



**VIDA ÚTIL PÓS-COLHEITA DE MAMÃO SUBMETIDO A
TRATAMENTO COM CÁLCIO E FILME DE PVC**

URQUISA DE OLIVEIRA BICALHO

1998

02 18710

ÃO EFM
E

1000

102A

MPN 28413

URQUISA DE OLIVEIRA BICALHO

**VIDA ÚTIL PÓS-COLHEITA DE MAMÃO SUBMETIDO A
TRATAMENTO COM CÁLCIO E FILME DE PVC**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do
Curso de Doutorado em Ciência dos
Alimentos, para obtenção do título de
"Doutor".

Orientador

Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1998**

CDD-664.8046

N.º P
D A

68

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

Bicalho, Urquisa de Oliveira

Vida útil pós-colheita de mamão submetido a tratamento com cálcio e
filme de pvc / Urquisa de Oliveira Bicalho. – Lavras : UFLA, 1998.

145 p. : il.

Orientador: Adimilson Bosco Chitarra.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

I. Mamão. 2. Cálcio. 3. Parede celular. 4. Atmosfera modificada 5.
Enzima pectínica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.804651

-634.65168

URQUISA DE OLIVEIRA BICALHO

**VIDA ÚTIL PÓS-COLHEITA DE MAMÃO SUBMETIDO A
TRATAMENTO COM CÁLCIO E FILME DE PVC**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 15 de abril de 1998

Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela Prof.^ª D.^ª M.^ª Isabel Fernandes Chitarra

Prof. Dr. José Fernando Durigan Prof. Dr. José Darlan Ramos


Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra
UFLA
(Orientador)

À minha família

Dolabella Bicalho,

DEDICO

**Se tivesse que esperar a perfeição,
meu livro nunca seria terminado.**

Tai T'ung

AGRADECIMENTOS

A Deus, presente em todos os momentos.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA e ao Departamento de Ciência dos Alimentos – DCA, pela oportunidade de realização do curso.

A CAPES, pelo apoio financeiro, através das taxas de bancada.

À UNESP – Campus de Ilha Solteira, pela liberação para a realização do curso.

Ao engenheiro agrônomo, Sr. Carlos Henrique – Empresa Calliman – E.S., pelo fornecimento da matéria prima.

Ao professor Admilson Bosco Chitarra, pela orientação, convívio e amizade.

À professora Maria Isabel Fernandes Chitarra, pela co-orientação, sugestões e amizade.

À professora Vânia Déa de Carvalho, pelo incentivo, amizade e apoio durante todo o curso.

A todos os professores do curso, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Chefe do Departamento de Ciência dos Alimentos, Paulo Roberto Clemente, pela amizade e estímulo.

A professora Celeste Maria Patto de Abreu, pela inestimável amizade e apoio.

Ao professor Luiz Ronaldo de Abreu, pela amizade.

Aos funcionários da EPAMIG, Sílvio, Laerte, Janir, Samuel, Geraldo, Odair, Eliane e Ismael (*in memoriam*”), pela colaboração e alegre convivência.

Ao professor Augusto Ramalho de Moraes, pelas valiosas sugestões estatísticas na parte experimental do trabalho.

As funcionárias da FAEPE (Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão), Sandra e Constantina, pelo apoio durante a realização das análises laboratoriais.

À Ana Helena Romaniello Coelho, UFLA – DCA, pelo estímulo, apoio constante e amizade sempre presentes para a concretização deste trabalho.

Ao professor Josivan Barbosa Menezes, professor da ESAM – Mossoró (RN), pelas colaborações valiosas no desenvolvimento e na execução da parte experimental do trabalho.

Aos professores da UNESP – Campus de Ilha Solteira, Francisco Villarreal Alvarado, Dalva Maria de Oliveira Villarreal, Marco Eustáquio de Sá e Darcy Hiroe Fuji Kanda pelo apoio e amizade em todas as horas necessárias.

Ao professor Eduardo V. B. Vilas Boas, pela amizade e agradável convívio.

Às alunas de pós-graduação Luciana Costa Lima e Juliana Audi.

Aos alunos de iniciação científica Newton e Gustavo H. de Almeida Teixeira, pela colaboração nas análises de laboratório.

Aos colegas Fábio del Monte Cocozza, Josane, Poliana Mara e Pedro Henrique, pelo companheirismo e desprendimento.

Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos – DCA, pelos anos agradáveis de convívio.

Aos colegas do curso pelo companheirismo: Heloísa, Luiz Carlos, Ricardo, Silvana, Helenice, Andréa, Rose, Regina, Rogério Amaro e Neide.

À Luciana Maria Vieira Lopes, pela colaboração no trabalho de digitação.

À Solange, Aloísio, D. Augusta e Sr. Pereira (Hotel Califórnia), pela amizade e hospitalidade durante todos estes anos.

SUMÁRIO

Página

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Aspectos gerais.....	3
2.2 Transformações durante a maturação.....	5
2.2.1 Atividade respiratória e etileno.....	6
2.2.2 Açúcares, sólidos solúveis e acidez.....	10
2.2.3 Textura.....	14
2.2.4 Parede celular e enzimas hidrolíticas.....	17
2.3 Ponto de colheita e tecnologia pós-colheita.....	24
2.3.1 Uso do cálcio.....	25
2.3.2 Tratamento hidrotérmico.....	31
2.3.3 Tratamentos de proteção.....	35
2.3.4 Injúria.....	37
2.4 Recentes avanços nos estudos de biologia molecular aplicados ao mamão.....	40
3 MATERIAL E MÉTODOS	42
3.1 Procedência dos frutos.....	42
3.2 Tratamentos.....	42
3.3 Preparo das amostras.....	43
3.4 Avaliações.....	44
3.4.1 Aparência externa e interna.....	44
3.4.2 Perda de massa.....	44
3.4.3 Textura.....	45

3.4.4 Sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT) e pH.....	45
3.4.5 Açúcares totais, redutores e não redutores.....	45
3.4.6 Amido.....	46
3.4.7 Vitamina C total.....	46
3.4.8 Clorofila total.....	47
3.4.9 Carotenóides.....	47
3.4.10 Substâncias pécticas.....	47
3.4.11 Grau de esterificação – GE.....	48
3.4.12 Análise da atividade de poligalacturonase – PG.....	48
3.4.13 Análise de pectinametilsterase – PME.....	49
3.4.14 Determinação de cálcio.....	49
3.4.15 Parede celular.....	50
3.4.16 Delineamento experimental.....	55
3.4.17 Análise estatística.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1 Aparência interna externa.....	56
4.2 Perda de massa.....	59
4.3 Textura.....	63
4.4 Sólidos solúveis (SS), acidez titulável total (AT), pH e SS/AT	68
4.5 Açúcares redutores, sacarose e açúcares totais.....	77
4.6 Amido.....	81
4.7 Vitamina C total	83
4.8 Clorofila total e carotenóides.....	85
4.9 Substâncias pécticas, pectinametilsterase e poligalacturonase.....	89
4.10 Parede celular.....	101
4.10.1 Grau de esterificação (GE).....	101
4.10.2 Cálcio.....	105
4.10.3 Celulose.....	107
4.10.4 Açúcares neutros não celulósicos.....	109
5. CONCLUSÕES.....	117
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
ANEXOS	141

RESUMO

BICALHO, URQUISA DE OLIVEIRA. Vida útil pós-colheita de mamão submetido a tratamento com cálcio e filme de PVC. Lavras: UFLA, 1998. 145p. (Tese- Doutorado em Ciência dos Alimentos)*.

Frutos de mamoeiro da cv. 'Sunrise Solo' Line 72/12 foram colhidos no estágio de maturação tipo exportação e submetidos a tratamentos com cloreto de cálcio 2% e embalagem individual com PVC 15 micras, após o que foram armazenados durante 35 dias a temperatura de 10 °C e umidade relativa de 85%. Sua polpa foi avaliada quanto ao amaciamento, pH, acidez titulável total, sólidos solúveis, açúcares solúveis, amido, vitamina C, pigmentos, solubilização de pectinas, cálcio total e ligado, atividade de poligalacturonase e pectinametilsterase. No material de parede celular (MPC) do mesocarpo, isolaram-se a hemicelulose, as substâncias pécticas e a celulose. Durante o armazenamento, a associação dos tratamentos cálcio e embalagem promoveu menor solubilização das pectinas e menor degradação de açúcares totais, estendendo a vida útil dos frutos por 25 dias.

*Comitê orientador: Adimilson Bosco Chitarra (Orientador), Maria Isabel Fernandes Chitarra (Co-Orientador); Evódio Ribeiro Vilela, José Darlan Ramos e José Fernando Durigan.

ABSTRACT

Bicalho, Urquiza de Oliveira. Postharvest life of papaya fruit submitted to postharvest treatment with CaCl₂ and polyethylene package. Lavras: UFLA, 1998. 145 p. (Thesis – Doctor Science in Food Science).*

Papaya fruits cv. 'Sunrise Solo' Line 72/12 were harvested in exportation ripening stage, and submitted to 2% Calcium chloride and individual packaging treatments with use of PVC (15 micra), then were stored for 35 days at cold room temperature (10°C; 85% RH). Their fleshes were evaluated for firmness, pH, titrable acidity, soluble solids, soluble sugars, starch, vitamin C, pigments, pectins solubilization, total and bound Calcium, polygalacturonase and pectinmethylesterase activities. From the cell wall material of the mesocarp, hemicellulose, pectic substances and cellulose were isolated. During storage, the association of the treatments of Calcium and package brought about the poorest solubilization of pectins and the lowest breakdown of total sugars, extending by 25 days the postharvest life of the fruits.

*Advising Committee: Adimilson Bosco Chitarra (Adviser), Maria Isabel Fernandes Chitarra (Co-Adviser); Evódio Ribeiro Vilela, José Darlan Ramos e José Fernando Durigan.

1 INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma das fruteiras mais comuns em quase todos os países da América tropical, tendo-se tornado, já no início do século XVIII, amplamente conhecido no Oriente, sendo atualmente largamente cultivado na Índia, Sri Lanka, Arquipélago Malaio e em muitos outros países asiáticos. Nos países da América do Sul, América Central e Antilhas, bem como na África tropical, Havai e Austrália, seu cultivo permite abastecer tanto os mercados locais quanto os de exportação (Oliveira et al. 1994).

