. E.; KANG, M. S.; KIM, S. D.; KIM, K. S.; LEE, S. W. Biochemical changes associated with the ripening of the hot pepper fruit. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 66, n. 1, p. 31-36, Jan. 1986.

HAMILTON, R. A.; ITO, P. **Sunrise Solo**: a different colored solo papaya. Havaí: Hawaii Agricultural Experimental Station, 1986. 5 p. (Circular, 69).

HOFMAN, P. J.; JOBIN-DÉCOR, M.; MEIBURG, G. F.; MACNISH, A. J.; JOYCE, D. C. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. **Australian Journal Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 41, n. 4, p. 567-572, 2001.

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

HUBER, D. J.; KARAKURT, Y.; JEONG, J. Pectin degradation in ripening and wounded fruits. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 224-241, 2001.

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

ISLAM, M. N.; COLON, T.; VARGAS, T. Effect of prolonged solar exposure on the vitamin C contents of tropical fruits. **Food Chemistry**, London, v. 48, n. 1, p. 75-78, 1993.

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

JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; ARRUDA, M. C. de; KLUGE, R. A. Influência do intervalo entre a colheita e a aplicação do 1-metilciclopropeno no controle do amadurecimento de mamão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 233-238, dez. 2007.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1085-1087, July/Aug. 1984.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. California: University of California, 2002. 519 p.

KAWAMATA, S. Studies on sugar component for fruits by gas-liquid chromatography. **Bulletin Tokyo Agricultural Experiment Station**, Tokyo, n. 10, p. 53-63, 1997.

KLEIN, B. P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Connecticut, v. 10, n. 3, p. 179-193, June, 1987.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Emopi, 2002. 214 p.

KRAMER, A. Fruits and Vegetables. In: TWIGG, B. A. **Quality Control for Food Industry**. Connecticut: AVI, 1973. v. 2, p. 157-227.

LAZAN, H.; ALI, Z. M.; LIANG, K. M.; YEE, K. L. Polygalacturonase activity and variation in ripening of papaya fruit tissue depth and heat treatment. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 77, n. 1, p. 93-98, Jan. 1989.

LAZAN, H.; ALI, Z. M.; SIM, W. C. Retardation of ripening and development of water stress in papaya fruit seal-packaged with polyethylene film. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, n. 269, p. 345-358, 1991.

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**, Copenhagen, v. 95, n. 1, p. 106-112, Sept. 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-Crassane pear (*Pyrus communis* L.) fruits. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 33, n. 5, p. 847-855, Mar. 1997.

LINHARES, L. A. **Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas 'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno**. 2005. 135 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LOPES, M. A. **Conservação do mamão em condições ambiente submetido a aplicação de cera e cloreto de cálcio**. 1997. 39 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró.

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

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

MEDINA, J. C.; BLEIROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M.; De MARTIN, Z. J.; NISIDA, A. L. C.; BALDINI, V. L. S.; LEITE, R. S. S. F.; GARCIA, A. E. B. **Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas: ITAL, 1989. 367 p. (Série Frutas Tropicais, n.7).

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

MOSCA, J. L. **Conservação pós-colheita de frutos do mamoeiro *Carica papaya* (L.) ‘Improved Sunrise Solo Line 72/12’, com utilização de filmes protetores e cera, associados à refrigeração**. 1992. 91 p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

NOELTING, G.; BERNFELD, P. Sur les enzymes amylolytiques III. La  $\beta$ -amilase: dosage d'activate et controle de l'absence l'  $\alpha$ -amilase. **Helvetica Chimistries Acta**, Basel, v. 31, n. 1, p. 286-290, 1948.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; SILVA JUNIOR, J. F. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, abr. 2002.

NUNES, E. E. **Caracterização química de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. *Smooth Cayenne***, 2001. 67 p. Monografia (Graduação em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

O'DONOGHUE, E. M.; HUBER, D. J.; TIMPA, J. D.; ERDOS, G. W.; BRECHT, J. K. Influence of avocado (*Persea americana*) Cx-cellulase on the structural features of avocado cellulose. **Planta**, New York, v. 194, n. 4, p. 573-584, Sept. 1994.