Usualmente o mamão brasileiro é exportado livremente para a Europa via marítima, exigindo nesta condição vida útil pós-colheita superior a 24 dias.

Em função do custo elevado de algumas técnicas pós-colheita mais sofisticadas como o uso de atmosfera controlada, torna-se necessário o desenvolvimento de outras técnicas capazes de prolongar a vida útil pós-colheita deste produto.

O cálcio é um dos elementos químicos mais importantes no prolongamento da vida útil pós-colheita de frutos e hortaliças. Do ponto de vista agrônômico, este elemento tem sido muito utilizado via solo ou foliar. Entretanto, mais recentemente, os tratamentos com a aplicação direta do cálcio no fruto nas fases de pré ou pós-colheita têm se mostrado efetivos em retardar o amolecimento de frutos e, conseqüentemente, em prolongar a vida útil pós-colheita. Além disso, nos últimos anos, as pesquisas com cálcio têm revelado a sua importância na

manutenção da parede celular, na integridade de membrana e a sua função regulatória nos vários processos que afetam o funcionamento da célula.

Outra técnica que tem sido bastante utilizada visando aumentar o período de conservação dos frutos relaciona-se ao uso de filmes plásticos. O uso desta técnica tem sido eficiente em retardar a senescência de diversos frutos e hortaliças. Atualmente, vários frutos tropicais são comercializados envolvidos em filmes plásticos de diversas densidades.

Assim sendo, o presente trabalho teve os seguintes objetivos:

Geral:

Avaliar as mudanças químicas e bioquímicas de frutos do mamoeiro 'Sunrise-Solo' Improved Line 72/12 submetidos a tratamentos pós-colheita com cloreto de cálcio e embalagem em PVC, durante o armazenamento refrigerado ($10 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de UR) por 35 dias.


Específicos:

- Caracterizar química e bioquimicamente a qualidade pós-colheita com aplicação de cloreto de cálcio e filmes de PVC, durante o armazenamento refrigerado ($10 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de UR) por 35 dias através das enzimas poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME).


- Caracterizar quantitativa e qualitativamente estudos da parede celular com relação às mudanças nesses polímeros do mamoeiro 'Sunrise-Solo' Improved Line 72/12, submetidos a tratamentos pós-colheita com cloreto de cálcio e envolvidos em filmes de PVC, durante o armazenamento refrigerado ($10 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de UR) por 35 dias que possam auxiliar no entendimento para uma melhor conservação dos frutos no decorrer do processo de maturação e armazenamento.


2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais

 O mamoeiro é uma planta herbácea, tipicamente tropical, cujo centro de origem seja, 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 (Chan Jr. e Taniguchi, 1985; Medina, 1989)/

A produção mundial de mamão no ano 1995 foi de 5.494.457 ton/ano, liderada pelo Brasil, com uma produção anual de 1.800.000 ton/ano, situando-se entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu (EMBRAPA 1994; FAO, 1996). De acordo com informações (Brasil, 1998), as exportações de mamões papaia, frescos, em 1997, levantamentos realizados até dezembro, divulgam que 7.868.603 Kg líquidos de mamões foram exportados e de janeiro a fevereiro de 1998 foram exportados 1.524.822 Kg líquidos.

 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 e apresentando uma produtividade de 83,68/ton/ha/ano. 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.



O aumento da produção e a melhoria da qualidade do mamão cultivado naquela região possibilitou a conquista do mercado nacional e internacional, colocando a cultura em posição de destaque dentro da economia estadual (Marin et al. 1994; ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1995).

A partir da introdução do mamão 'Havai', 'Papaya' ou 'mamão da Amazônia', variedade do grupo Solo, obteve-se rápida aceitação pelo mercado internacional e abriu-se novo e importante mercado externo para o Brasil, observando-se atualmente uma tendência de crescimento das exportações brasileiras, as quais, tanto para os EUA como Japão só não são maiores por causa dos problemas fitossanitários, em especial a mosca das frutas. Pesquisas recentes mostram contudo que, quando verde e fisiologicamente desenvolvido, o mamão contém o benzoil isocianato, substância que oferece resistência ao ataque das moscas. Esses resultados permitirão, a curto prazo, maior abertura de comércio com aqueles países (Gregório, 1996).

A cultura do mamoeiro no Brasil está sustentada em uma estreita base genética, sendo bastante limitado o número de cultivares plantadas nas principais regiões produtoras. A maioria das cultivares de mamão utilizadas no mundo pertence ao grupo Solo, apresentando domínio quase que absoluto através das cultivares 'Sunrise-Solo' e 'Sunrise-Solo' Line, Improved 72/12. Estas cultivares são linhagens puras, isto é, material geneticamente uniforme, fixado por sucessivas gerações de autofecundação.

A Sunrise Solo, procedente da Estação Experimental do Havai (EUA), também conhecida como 'Mamão Havai', 'Mamão Papaya', 'Mamão da Amazônia', apresenta grande aceitação no mercado externo e interno, enquanto a cultivar 'Sunrise-Solo' Improved Line 72/12, utilizada neste trabalho, também procedente do Havai (EUA), foi introduzida no Brasil em 1982, nas fazendas experimentais de Linhares e Viana da Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), e apresenta uma grande aceitação no mercado interno

e externo. É uma cultivar precoce (iniciando a produção a partir do oitavo mês após o plantio), produtiva (pouco menos que a Sunrise Solo, que, segundo produtores do extremo sul da Bahia, pode chegar a 60 ton/ha no primeiro ano e 40 ton/ha no segundo ano de colheita). É a mais exigente em desbaste de frutos, com floração iniciando aos três ou quatro meses de idade, e com altura de inserção das primeiras flores de 60 a 70cm. Os frutos possuem tamanho pequeno (média de 405g), formato variando de piriforme a ovalado, com ou sem “pescoço”, casca lisa e polpa vermelho-alaranjada de boa qualidade. Apresenta maior resistência ao armazenamento que a ‘Sunrise Solo’ (Oliveira et al. 1994).

As cultivares havaianas do tipo Solo apresentam forma, tamanho e qualidade uniformes, o que mostra vantagens no manejo pós-colheita, como seleção e embalagem (Nakasone, 1988).

2.2 Transformações durante a maturação

Durante a maturação, os frutos sofrem grandes transformações físicas e químicas que representam um amálgama imenso de processos bioquímicos de síntese e degradação simultâneas ou seqüenciais, levando à melhoria dos atributos de qualidade, principalmente de pigmentação, textura e flavor (Tuker, 1993).

A indução e a evolução da maturação são etapas controladas durante o ciclo de vida do fruto, no qual enzimas específicas são sintetizadas ou ativadas, disparando ou acelerando os eventos metabólicos específicos. Com a maturação observa-se o aumento de peso, dos teores de açúcares totais e redutores, diminuição da firmeza e da acidez total titulável, desenvolvimento da cor e do flavor (Biale, 1975; Wills et al. 1981).

Segundo Bleinroth e Sigrist (1989), o ponto de colheita do mamão é de vital importância para se alcançar melhor aroma e sabor. Para a exportação por

via marítima deve-se colher frutos cuja cor esteja mudando de verde-escuro para verde-clara e com uma ou duas estrias ligeiramente amareladas. Neste ponto os frutos amadurecem uniformemente e apresentam melhor qualidade.

Desta forma, deve-se considerar que o ponto de colheita do mamão geralmente é determinado pelo período após a antese e pela aparência, tendo grande influência o tipo de mercado ao qual o fruto se destina (Durigan, 1994).

De acordo com Chitarra e Chitarra (1990), a colheita do fruto deve ser realizada antes do mesmo completar sua maturação. Ainda segundo os autores, se a colheita é efetuada com o produto muito maduro, sua vida útil será muito pequena e as perdas elevadas, devido à baixa resistência física dos mesmos.

Alguns autores têm relacionado a aparência externa com a qualidade da polpa. De acordo com Akamine e Goo (1977), existe uma relação entre a percentagem de amarelo da casca e o conteúdo de sólidos solúveis totais da polpa. Até o nível de 80% amarelo, a percentagem de sólidos solúveis aumenta em relação direta com o amarelo e a partir deste ponto começa a diminuir, provavelmente, devido à senescência.

Embora durante as etapas de classificação pós-colheita haja uma preocupação por parte dos exportadores em uniformizar os frutos num mesmo estágio morfológico, é comum a desuniformidade de amadurecimento, quando desembarcados na região de destino (Balbino, 1997).

2.2.1 Atividade respiratória e etileno

Os frutos têm sido divididos em classes de climatéricos e não climatéricos com base no padrão de respiração durante a maturação e amadurecimento (Biale, 1981). Estas espécies de frutos (ex. maçãs, bananas, abacates e tomates) que pertencem à classe dos climatéricos sofrem uma fase distinta de amadurecimento, assinalada pela elevação climatérica na respiração e

produção de etileno, enquanto que os membros da classe dos não climatéricos (ex. citrus e uvas) não exibem esta fase distinta.

Algumas mudanças bioquímicas que ocorrem em associação com o amadurecimento do fruto são mudanças de cor (colapso celular da clorofila), mudança na textura (amaciamento da parede resultante da solubilização de pectinas e celulose), síntese de compostos do aroma, conversão do amido em açúcares, aumento na taxa de respiração, aumento na síntese do etileno e abscisão (Biale, 1981).

* McMurchie, McGlasson e Eaks (1972) observaram 2 sistemas de produção de etileno com relação aos padrões de produção deste hormônio, durante o desenvolvimento dos frutos climatéricos: sistema 1 é o de baixo nível de etileno presente no fruto imaturo antes do seu amadurecimento, e o sistema 2 representa a explosão autocatalítica da produção do etileno acompanhando o processo de amadurecimento (Lelièvre et al. 1997).

O mamão apresenta padrão respiratório climatérico acompanhado por um padrão típico de produção de etileno (Akamine, 1966; Selvaraj et al. 1982; Monselise, 1986). O aumento na liberação de CO₂ ocorre paralelamente ao consumo de O₂ e o pico climatérico, simultaneamente com a fase de amadurecimento (Paull e Chen, 1983). O aumento na produção do etileno é acompanhado por elevação da respiração paralelamente ao aumento de CO₂ (Paull e Chan Jr., 1983). A taxa respiratória indica a velocidade com que ocorre o metabolismo dos vegetais, e altas taxas respiratórias estão geralmente associadas a um período curto de armazenamento.

Com base na curva respiratória, Akamine (1966) verificou que o amadurecimento do mamão ocorre satisfatoriamente à temperatura de 25 °C. A temperatura mínima para o armazenamento do mamão é determinada pela sua suscetibilidade à injúria pelo frio "chilling injury" (CI) sendo a temperatura utilizada para o armazenamento do mamão na faixa 9 e 12°C. Sob temperaturas

abaixo desses valores, os frutos podem manifestar as injúrias provocadas pelo frio, que se caracterizam por escaldadura na casca, áreas endurecidas ao redor dos feixes vasculares, presença de tecido com textura aquosa na polpa, atraso e desuniformidade no amadurecimento e aumento na suscetibilidade a outros patógenos de pós-colheita (Chen e Paull, 1986).

Com o início do amadurecimento, o etileno é produzido mais intensamente como parte deste processo. Como os frutos permanecem em condição de aparente estresse fisiológico, durante o estágio pré-climatérico, considera-se ineficaz este baixo nível de etileno. Assim, a produção de etileno e/ou a sensibilidade ao etileno deve aumentar antes do início do amadurecimento. Entretanto, evidências experimentais indicam que os níveis baixos e constantes de etileno que existem até o estágio pré-climatérico são essenciais durante o amadurecimento (Yang, 1986).

De acordo com Yang (1985) se o baixo nível de etileno até o estágio pré-climatérico é fisiologicamente inativo, é esperado que a redução nesta baixa concentração do etileno interno ou a inibição da ação do etileno até este estágio não atrasem o amadurecimento. A concentração interna do etileno pode ser reduzida fisicamente mantendo os frutos em condições hipobáricas, ou quimicamente, pela aplicação de um inibidor da biossíntese do etileno, como a aminoetoxivinilglicina (AVG), e a ação do etileno pode ser inibida pela aplicação da Ag^+ ou norbornadieno, um antagonista da ação do etileno. Todos esses tratamentos têm sido mostrados como efetivos em retardar o amadurecimento.

Chan Jr. (1986 a) verificou que a enzima formadora de etileno (EFE) que converte 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) para etileno, é sensível ao calor e funciona como um bom indicador bioquímico de injúria pelo calor em mamão. Paull e Chen (1990) também constataram que o conteúdo de ACC (ácido 1-carboxílico 1-amino ciclopropano) aumenta durante o

amadurecimento de mamão. Eles observaram que frutos termicamente injuriados por tratamento de 42°C por 30 minutos, seguidos por 49°C por 70 minutos, a concentração de ACC no mesocarpo apresentou-se mais alta e dois dias mais cedo do que num tratamento mais suave (49°C por 20 minutos). Esse aumento na produção de ACC refletiu-se na maior concentração de etileno três dias após.

Avanços com relação às pesquisas na regulação da expressão do gene para o etileno têm sido feitos, mas, infelizmente, pouco se conhece da natureza e característica dos receptores do etileno, da via de transdução do sinal do etileno e seu alvo final (Yang, 1987; Deikman, 1997). O que parece promissor atualmente é que o conceito de Sistema 1 e Sistema 2 do etileno poderá ser explicado mecanisticamente pela ativação diferencial de membros individuais destas famílias de genes. Os primeiros membros responsáveis da família de genes para o Sistema 2 de produção de etileno já foram identificados. Vários genes das famílias ACC sintase e ACC oxidase podem estar envolvidos em um complexo temporal e um padrão de regulação espacial, um padrão que controla principalmente o início do amadurecimento do fruto. A elucidação deste padrão pode eventualmente explicar observações que levam ao conceito de Sistema 1 e Sistema 2 do etileno (Oetiker e Yang, 1995).

Estudos da inativação pelo calor mostraram que o sistema ACC oxidase em mamões é bifásico e ambas as fases seguem cinética de primeira ordem (Chan Jr., 1986a). O efeito do calor foi também observado sobre a inativação da enzima formadora do etileno (EFE), a qual converte o ácido 1-carboxílico 1-amino ciclopropano (ACC) em etileno. Em mamões colhidos em diferentes estádios de maturidade foi constatado que, no mesocarpo e endocarpo de frutos com 25 e 50% da casca amarelada, a EFE foi mais sensível do que em frutos em início de amadurecimento (Chan Jr., 1991). Paull e Chen (1990) observaram que, após a atividade da EFE ter sido rapidamente reduzida a 10% do valor inicial, sob a ação de um tratamento térmico injuriante, e a 40%, sob a ação de

um tratamento térmico não injuriante, ela retornou ao seu estado original três e dois dias após a aplicação dos respectivos tratamentos. Ainda segundo os autores, parece ser improvável que o rompimento da síntese de etileno seja a causa da falha no amaciamento dos frutos.

O tratamento térmico afeta também a atividade respiratória, e um tratamento térmico injuriante aumenta a taxa respiratória, quando comparado ao tratamento não injuriante (Paull e Chen, 1990).

Um dos sistemas que pode ser inibido por temperaturas elevadas é o relacionado à degradação de parede celular. Muitos estudos têm sido direcionados para as enzimas que degradam a parede celular, ocasionando o amaciamento do fruto.

2.2.2 Açúcares, sólidos solúveis e acidez

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 dos frutos. 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 maturidade e da porção do fruto (Arriola et al. 1980). Os açúcares desempenham um papel importante no “flavour” característico do mamão e também na avaliação comercial da qualidade do fruto fresco e de seus produtos processados.

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. (Chan Jr. et al. 1979).

Segundo Bleinroth e Sigrist (1989), os mamões não devem ser colhidos com menos de 11,5% de sólidos solúveis totais (SST) no suco. Segundo Chitarra e Chitarra (1990), o teor de açúcares nos frutos, normalmente, constitui 65 a 85% do teor de sólidos solúveis.

Aziz, El-Nabawy e Zaki (1976), 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 (SS) do início do desenvolvimento até a colheita. Na primeira estação, os frutos atingiram conteúdos maiores de SS 25 semanas após o início do desenvolvimento. Entretanto, na segunda estação, estes valores alcançaram o máximo após 17, 21 e 25 semanas para os frutos que iniciaram em junho, julho e agosto, respectivamente.

Akamine e Goo (1971), estudando a relação entre o desenvolvimento superficial da cor e o total de sólidos solúveis em mamão, verificaram que, para os frutos atingirem o mínimo de sólidos solúveis, teriam que apresentar a superfície com 6% de coloração amarela, sendo que, para a cultivar Solo, o máximo de sólidos solúveis ocorre quando o fruto apresenta em torno de 33% de sua superfície amarelada.

O teor de sacarose, que é baixo antes do início do amadurecimento (15% do açúcar total), aumenta rapidamente após 110 dias da 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, com queda na concentração de sacarose e aumento nos teores de glicose e frutose, indicando que a sacarose é hidrolisada para açúcares simples. (Chan Jr. et al. 1979).

Aziz, El-Nabawy e Zaki (1976) demonstraram que as mudanças no conteúdo de açúcares totais em mamão exibiram quase uma tendência similar durante o crescimento do fruto. Segundo os autores, o conteúdo de açúcar foi

caracterizado por um baixo valor no estágio inicial de crescimento dos frutos seguido por um aumento gradual até alcançar seu máximo na época da colheita.

Em mamão, o teor de açúcares totais aumenta progressivamente da antese até o 130^o dia e, em seguida, o aumento é mais pronunciado até o amadurecimento do fruto (Selvaraj e Pal, 1982). De acordo com esses autores, há um comportamento similar para as transformações dos açúcares durante o amadurecimento dos mamões das variedades 'Coorg Honey Dew', 'Pink Flesh Sweet' 'Sunrise Solo'. Os valores de sacarose são conflitantes e variam consideravelmente. Eles observaram que durante a ontogenia dos frutos da cv. Thailand, os níveis de sacarose, glicose e frutose eram respectivamente de 10,8-41,6%, 19,9-66,5% e 17,5-37,5% dos açúcares totais.

Segundo Chan Jr. e Kwok (1975), estas diferenças e estes baixos valores para sacarose podem ser explicados pela alta atividade da invertase presente no mamão. Segundo os autores, se esta não for inativada, antes ou imediatamente após ruptura dos tecidos, níveis baixos de sacarose poderão ser detectados, visto que 50% destes açúcares são perdidos em 2,66 minutos. Chan Jr. e Kwok (1976) mais tarde isolaram e caracterizaram esta enzima como β -frutofuranosidase.

Honório et al. (1988) verificaram para frutos mantidos à temperatura ambiente, que os açúcares totais, sacarose e redutores apresentaram variações durante o período de maturação. Inicialmente observaram-se redução durante a fase pré-climatérica com posteriores acréscimos referentes à fase de ascensão climatérica e, finalmente, decréscimos nas fases pós-climatérica e senescência. Em condições controladas (10°C), os açúcares totais e redutores diminuíram, para em seguida apresentarem variações de aumentos e diminuições até o 30^o dia após a colheita. A partir desse período, esses açúcares aumentaram consideravelmente seus valores, quando colocados à temperatura ambiente, até o final do período de amadurecimento. A sacarose, de modo geral, apresentou decréscimo até o 30^o dia e, posteriormente, quando os frutos foram colocados

em condições ambientes, ocorreram variações com aumentos nos teores desse carboidrato.

Pelo fato do papaia não ter reserva de amido para a produção de açúcares solúveis após a colheita, o fruto permanecendo no mamoeiro acumulará mais açúcar e desenvolverá melhor qualidade (Chan Jr. et al. 1979). De acordo com Pal et al.(1980) e Selvaraj, Pal e Subramanyam (1982), o mamão apresenta uma característica diferente, visto que seus teores de amido ocorrem durante o desenvolvimento com valores menores que 1 %.

Draetta et al. (1975) verificaram que mamões da cultivar Solo apresentam uma variação de pH entre 4,8 a 5,8 durante o amadurecimento, enquanto que, para a mesma cultivar, Chen (1963) verificou pequeno aumento de acidez.