OLIVEIRA, A. M. G.; CALDAS, R. C.; MEDINA, V. M.; OLIVEIRA, G. X. S.; QUADROS, W. S. Desenvolvimento vegetativo e qualidade dos frutos de mamoeiro ‘Sunrise Solo’ em função de doses de nitrogênio, fósforo e potássio. **Magistra**, Cruz das Almas, BA, v. 19, n. 1, p. 69-75, jan./mar. 2007.

OLIVEIRA, F. E. da R.; ABREU, C. M. P. de; ASMAR, S. A.; CORREA, A. D.; SANTOS, C. D. Firmeza de pêssegos ‘Diamante’ tratados com 1-MCP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 366-368, dez. 2005.

OLIVEIRA JUNIOR, L.; CARLOS, L.; CORDEIRO, C.; COELHO, E.; ARAÚJO, T. Qualidade de mamão ‘Golden’ minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 219-224, 2007.

- PAIVA, M. C.; FIORAVANÇO, J. C.; MANICA, I. Características físicas dos frutos de quatro cultivares e duas seleções de goiaba no 5º ano de produção em Porto Leucena-RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 209-213, maio/ago. 1995.
- PAL, D. K.; SUBRAMANYAM, M. D.; DIVAKAR, N. G.; IYER, C. P. A.; SELVARAJ, Y. Studies on the physico-chemical composition of fruits of twelve papaya varieties. **Journal of Food Science and Technology**, New Delhy, v. 17, n. 6, p. 254-256, July 1980.
- PAULL, R. E.; CHEN, N. J. Postharvest variation in cell wall-degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. **Plant Physiology**, Rockville, v. 72, n. 2, p. 382-385, Feb. 1983.
- PAULL, R. E. Pineapple and papaya. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 291-323.
- PAULL, R. E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M.; CAVALETTO, C. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 11, n. 1, p. 165-179, Aug. 1997.
- PAULL, R. E.; GROSS, K.; QIU, Y. Changes in papaya cell walls during fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 79-89, May 1999.
- PIMENTA, C. J.; CHAGAS, S. J. R.; COSTA, L. Pectina e enzimas pectinolíticas em café (*Coffea arabica* L.) colhido em quatro estágios de maturação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 1079-1083, out/dez. 2000.
- PINHEIRO, A. C. M. **Pós-colheita de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-MCP**. 2007. 140 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- PRESSEY, R.; HINTON, D. M.; AVANTS, J. K. Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectin in peaches during ripening. **Plant Physiology**, Rockville, v. 52, n. 3, p. 252-256, Sept. 1973.
- PURSEGLOVE, J. M. *Caricaceae*. In: \_\_\_\_\_. **Tropical crops-dicotyledons**. London: Longmans, 1968. p.45-61.

ROIG, M. G.; RIVERA, Z. S.; KENNEDY, J. F. L-ascorbic acid: an overview. **International Journal of Food Science and Nutrition**, Oxford, v. 44, n. 7, p. 59-72, Feb. 1993.

SECRETARIA DA AGRICULTURA DO ESTADO DA BAHIA. **Frutas: a** caminho de um grande mercado. Salvador, 1996. v. 3.

SELVARAJ, Y.; PAL, D. K. Changes in the chemical composition of papaya (Thailand variety) during growth and development. **Journal of Food Science and Technology**, New Delhi, v. 19, p. 257-259, Nov./Dec. 1982.

SELVARAJ, Y.; SUBRAMANYAN, M. D.; IYER, C. P. A. Changes in the chemical composition of four cultivars of papaya (*Carica papaya* L.) during growth and development. **Journal of Horticultural Science**, Kent, v. 57, n. 1, p. 135-143, 1982.

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 Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 6, p. 1230-1233, Nov. 1994.

SEREK, M.; TAMARI, G.; SISLER, E. C. 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 394, p. 337-345, 1995.

SHEWFELT, R. L. What is quality? **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 197-200, Mar. 1999.

SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall; New York: J. Wiley, 1993.

SISLER, E. C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Plant Physiology**, Rockville, v. 100, n. 3, p. 577-582, July 1997.