Honório e Rocha (1988), trabalhando com armazenamento de mamão cv. Solo (ambiente e 10°C, 80-90% UR), observaram que o pH em ambas as condições decresceu levemente e na mesma proporção. Os frutos que foram retirados do refrigerador e colocados à temperatura ambiente também apresentaram decréscimo no valor de pH e, de um modo geral, os frutos conservados a 10°C apresentaram valores de acidez pouco maiores que os frutos mantidos à temperatura ambiente.

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

Segundo Aziz, El-Nazawy e Zaki (1976), o mamão contém 0,6% de acidez, quando realizada por titulação com NaOH. Wills e Widjanarko (1995),

trabalhando com mamão maduro, mantido a 20, 25 e 30°C, obtiveram valores de acidez total titulável de 0,84, 1,16 e 1,37 meq/100g, respectivamente.

Pesquisas realizadas por Arriola et al. (1975), observando a maturação de mamões à temperatura ambiente (24°C), verificaram que a acidez total titulável (AT) aumentava e somente decrescia, quando os frutos já estavam senescentes.

Draetta et al. (1975) também relatam um aumento da acidez, principalmente na parte superior da polpa de mamão com uma diminuição gradativa do pH. Estes autores explicam este acréscimo de acidez pela formação do ácido galacturônico, em consequência da hidrólise da pectina pela pectinametilesterase ou pectinesterase (PME ou PE). Lazan, Ali e Liang (1989) observaram que a acidez titulável aumenta com o amadurecimento dos frutos somente até atingir aproximadamente 75 % da superfície amarela da casca; a partir daí os níveis decrescem, exceto no interior do mesocarpo, onde a acidez titulável aumenta até o fruto atingir completo amarelecimento.

Chan Jr. et al. (1971) também observaram que o ácido galacturônico, juntamente com os ácidos α -cetoglutárico, cítrico, málico, tartárico e ascórbico também foram identificados, através de cromatografia líquida-gasosa, que os ácidos málico e cítrico apresentavam-se em iguais quantidades em mamão 'Solo', o α -cetoglutárico em quantidade bem menor, e os três, juntamente com o ácido ascórbico, contribuíram com 85% do total de ácidos presentes neste fruto.

2.2.3 Textura

Segundo Awad (1993), a textura é um dos principais atributos de qualidade em frutos, e as propriedades mecânicas de resistência dos tecidos se correlacionam com as características estruturais do conglomerado celular. A

textura depende da coesividade, do tamanho, da forma e da turgidez das células que compõe o tecido.

O processo de amaciamento é parte integrante do amadurecimento de quase todos os frutos e tem grande importância comercial devido à vida pós-colheita do fruto ser limitada, em grande parte, pelo aumento do amaciamento, que o torna mais susceptível a injúrias mecânicas e a doenças durante o manuseio pós-colheita.

Zhang e Paull (1990), estudando o comportamento de genótipos de mamão, observaram que, em duas linhas de papaias de amadurecimento lento, a **RL-1-3** e **RL-1-12**, o amadurecimento não se iniciava até que a casca estivesse 80% amarela e que o amaciamento da **RL-1-3** ocorria mais rapidamente que o da **RL-1-12**.

O amaciamento, durante o amadurecimento de muitos frutos, é ocasionado provavelmente por mudanças na atividade de enzimas sempre presentes nas células sendo que uma das principais características do mesmo são as mudanças de textura (Fischer e Amado, 1994). A degradação de protopectina da lamela média e da parede celular primária, o aumento da pectina solúvel e a perda de açúcares neutros não-celulósicos, relatados durante o amadurecimento dos frutos (Gross e Sams, 1984), têm sido sugeridos como causas principais da perda da textura.

O amaciamento do mamão acontece no período de 6 a 12 dias quando colhido no estágio *break*. A pectina solúvel em água declina rapidamente no estágio em que a superfície da casca apresenta-se 70 a 80% amarela, com nenhum declínio no conteúdo de pectina solúvel em ácido (Chen, 1964).

O amaciamento do mesocarpo do mamão é devido à atividade de enzimas que degradam a parede celular e não à degradação de amido, uma vez que já foi constatado que o fruto não tem este constituinte durante a ontogenia (Chan Jr. et al. 1979, 1981).

Segundo Lourenço e Catutani (1984), a pectinametilesterase (EC 3.1.1.11) é inibida pelo ácido poligalacturônico (inibidor competitivo) e seu valor de K_i é de $0,07\text{g.litro}^{-1}$.

No amadurecimento do mamão a poligalacturonase (EC 3.2.1.15) e a xilanase (EC 3.2.1.32) são produzidas apenas quando o fruto apresenta a superfície entre 40% a 60% amarela (Paull e Chen, 1983). Este padrão contrasta com a produção contínua de PG em tomates (Grierson, 1985) e celulase (EC 3.2.1.4) em abacate (Christoffersen et al. 1982).

Na maioria dos frutos, a atividade da PG aumenta durante o amadurecimento concomitantemente com um aumento na maciez do fruto e a solubilização de poliuronídeos de parede (Hobson, 1981; Knee e Bartley, 1981 e Huber, 1983).

Em mamões, a atividade da PG variou com a profundidade do tecido (Chan Jr., Tam e Seo, 1981), mas o significado da enzima para a maciez do tecido em diferentes profundidades não tem sido estudado em detalhes.

Existe uma boa relação entre medidas de amadurecimento, respiração, produção de etileno, cor da casca e a atividade de enzimas que degradam a parede celular, particularmente PG, xilanase e celulasas (Paull e Chen, 1983).

Chan Jr., Tam e Seo (1981), estudando a relação entre amadurecimento do fruto, mudança da cor e o nível de PG, observaram que a PG aumentava durante o amadurecimento do fruto sendo este aumento tanto maior quanto mais próximo do endocarpo.

Segundo Paull e Chen (1983), existe uma variação entre cultivares de mamão com relação à taxa de amaciamento e, particularmente, à taxa em que a polpa perde toda a textura e torna-se embebida em água.

A mudança de textura associada com o amadurecimento do fruto é influenciada fortemente por modificações na estrutura e composição de parede celular (PC). O efeito das modificações da parede celular no amadurecimento do

fruto tem sido mostrado por microscopia eletrônica, e a dissolução da região da lamela média bem como desordem geral do material remanescente de parede celular ainda não estão claros (O'Donoghue et al. 1997).

Em estudos sobre o comportamento quanto à textura de mamões cv. Solo, D'Innocenzo (1996) observou uma diferença de comportamento entre os frutos irradiados e não irradiados. Os frutos controle apresentaram uma queda na força necessária para o rompimento da polpa dois dias antes que os frutos irradiados, sugerindo que a irradiação tenha atuado de alguma forma (direta ou indiretamente) na textura (firmeza ou maciez) dos frutos submetidos a esse tratamento.

2.2.4 Parede celular e enzimas hidrolíticas

A parede celular das plantas possui uma diversidade de funções, sendo as mais conhecidas: conferir força mecânica e forma à célula, além de rigidez a toda planta ou órgão; controlar o crescimento celular por enfraquecimento seletivo da parede; proteger contra o ataque de patógenos e predadores e participar na comunicação entre células (Brett e Waldron, 1990). De acordo com Carpita e Gibeau (1993) teria também funções de conter componentes para a sinalização e comunicação por continuidade simplástica, através das plasmodesmatas, além de formar conexões com a membrana plasmática como resultado da adaptação a estresses osmóticos.

A parede celular vegetal consiste de um número de camadas mais ou menos distintas. O primeiro material formado é encontrado na região onde a parede de uma célula se une à da célula vizinha, e o último encontra-se próximo ao plasmalema (Brett e Waldron, 1990). No tecido parênquimatoso de frutos comestíveis, a camada externa à parede primária é a lamela média, que é depositada durante a divisão celular, agindo como uma espécie de cimento entre

células adjacentes. Essa lamela média é composta principalmente por substâncias pécticas (SP) e é importante na textura de frutos e hortaliças (Southgate, 1989; Fischer, Arrigoni e Amado, 1994).

Na parede, as fibrilas de celulose estão dispostas à maneira de uma rede aparentemente randômica, circundadas por uma matriz de polissacarídeos tipo hemicelulose (HC).⁶ As paredes celulares da maioria dos vegetais comestíveis são estruturas delicadas, sendo que o grau de organização desta parede sobrepuja o da lamela média e contém principalmente pectinas, hemicelulose e proteínas (Brett e Waldron, 1990).

Avanços recentes nas técnicas químicas e físicas têm esclarecido consideravelmente a arquitetura molecular da parede celular primária de plantas superiores. De acordo com os modelos correntes, a parede celular primária é composta de pelo menos duas redes de polissacarídeos independentes. Uma rede celulose-xiloglucana sendo considerada uma importante estrutura produtora de cargas na parede celular primária (Carpita e Gibeau, 1993). As aberturas e/ou fendas na rede de celulose-xiloglucana são preenchidas por uma rede de polissacarídeos pécticos que podem controlar a porosidade da parede celular. Com base em estudos microscópicos do parênquima de cebola, os pesquisadores construíram um modelo em escala da parede celular primária e observaram que as características gerais deste modelo possam ser aplicáveis também ao parênquima de outros tecidos (Vincken et al. 1997).

A parede celular primária (com aproximadamente 75 nm de espessura) está localizada entre a membrana plasmática e a lamela média (com aproximadamente 50 nm de espessura). Esta parede consiste de uma fase microfibrilar e uma fase de matriz. A primeira fase apresenta alto grau de cristalinidade e composição relativamente homogênea, onde moléculas de celulose se alinham paralelamente em feixes que, agrupados, constituem as microfibrilas de celulose, as quais agregam numa malha estruturada e estável ao

redor da qual se organizam os outros polímeros, que compõem o gel da matriz (Brett e Waldron, 1990).

A celulose, importante componente da parede, é uma β -D- (1 \rightarrow 4) - glucana não ramificada também denominada de β -D- (1 \rightarrow 4) - glucopiranosil. Associa-se lateralmente em microfibrilas, cada uma com 5 a 12 nm de diâmetro e com comprimento indeterminado. Segundo Carpita e Gibeau (1993), os polissacarídeos xiloglucanas apresentam um esqueleto celulósico altamente ramificado, o qual interage intimamente com a celulose. Estas xiloglucanas são compostas de resíduos de α - xilosil em ligações (1 \rightarrow 6) ao longo do esqueleto β - D - (1 \rightarrow 4) - glucana (Hayashi et al. 1994).

A observação de que os polissacarídeos na maioria das dicotiledôneas contêm três resíduos xilosil para cada quatro resíduos 1,4- β -glucosil e contêm cadeias laterais R adicionais menores de resíduos de 1,2- β - galactosil e/ou resíduos α -fucosil - (1 \rightarrow 2) - β - galactosil ligados na posição C-2 dos resíduos xilosil levou Hayashi (1989) e Levy et al. (1991) a concluir que estes resíduos glucosil altamente ramificados contribuem para a solubilização do esqueleto 1,4 - β - glucana e controlam potencialmente a flexibilidade conformacional do 1,4 - β - glucana que é necessário para se ligar à celulose. Pode-se observar, portanto, que o conceito está bem estabelecido quanto a parede celular primária ser um compartimento da célula metabolicamente ativo.

As fibrilas de celulose são mantidas juntas por ligações de hidrogênio, e ligações semelhantes explicam a interação da celulose com hemicelulose. As moléculas de hemicelulose, além de cobrir as fibrilas de celulose, podem formar também pontes entre fibrilas adjacentes. As moléculas de hemicelulose têm comprimento suficiente para isto e, se de fato estas ligações ocorrerem, a clivagem destas pontes pode ser a causa principal do enfraquecimento da parede celular e, por conseguinte, do amaciamento. As hemiceluloses como polímeros contêm vários resíduos de açúcares neutros como xilosil, glucosil, fucosil e

manosil que podem estar ligados covalentemente à pectina, e podem estar associadas não covalentemente com as células via fortes pontes de hidrogênio (Gross, 1990; Seymour, 1993).

Os constituintes hemicelulósicos incluem também mistura de ligações glucanas, ambos contendo ligações (1→4) - β -D e (1 → 3) - β - D numa relação de 1:1 para 4:1 dependendo das espécies e dos métodos de extração e quantificação, as (1→4)- β - xilanas substituídas com arabinosil, glucuronosil únicos e grupos laterais de 4 - O - metil - D - glucuronosil e polímeros de xiloglucanas semelhantes àqueles predominantes na maioria das espécies de dicotiledôneas (Carpita, 1983).

Outro constituinte importante na parede celular são as substâncias pécticas (SP), que se constituem geralmente de resíduos de ácidos galacturônicos esterificados em ligações α - (1→4) (Fennema, 1993). As pectinas purificadas contêm invariavelmente teores insignificantes de açúcares não uronídeos covalentemente ligados, como ramnose, arabinose e xilose. A alta proporção de ácido galacturônico na maioria das pectinas vegetais confere um caráter altamente ácido ao polissacarídeo facilitando as interações iônicas com o cálcio (Maness, Ryan e Mort, 1990). As plantas alteram este caráter ácido pela adição ou remoção de metil ésteres dos resíduos de ácido galacturônico. O grau da metil esterificação (GM) varia entre tecidos vegetais e estágio de desenvolvimento.

Uma função principal da pectina em vegetais é a coesão, por meio de numerosas pontes cruzadas de cálcio (Ca^{2+}) formadas entre moléculas pécticas adjacentes. A ocorrência da metil esterificação aparentemente limita a habilidade da pectina de formar pontes cruzadas de cálcio inter ou intra polímeros nos grupos carboxílicos C-6 dos resíduos de ácido galacturônico, por alterar a distribuição de cargas da molécula. Para o estabelecimento de pontes cruzadas de cálcio entre cadeias pécticas adjacentes, o que se tem observado é que a

presença de sete ou mais resíduos de ácido galacturônico contíguos não metil-esterificados (Maness, Ryan e Mort 1990) se faz necessária.

9 [As substâncias pécticas são compostas por uma variedade de polímeros como as arabinanas, galactanas ou arabinogalactanas, as chamadas pectinas neutras, todas elas estruturalmente diferentes. As pectinas ácidas são compostas de ramnogalacturonanas e homogalacturonanas. As ramnogalacturonanas consistem basicamente de cadeias de resíduos de ácido galacturônico em ligações α - (1 \rightarrow 4) com ramificações de ramnose. A distribuição dos resíduos de ramnose é desconhecida. Contudo, ela pode ocorrer de maneira aleatória ou em ramificações organizadas, fornecendo ligações para as cadeias laterais (R) de açúcares neutros tais como arabinose e galactose. Os resíduos de ácidos galacturônicos podem se apresentar metilados ou não na posição C-6, entretanto, a distribuição desses resíduos metilados nos polímeros é desconhecida. O que se considera é que estes polímeros são mantidos juntos na parede celular tridimensional por uma variedade de ligações covalente e não covalentes, visto que são moléculas polihidroxiladas, hidrofílicas, poliiônicas e altamente hidratadas (Fry, 1986; Bacic, Harris e Stone, 1988; Seymour, 1993).]

Com relação às proteínas de parede celular, a mais intensamente estudada é a extensina, uma glicoproteína, constituída de proporções relativamente altas de resíduos de serina (Ser) e hidroxiprolina (Hyp), esta última não sendo muito comum no protoplasto (Pressey, 1977). De acordo com (Brett e Waldron, 1990), a porção protéica da parede celular, que normalmente compreende de 2 a 10 % do peso, é rica em hidroxiprolina, serina, alanina e glicina. [A hidroxiprolina pode ser freqüentemente encontrada ligada a um polissacarídeo de parede celular através de uma ligação β - galactosídica. É na porção protéica da parede que são encontradas as enzimas como as peroxidases, invertases, celulasas, fosfatases ácidas, pectinases, pectinametilesterases, malato

desidrogenase, além de uma quantidade de exo-glicanases, incluindo β -glicosidases, β -xiloxidases, α -e β -galactosidases.

Em frutos já está bem estabelecido que as mudanças texturais em grande parte é o resultado da hidrólise mediada por mecanismos enzimáticos e/ou não enzimáticos que, de certo modo, influenciam a arquitetura da parede celular (Seymour, 1993; Fry, 1995).

Um ampla faixa de enzimas nas paredes celulares de plantas superiores especialmente aquelas nas paredes celulares primárias foram identificadas. Muitas destas enzimas são hidrolases e transglicolases que clivam carboidratos estruturais da parede. Estas enzimas de parede ou são constitutivas durante o desenvolvimento e amadurecimento ou então estão presentes em quantidades muito baixas (O'Donoghue et al. 1997).

A parede celular é enzimaticamente degradada durante o amadurecimento acarretando o amaciamento do fruto. Desta forma, ênfase nos estudos das mudanças no tamanho molecular dos polímeros da parede celular que acompanham o amadurecimento dos frutos com conseqüente amaciamento, tem sido dada no sentido de melhor entender seus mecanismos. A maioria dos estudos bioquímicos tem envolvido a perda da firmeza relacionada à parede celular que acompanha o amadurecimento promovido pelo etileno. Devido à natureza variada de carboidratos complexos e mesmo à falta de metodologia apropriada, o alvo principal das pesquisas é entender os mecanismos que ocasionam as mudanças texturais que focalizem a degradação das pectinas de parede celular pela galacturonase (PG), pectinametilesterase (PME) ou pectinesterase (PE), β -(1 \rightarrow 4) glucanase ou celulase, β galactosidase (EC.3.2.1.26), xilanase, xiloxidase, exo-O-glicosilhidrolase, dentre outras (Fisher e Bennet, 1991; Huber, 1983; Fry, 1995).

Em mamões, estudos têm sido conduzidos a respeito da degradação enzimática da parede celular durante o amadurecimento (Chan Jr, Tam e Seo, 1981; Chan Jr. e Tam, 1982; Lazan, Selamat e Ali, 1995).

De acordo com Brett e Waldron (1990), em mamões ainda não se tem definida a relação direta da atividade da celulase no amaciamento da polpa. Os autores sugerem que tais mudanças na atividade da celulase, bem como de outras enzimas envolvidas no amadurecimento dos frutos, estariam sendo influenciadas pela produção de etileno durante este período.

D'Innocenzo (1996), no entanto, observou em mamões as atividades da PG e da PME em vários estádios de desenvolvimento dos frutos e concluiu que o amaciamento ocorria quando a atividade da PME era mínima e da PG era máxima.

³ A consequência de mudanças nos componentes de parede celular, durante o amadurecimento, observada entre frutos, mantém um grau de conservação, como na perda de açúcares neutros, solubilização e fragmentação de polímeros. Contudo, as vias para se obter estas modificações muitas vezes diferem entre espécies e podem ser dependentes da composição inicial da parede tanto quanto da capacidade do fruto de manter a síntese de parede, a produção de enzimas e as condições iônicas/pH no apoplasto. O efeito das modificações de parede na estabilidade da mesma no amadurecimento do fruto foi observado por microscopia eletrônica e a dissolução da região da lamela média e a desorganização geral do material de parede já está esclarecido. Então, a solubilização e a hidrólise das pectinas na lamela média pode influenciar grandemente no amaciamento do fruto durante o amadurecimento (O'Donoghue et al. 1997).

20 { As enzimas PG, PME e β -galactosidase que influenciam a estrutura da pectina podem então ter efeitos intensos na coesividade da parede durante o amadurecimento. A partir destes fatos, aceita-se atualmente que a mudança

textural durante o amadurecimento é um efeito composto das hidrolases de parede atuando em harmonia, mas efeitos individuais das mesmas na parede têm sido comprovados em frutos transgênicos que foram transformados pela inserção de um código genético na hidrolase de parede celular numa orientação antisense.

2.3 Ponto de colheita e tecnologia pós-colheita

O mamão é uma das culturas mais importantes nos trópicos, pela facilidade e rapidez de crescimento assim como pelas variedades de uso. Como o fruto completa sua maturação após ser colhido, existe um ponto de desenvolvimento, portanto, onde a colheita anterior a ele não é possível, e é representado pelos frutos ainda verdes, pois esses não amadurecerão após a colheita. O ponto de colheita de mamão geralmente é determinado pelo período após a antese e pela aparência, tendo grande influência o tipo de mercado ao qual o fruto se destina. Visando aumentar a vida de prateleira dos frutos, recomenda-se colhê-los bem no início de mudança da cor verde para amarela (Ruggiero e Durigan, 1986). Entretanto, o fruto tem uma vida pós-colheita relativamente curta, que varia de alguns dias a no máximo 3 a 4 semanas. O fruto adquire uma série de moléstias ou podridões que surgem após a sua colheita, devido a sua pouca consistência e por ser desprovido de uma casca com maior resistência que impeça a penetração de fungos e bactérias.