SISLER, E. C.; BLANKENSHIP, S. M.; GUEST, M. Compounds interacting with the ethylene receptor. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.553, p.159-162, 2001.

SOMOGHY, M.; NELSON, N. Notes on sugar determination. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, n. 2, p. 375-381, 1944.

SOUZA, A. L. B. de; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.; MACHADO, J. da C. Respostas bioquímicas em tecidos de pêssego ferido mecanicamente e tratado com CaCl<sub>2</sub> no local da injúria. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 658-666, jul./set. 1999.

STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Analysis de vitaminas**: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo. 1967. 428 p.

TEIXEIRA, G. H. de A.; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B. H.; ROSSI JÚNIOR, O. D. **Processamento mínimo de mamão 'Formosa'**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 21, n. 1, p. 47-50, Jan./abr. 2001.

VILAS BOAS, E. V. de B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA, 2002. 68 p.

WATADA, A. E.; HERNER, R. C.; KADER, A. A.; ROMANI, R. J.; STABY, G. L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v.19, n. 1, p. 20-21, 1984.

WATKINS, C. B. Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological basis**. Columbus: CRC, 2002. 279 p.

WILLS, R. B. H.; WIDJANARKO, S. B. Changes in physiology, composition and sensory characteristic of Australian papaya during ripening. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 35, n. 5, p. 1173-1176, 1995.

YANG, S. F.; HOFFMANN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review Plant Physiology**, Palo alto, v. 35, p. 155-189, 1984.

## ANEXOS

	<b>Página</b>
<b>TABELA 1A</b> Resumo de análise de variância e respectivos níveis de significância para perda de massa, firmeza, sólidos solúveis, açúcares totais, sacarose e açúcares redutores de mamões cv. Sunrise Solo submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados sob condições ambientais.....	71
<b>TABELA 2A</b> Resumo de análise de variância e respectivos níveis de significância para vitamina C, acidez titulável, pectina total, pectina solúvel, solubilização de pectinas e pectinametilesterase de mamões cv. Sunrise Solo submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados sob condições ambientais.....	72

**TABELA 1A.** Resumo da análise de variância para perda de massa (PM), firmeza (F), sólidos solúveis (SS), açúcares totais (AçT), sacarose (Sac), açúcares redutores (AR) de mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados sob condições ambientais.

71

FV	GL	QM					
		PM	F	SS	AçT	Sac	AR
Tratamentos	3	9,7981**	849,6449**	0,7375**	2,5129**	0,1398**	1,6307**
Dias	4	99,3689**	1063,7109**	0,1708 <sup>NS</sup>	5,2458**	1,2013**	8,1719 <sup>NS</sup>
Trat. x Dias	12	1,5106**	38,8054**	0,2375**	0,1241**	0,0858**	0,0885**
Resíduo	40	0,0583	4,4380	0,0750	0,0542	0,024	0,0253
CV%	-	4,49	9,77	2,81	3,24	8,85	2,42

NS, \*\*, Teste de F não-significativo e significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente.

**TABELA 2A.** Resumo da análise de variância para vitamina C (vit C), acidez titulável (AT), pectina total (PT), pectina solúvel (PS), solubilização de pectinas (SL), pectinametilesterase (PME) de mamões ‘Sunrise Solo’ submetidos ao tratamento com 1-MCP e armazenados sob condição ambiente.

FV	GL	QM					
		Vit C	AT	PT	PS	SL	PME
Tratamentos	3	53,1892**	0,000051 <sup>NS</sup>	0,0613**	0,0671**	4679,3034**	7110657,1149**
Dias	4	1580,2379**	0,000258**	0,1783**	0,0225**	3008,7541**	4867304,6796**
Trat. x Dias	12	46,8594**	0,000083**	0,0082**	0,0016**	158,9350**	648334,9969**
Resíduo	40	8,5055	0,000040	0,0012	0,0002	13,3441	2072,6015
CV%	-	5,62	20,65	7,24	5,97	8,73	0,84

NS, \*\*, Teste de F não-significativo e significativo, a 5% de probabilidade, respectivamente.