As perdas pós-colheita de mamões atingem grandes prejuízos econômicos e inúmeros tratamentos pós-colheita têm sido pesquisados no intuito de minimizá-los. Dentre estes tratamentos podemos citar o uso de refrigeração, da atmosfera modificada, da atmosfera controlada, do tratamento hidrotérmico, do tratamento intermitente, do pré-resfriamento, de compostos de cálcio, de

ceras na superfície dos frutos associadas ao armazenamento refrigerado, de filmes plásticos associados à refrigeração e da irradiação.

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.

2.3.1 Uso do cálcio

Os efeitos do cálcio nos frutos têm recebido especial atenção, visto que as aplicações desse cátion produzem efeitos positivos tanto no retardamento da maturação e da senescência, mediante a diminuição da respiração e da produção de etileno no complexo membrana-parede celular, como também no controle dos distúrbios fisiológicos e na conservação dos frutos (Awad, 1993).

O cálcio, apesar de ser largamente utilizado para o benefício dos mecanismos vitais de plantas, era usado na agricultura antes através de adubações no solo, e depois através de adubações foliares. Recentemente, com o avanço das técnicas de isolamento e separação dos componentes de parede celular de frutos e hortaliças, pode-se compreender mais intensamente o seu papel na manutenção da estrutura da parede celular. Isso fez com que sua utilização agrônômica passasse a ser feita também diretamente sobre o órgão de interesse (frutos, hortaliças ou outro). Nos últimos anos, têm-se intensificado as pesquisas que objetivam avaliar o comportamento pós-colheita de frutos e hortaliças submetidos a tratamentos com sais de cálcio.

As aplicações em pré-colheita são feitas usualmente através da pulverização de soluções aquosas de sais de cálcio em concentrações variáveis (1-8 %) de CaCl_2 e em diferentes épocas e números de aplicações, a partir da antese. Em pós-colheita, o uso de cálcio tem sido testado através da imersão em

solução aquosa sob pressão atmosférica ou sob pressão reduzida. Os estudos atuais estabelecem variáveis que influenciam a absorção do nutriente, tais como: concentração, temperatura, pressão, tempo de imersão e fonte de cálcio utilizada.

Outro aspecto interessante e que representa avanço, diz respeito à forma de avaliação do cátion no tecido do fruto. Atualmente as avaliações são feitas sobre os teores deste elemento que estão estruturalmente presos à parede celular e não simplesmente ao teor de cálcio total como era feito até pouco tempo. Com isso, procura-se quantificar o cálcio que realmente está preso à estrutura da parede celular e correlacioná-lo com o grau de esterificação das substâncias pécnicas. Apesar de consideráveis pesquisas, atualmente o uso do cálcio em nível comercial está ainda muito limitado, sendo que para alguns produtos como maçã, goiaba, pêsego, uva, morango, pêra, melão, manga, kiwi, entre outros, já existem resultados bastante promissores (Qiu, Nishina e Paull, 1995).

Muitas práticas pós-colheita incluem a pulverização com cálcio para impedir desordens do fruto. Como a maioria do cálcio aplicada nos tecidos do fruto se acumula aparentemente na região da parede celular-lamela média, é nesta região que ele parece exercer seus efeitos antisenescentes (Demarty, 1984; Ferguson, 1984).

A importância do cálcio como regulador do amadurecimento de frutos e hortaliças tem sido estudada há algum tempo. O cálcio é um macronutriente crítico para o crescimento e o desenvolvimento normal das plantas. Na região da parede celular, encontra-se algum cálcio presente em concentrações de 1 a 5 mM (Poovaiah, 1988). No tecido vegetal, o pectato de cálcio na lamela média atua como um agente cimentante que aumenta a adesão celular. Pelo fato de atuar como estabilizante nestas áreas, o cálcio ajuda a proteger os tecidos do fruto do mecanismo de amaciamento durante o amadurecimento e armazenamento.

Efeitos benéficos do cálcio na formação da lamela média e adesão das paredes celulares foram também verificados por Chung e Youn (1995).

O efeito do cálcio nos frutos é extenso, visto que suas mudanças fisiológicas, após a colheita, são contínuas. O cálcio é parte crítica da estrutura da parede celular, onde adiciona rigidez pela formação de ligações cruzadas na matriz polissacarídica péctica. Sams et al. (1993) e Conway, Sams e Watada (1995) observaram que a formação de ligações cruzadas de cálcio entre ácidos urônicos torna a parede celular menos acessível a enzimas que ocasionam o amaciamento, com a manutenção da firmeza e o aumento da resistência à invasão por certos microrganismos.

Segundo Poovaiah (1988), Poovaiah, Glenn e Reddy. (1988), Poovaiah e Reddy (1987), a senescência do tecido é influenciada pela degradação dos polímeros pécticos na parede celular, e frutos com maior concentração de cálcio amaciam mais lentamente.

O material péctico incorporado "de novo" na parede celular é altamente metilado, e sua desesterificação, necessária para a formação de pontes de cálcio, é catalisada pela pectinametilesterase (PE ou PME). A ação da PME requer outras concentrações de íons metálicos que, junto ao potencial eletrostático da parede celular, parece regular sua atividade (Alonso, Rodriguez e Canet, 1995).

O cálcio é essencial para a síntese de enzimas e para a estrutura macromolecular das membranas celulares, microtúbulos e microfilamentos (Poovaiah, 1985; Evans, Briars e Williams, 1991). A associação do cálcio com a membrana celular, especialmente a ligação dos fosfolípídeos com proteínas da membrana, é necessária para manter a integridade da mesma, tornando-a menos permeável à água e controlando as funções associadas com esta.. O cálcio é também o principal cátion integral para o conteúdo da proteína-pectina da lamela média entre células vegetais e um "mensageiro secundário" envolvido na manutenção das concentrações micromolar do cálcio citoplasmático em plantas

como uma resposta aos sinais do meio ambiente e hormonal (Poovaiah e Reddy, 1987; Poovaiah, Glenn, Reddy et al. 1988; Briskin e Hanson, 1992).

Knee e Srivastava (1995) observaram que a maioria do cálcio em homogenato de tecido de maçã provavelmente está ligado ao material insolúvel da parede celular cujas propriedades de ligação podem ser mais complexas do que aquelas assumidas em procedimentos padrões. Segundo eles, esta associação cálcio-parede celular ocorre através dos efeitos de Donnan e das ligações iônicas aos grupos carboxílicos (-COOH) livres existentes nos polímeros de ácidos urônicos.

O cálcio participa de maneira efetiva na preservação da integridade e funcionalidade das membranas celulares e tem-se afirmado que os materiais de parede celular tomam-se menos acessíveis à clivagem por enzimas hidrolíticas, que propiciam grande parte do amaciamento associado com o amadurecimento do fruto e desta forma reduz também a degradação das paredes celulares por enzimas de origem microbiana e fúngica (Poovaiah, Glenn e Reddy, 1988; Awad, 1993).

Por outro lado, a membrana celular é uma barreira semipermeável que permite à célula vegetal regular seu conteúdo. A fluidez da membrana é influenciada pela temperatura, natureza da cadeia de ácidos graxos e outros agentes como o cálcio. Tem-se constatado que, em condições de deficiência de cálcio ou senescência, esta membrana torna-se mais viscosa e perde sua seletividade para elementos minerais ou outros solutos. Embora outros fatores estejam envolvidos, a perda de cálcio pela lamela média é considerada fator contribuinte para o amaciamento dos frutos (Stow, 1993).

Singh, Singh e Chauhan (1981) observaram que goiabas tratadas com nitrato de cálcio apresentaram firmeza na polpa do fruto pelo abaixamento da taxa de respiração, o qual refletiu na inibição da evolução do etileno e ativação das enzimas pectolíticas.

De acordo com Christopher et al. (1993), o amadurecimento de manga 'Kensingo Pride' pode ser significativamente diminuído com a aplicação pós-colheita de cálcio sob pressão ou vácuo. Singh, Tandon e Kalra (1993) observaram que mangas 'Dashehari' tratadas com CaCl_2 (0,6% p/v) tiveram seu período de armazenamento prolongado, melhor aparência e qualidade dos frutos.

Em maçãs 'Delicious' e 'Golden Delicious', a incidência de podridão amarga, escaldadura e degradação interna, foi reduzida substancialmente com pulverizações com CaCl_2 . Em pêras 'Anjou', a incidência de (*cork spot*) também foi reduzida (Raese e Drake, 1993; Raese, Drake e Staiff, 1995).

A elevação do conteúdo de cálcio do tecido de muitos frutos climatéricos retarda o amadurecimento medido pela inibição das mudanças da cor, amaciamento e produção de CO_2 e etileno (Ferguson, 1984; Lurie e Klein, 1992).

Pesquisas têm mostrado que a maior parte do cálcio introduzido em tecidos de frutos acumula-se aparentemente na região do complexo parede celular - lamela média. Burns e Pressey (1987) e Rigney e Wills (1989) apresentaram a hipótese de que a solubilização do cálcio facilita a ação da PG, resultando na degradação da parede celular, ativando, desta forma, o sistema de produção de etileno (C_2H_4). Por outro lado, o aumento do cálcio livre no citoplasma pela perda da ligação parede celular - lamela média acarreta um aumento da atividade respiratória, que leva a senescência aos tecidos do fruto.

A aplicação de solução de CaCl_2 pré ou pós-colheita tem sido usada para aumentar as concentrações de cálcio no fruto, e estes tratamentos podem retardar o amadurecimento (Tirmazi e Wills, 1981; Singh, Tandon e Kalra, 1993) e a senescência (Poovaiah, 1986; Poovaiah, Glenn e Reddy, 1988).

Desde que tratamentos pós-colheita tenham o potencial de melhorar o armazenamento comercial do fruto, várias fontes de cálcio devem ser testadas

para assegurar um ótimo benefício de armazenamento mantendo a injúria do fruto a um mínimo possível (Beavers et al. 1994).

Estudos têm indicado que tratamento com compostos de cálcio estende a vida de armazenamento de muitos frutos pela manutenção de sua firmeza e minimizando a taxa de respiração, a degradação da proteína e a incidência de podridão (Bangerth, Dilley e Dewey, 1972; Bangerth, 1979; Scott e Wills, 1993).

Ferguson e Drobak (1988) enfatizaram que frutos com mesmo conteúdo de cálcio, mas diferente maturidade ou frutos de diferentes cultivares com a mesma concentração de cálcio, apresentaram suscetibilidades diferentes.

Qiu, Nishina e Paull (1995), trabalhando com mamoeiro durante o crescimento e desenvolvimento, não verificaram aumento significativo do teor de cálcio no mesocarpo dos frutos, quando utilizaram pulverização com CaCl_2 (2% p/v). De acordo com os autores, o baixo nível de absorção do cátion pelos frutos pode ter ocorrido em função da alta fertilização de nitrogênio ou então pelo espessamento da cutícula do fruto, que varia atuando como barreira efetiva à absorção de solutos. Glenn e Poovaiah (1985) observaram que a principal barreira para a penetração da pulverização é a cutícula vegetal.

Maçãs 'Fuji' imersas em solução de CaCl_2 (4%) tiveram sua qualidade melhorada durante o armazenamento quando gomas surfactantes foram adicionadas à solução (Choi e Chang, 1993).

Lester (1996), trabalhando com melão, observou que a senescência do fruto é afetada por tratamento com cálcio, o qual atua na membrana plasmática (MP), possivelmente envolvendo a regulação da composição e do conteúdo de fosfolípidos.

O efeito do nitrato de cálcio (1%) na vida de armazenamento de goiaba 'Allahabad Safeda' foi efetivo em minimizar a perda de peso, reduzir a taxa de

respiração, porcentagem de podridão e manter a qualidade comestível e de venda dos frutos (Singh, 1988).

Pulverizações pré-colheita de kiwi 'Hayward' com soluções de CaCl_2 produziram menor taxa de amaciamento comparado ao controle. O aumento na firmeza resultou provavelmente do aumento do conteúdo de cálcio no fruto (Gerasopoulos, Chouliaras e Lionakis, 1996).

A resistência a vários distúrbios patológicos e fisiológicos dos tubérculos tem sido correlacionada aos teores de cálcio nos mesmos (Bamberg et al. 1995), assim como a incidência de necroses no interior de tubérculos parece estar relacionada à deficiência de cálcio (Kleinhenz, Gunter e Palta 1995). Diversos trabalhos têm demonstrado a relação entre as concentrações de cálcio nos tecidos vegetais e a resistência a patógenos durante o período pós-colheita. Segundo Gunter, Kleinhenz e Palta (1996), estudos recentes têm demonstrado que a incidência e a severidade do ataque de *Erwinia sp* podem ser reduzidas pelo aumento dos teores de cálcio nos tubérculos.

As perdas econômicas ocasionadas por patógenos pós-colheita são consideráveis e potencialmente podem ser evitadas ou, pelo menos, reduzidas a um certo grau, pelo uso de tratamentos químicos pós-colheita, sendo que a vida de armazenamento do fruto fresco pode ser efetivamente aumentada (Conway e Sams, 1983; Shaftner e Conway, 1997).

2.3.2 Tratamento hidrotérmico

A exportação de vários frutos tropicais e vegetais de áreas onde certas espécies de mosca das frutas (*Ceratitis capitata* e *Anastrepha spp.*) estão presentes, é limitada devido à possibilidade de que estes insetos possam ser introduzidos nos mercados aos quais os produtos se destinam. O controle fitossanitário das doenças do mamão após a colheita não tem sido possível

apenas com o uso de suspensões de fungicidas na temperatura normal. É preciso recorrer a outros artificios, como por exemplo, o tratamento hidro-térmico.

Desde 1949, o Departamento de Fisiologia Vegetal da Universidade do Havai, em cooperação com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), tem investigado a mosca-das-frutas no Havai, através de projeto planejado para desenvolver métodos de desinfecção do inseto. Mais tarde, esse projeto foi auxiliado por um subsídio do então Conselho Consultivo de Pesquisa Industrial (IRAC), território do Havai. Como a fumigação, para frutos e hortaliças, através da utilização de dibrometo de etileno (EDB) foi proibida pela United States Environmental Protection Agency (EPA), em setembro de 1984, outras alternativas de conservação e desinfestação tiveram de ser estudadas em substituição ao EDB (Nishijima, 1988). Hoje faz-se uso do tratamento com água aquecida (imersão do fruto em temperaturas menores que 49°C por um período de 20 minutos) que, além de beneficiar o fruto sob o aspecto de limpeza, remove também a poeira e o látex, os resíduos de pulverização e os insetos. Este tratamento reduz o tempo do tratamento especial de desinfestação do mamão, visto que o fungicida (Prochloraz) é misturado na água aquecida. Além disso, como o tratamento com água aquecida não deixa resíduo no fruto, não existe perigo carcinogênico ou toxicológico como pode ser observado em casos de frutos tratados com fungicidas ou outras preparações químicas. McCollum et al. (1995) observaram que o uso do tratamento hidrotérmico como técnica pós-colheita pode tornar-se importante, devido à sua facilidade, natureza não tóxica e diversidade de benefícios.

No Brasil, o tratamento térmico consiste tradicionalmente na imersão dos frutos em água, com temperatura de 47 a 49°C, por 20 minutos, seguido de sua imersão imediata em água à temperatura de 20°C pelo mesmo período. Contudo esta tecnologia é restrita a pequeno número de produtores e alguns exportadores (Rugiero e Durigan, 1986). Os pesquisadores observaram que as



perdas pela deterioração no armazenamento podem ser de mais de 50-75% das embarcações sem o tratamento com água aquecida, mas com o tratamento as perdas são insignificantes (Akamine, 1975). Segundo Couey (1989), a origem do fruto pode influenciar a tolerância ao tratamento térmico sendo que os frutos tropicais podem ser mais tolerantes ao calor que frutos de zona temperada.

Chan Jr. e Linse (1990) descreveram a influência da maturação, a localização no fruto e o tipo de tecido em relação à atividade da enzima formadora de etileno (EFE) e confirmaram que o exocarpo de mamão maduro contém maior atividade de EFE. Em frutos que sofreram tratamento hidrotérmico contra a mosca-das-frutas, observou-se uma redução no amaciamento da polpa dos frutos, e esse distúrbio apresentava-se mais frequentemente no interior do mesocarpo (Chan Jr., 1986; Paull e Chen, 1990).

O efeito do calor foi também observado sobre a inativação da enzima formadora do etileno (EFE), a qual converte o 1-amino-ciclopropano a 1-ácido carboxílico (ACC) em etileno. Em mamões colhidos em diferentes estádios de maturidade foi verificado que, no mesocarpo e endocarpo de frutos com 25 e 50% da casca amarelada, a EFE foi mais sensível do que em frutos em início de amadurecimento (Chan Jr., 1991).

A exposição do mamão a altas temperaturas (49°C) durante intervalos menores que 90 minutos, resultou na desorganização da textura, sendo que o padrão de outros eventos relacionados ao amadurecimento, tais como as mudanças na cor da casca, a respiração climatérica, a produção de etileno, o conteúdo de ACC, a atividade líquida da EFE e a síntese interna de carotenóides, também são alterados por este tratamento (Paull e Chen, 1990).

A técnica de dupla imersão em água aquecida que é de uso corrente para mamão é limitada a estádios de maturação específicos do fruto e, em alguns casos, tem ocasionado o dano do mesmo. Este tratamento baseia-se no pressuposto de que a incidência de ovos e larvas é muito baixa ou ausente, como

resultado de seleção apropriada da fruta, e que todos os ovos estarão a menos de 5 mm da superfície. Este processo tem recebido a aprovação do United States Department of Agriculture (USDA), através do Animal and Health Inspection Service (APHIS). No Brasil, porém, ainda se encontra em fase experimental, na qual se avalia a eficiência do processo na mortalidade das larvas e dos ovos da mosca-das-frutas (Bleinroth, 1995).

Segundo Couey e Farias (1979), o tratamento hidrotérmico fornece proteção adequada para o mercado local e oferece maior proteção para transporte aéreo, em mercados no continente, mas falha durante o período de extensão necessário para transporte de superfície para mercados no continente.

Atualmente, tanto o tratamento hidrotérmico (48°C, 20 minutos), com fungicidas em suspensão, como o resfriamento por ventilação forçada, têm sido indicados (Bleinroth, 1993). Entretanto, Rodov et al. (1995) constataram que a presença de fungicida pode aumentar o risco de danos pelo calor, durante a imersão à quente.

Enquanto alguns processos fisiológicos parecem ser inibidos, outros são ativados durante o tratamento à quente. A inibição foi evidente no amaciamento do fruto e na produção do etileno. É significativo que ambos os processos requeiram síntese de proteína que é também inibida pelo calor (Brady, 1982).

Temperaturas elevadas (acima de 35°C) são conhecidas por inibir o amadurecimento de vários frutos (Mitchell, 1986). Em tais temperaturas, proteínas de elevada termotolerância são sintetizadas de forma semelhante àquelas encontradas em outros sistemas vegetais (Key et al. 1981).

A moderna tecnologia agrícola tem contribuído ponderavelmente para a melhoria da produção e produtividade do mamão. No entanto, poucos recursos tecnológicos têm sido aplicados no desenvolvimento das áreas de manuseio, armazenagem, transporte e comercialização. Em virtude do quadro evolutivo do mercado interno, assim como o da exportação, torna-se necessário maior

conhecimento quanto ao comportamento pós-colheita desse fruto. Portanto, estudos básicos de preservação de frutos, de modo a manter as suas qualidades, são de fundamental importância (Honório et al. 1988).

2.3.3 Tratamentos de proteção

A modificação da biossíntese e/ou ação e manipulação do nível de etileno em plantas, pela estimulação ou inibição de sua produção é, sem dúvida, de grande valia para a agricultura. Visto que a biossíntese do etileno é induzida por fatores internos e externos, é plausível que o CO₂ possa ter efeitos diferenciais na biossíntese do etileno induzido por estes estímulos. Ambos os efeitos, tanto benéficos como nocivos do CO₂ têm sido demonstrados, mas o modo de ação do mesmo nos tecidos vegetais é ainda obscuro, pois ele pode atuar tanto como indutor como um supressor da produção do etileno. Assim sendo estes efeitos diferenciais do CO₂ na produção e/ou ação do etileno em particular, dependem do produto, da variedade, da idade fisiológica, da qualidade inicial, da concentração de CO₂ no local, da temperatura e da duração de exposição de tais condições (Kader, 1986; Kubo et al. 1990; Chavez-Franco e Kader, 1993; Pesis et al. 1994) e, provavelmente, do modo de indução da produção de etileno como fermento, estresse, auxina, amadurecimento ou autocatalítico (Mathooko, 1995).

Para retardar o amadurecimento, práticas comerciais vêm sendo usadas há muito tempo para armazenar o fruto em atmosfera controlada (CA) ou atmosfera modificada (MA) com baixo nível de oxigênio e alto CO₂, inibindo ou diminuindo a ação do etileno. Estes tratamentos são mais efetivos se aplicados imediatamente após a colheita, no estágio inicial do pré-climatério.

Inúmeros trabalhos foram realizados com o intuito de verificar as características de um filme plástico que apresentasse proteção ideal ao mamão e,

conseqüentemente, prolongar sua vida útil após a colheita. (Bleinroth e Sigrist, 1989).

Nos últimos anos, conseguiu-se chegar ao filme polietileno, largamente empregado no Havaí, no qual os mamões são envolvidos individualmente, formando uma espécie de película protetora. Devido à aderência do filme à fruta, não há formação de bolsas de ar e, por ser uma película delgada (15 μ m), apresentando microporosidade, restringe a quantidade de oxigênio do ar à fruta, que tem uma respiração muito lenta, retardando a sua maturação, sem causar condições anaeróbicas e perda de umidade através da transpiração (Moy et al. 1986).

Silva (1995), trabalhando com atmosfera modificada em mamão, salienta que a micro atmosfera formada dentro das embalagens EVERFRESH apresentou menores concentrações de CO₂ e de etileno. O tratamento utilizado reduziu significativamente o desenvolvimento de cor da casca e a perda de firmeza da polpa do mamão.

Como o mamão apresenta uma casca muito delgada, com tendências à perda de grande quantidade de água através da transpiração e, como consequência, tornar-se enrugada, tem-se procurado revestir a sua superfície com ceras e filmes plásticos, que dão à fruta um melhor aspecto em relação à coloração (mais brilhante) e conservando por mais tempo a sua textura (Medina et al. 1989).

A associação entre cloreto de polivinila (PVC) autoadesível e a refrigeração para o mamão (12°C; 85-90% UR) retarda significativamente a perda de peso, a coloração externa e o desenvolvimento de doenças (Mosca, 1992). Ainda de acordo com o autor, este tratamento permite que se conservem os frutos por períodos de até 23 dias, aumentando a vida útil dos mesmos em até 11 dias.

Paul e Chen (1989) verificaram que o uso da cera como cobertura superficial no mamão reduziu a perda de peso na faixa de 14 a 40%, enquanto Medina e Silva (1994) observaram que o revestimento de cera reduziu entre 50 e 70% a perda de peso. Como consequência, o seu uso retardou o enrugamento e propiciou uma melhoria na aparência do mamão, além de modificar a atmosfera interna dos frutos e ser efetivo em retardar a sua maturação.

Quintana e Paull (1993) observaram que frutos de papaia encerados com FMC-819, uma cera à base de carnaúba, tiveram menor perda de peso comparados com frutos encerados com FMC-820, uma cera à base de polietileno-parafina.

2.3.4. Injúria

A temperatura mínima para o armazenamento do mamão é determinada pela sua suscetibilidade à injúria pelo frio “chilling injury” (CI), sendo a temperatura utilizada para o armazenamento do mamão na faixa entre 9 e 12 °C. Sob temperaturas abaixo desses valores os frutos podem manifestar as injúrias provocadas pelo frio, que se caracterizam por escaldadura na casca, áreas endurecidas ao redor dos feixes vasculares, presença de tecido com textura aquosa na polpa, atraso e desuniformidade no amadurecimento e aumento na suscetibilidade a outros patógenos de pós-colheita (Chen e Paull, 1986).

Segundo Chan Jr., Tam e Seo (1981), o amadurecimento desigual em frutos injuriados pelo calor pode ser consequência da redução na atividade da PG que atrasa o amaciamento do fruto. Estes autores sugerem que a diminuição da atividade da PG é devido a um efeito no mecanismo regulatório que controla a sua ativação.

As desordens fisiológicas associadas com níveis inadequados de cálcio ocorrem em muitos vegetais (Bangerth, 1979). Níveis inadequados de cálcio

muitas vezes são registrados em todas as partes do vegetal como fruto e outros órgãos de armazenamento (Bangerth, 1979).

Chan Jr. (1986 a) verificou que a enzima formadora de etileno (EFE) que converte 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) para etileno, é sensível ao calor e funciona como um bom indicador bioquímico de injúria pelo calor em mamão. Paull e Chen (1990) também constataram que o conteúdo de ACC (ácido 1-carboxílico 1-amino ciclopropano) aumenta durante o amadurecimento de mamão. Eles observaram que em frutos termicamente injuriados por tratamento de 42°C por 30 minutos, seguidos por 49°C por 70 minutos, a concentração de ACC no mesocarpo apresentou-se mais alta e dois dias mais cedo do que num tratamento mais suave (49°C por 20 minutos). Esse aumento na produção de ACC refletiu-se na maior concentração de etileno três dias após.

Estudos da inativação pelo calor mostraram que o sistema ACC oxidase em mamões é bifásico e ambas as fases seguem cinética de primeira ordem (Chan Jr., 1986a). O efeito do calor foi também observado sobre a inativação da enzima formadora do etileno (EFE), a qual converte o ácido 1-carboxílico 1-amino ciclopropano (ACC) em etileno. Em mamões colhidos em diferentes estádios de maturidade foi constatado que, no mesocarpo e endocarpo de frutos com 25 e 50% da casca amarelada, a EFE foi mais sensível do que em frutos em início de amadurecimento (Chan Jr., 1991). Paull e Chen (1990) observaram que, após a atividade da EFE ter sido rapidamente reduzida a 10% do valor inicial, sob a ação de um tratamento térmico injuriante, e a 40%, sob a ação de um tratamento térmico não injuriante, ela retornou ao seu estado original três e dois dias após a aplicação dos respectivos tratamentos. Ainda segundo os autores, parece ser improvável que o rompimento da síntese de etileno seja a causa da falha no amaciamento dos frutos.

O tratamento térmico afeta também a atividade respiratória e um tratamento térmico injuriante aumenta a taxa respiratória, quando comparado ao tratamento não injuriante (Paull e Chen, 1990).

Um dos sistemas que pode ser inibido por temperaturas elevadas é o relacionado à degradação de parede celular. Muitos estudos têm sido direcionados para as enzimas que degradam a parede celular, ocasionando o amaciamento do fruto (Lazan, Selamat e Ali, 1995).

Segundo Chan Jr. (1988), a sensibilidade do mamão 'Kapoho Solo' à injúria pelo frio é função também da elevação climática na produção do etileno, sendo que com o início desta produção, a sensibilidade à injúria pelo frio decresce. Desta forma, a incidência nos sintomas de 'chilling injury' (CI) em mamão 'Kapoho' é relacionada à maturação dos frutos, sendo os frutos imaturos mais sensíveis ao CI do que o fruto maduro. Hagenmaier e Shaw (1992) estudaram o emprego da cera com relação a seu efeito na redução da injúria, especialmente injúria pelo frio e observaram em vários desses casos que frutos encerados apresentaram menos injúria do que os não-encerados.

Foi observado que tratamento do mamão 'Kapojo Solo' com baixo oxigênio reduziu os sintomas de CI externos e internos (Chen e Paull, 1986). Ainda de acordo com os autores, mudanças adversas no aroma e sabor têm sido atribuídas à redução de trocas gasosas de O_2 e CO_2 resultando em respiração anaeróbica e elevado conteúdo de etanol e acetaldeído. Paull e Chen (1989) verificaram que o nível crítico para a ocorrência de dano ocorre quando o conteúdo de CO_2 na cavidade do fruto atinge a faixa de 7 a 8%.

2.4 Recentes avanços nos estudos de biologia molecular aplicados ao mamão.

Os estudos de transformação de plantas visando alterar o comportamento pós-colheita de frutos e hortaliças, como forma de prolongar a vida útil, melhorar o sabor e reduzir a suscetibilidade ao ataque por patógenos, estão em pleno desenvolvimento em países como Estados Unidos e Japão, e espera-se que dentro de poucos anos eles sejam também estendidos aos frutos tropicais, tais como mamão, goiaba, manga, acerola entre outros.

Um dos objetivos dos pesquisadores no Havai é produzir uma cultivar com pedúnculo suficientemente comprido e frutificação múltipla. Na maioria das cultivares, o comprimento do pedúnculo é de aproximadamente 6 a 8 cm de comprimento. Um pedúnculo de 12 a 15 cm e tendência de frutificação múltipla poderá aumentar o rendimento significativamente por unidade de área. Este tipo de cultivar deve ter a capacidade genética para produzir frutos laterais de igual tamanho como o fruto terminal (Monselise, 1986).

Um novo híbrido de mamão, HPSC3 (Tripura local x Honey dew), desenvolvido no Centro de Pesquisa ICAR-Tripura, Índia, foi avaliado para rendimento durante 1989-1993 com seu original e um controle padrão (Pusa Dwarf). O rendimento do híbrido foi muito alto (197,7 ton/ha) comparado com o seu parental (69,4 – 85,9 ton/ha) e o controle (89,6 ton/ha). O híbrido também se caracterizou bem para a produção de papaina (5g/fruto) e mostrou resistência ao potexvírus de mosaico para mamão (Singh e Sharma, 1996).

Um projeto de cooperação, envolvendo o Departamento de Fisiologia Molecular de Planta e Horticultura da Universidade de Havai, está estudando a caracterização de germoplasma de mamão no polimorfismo do DNA pelos métodos do RFLP e RAPD (Restriction fragment length polymorfism e Random

amplified Polymorphic DNA). Estes dados estão sendo objeto de análises multivariadas para mostrar o padrão genético.

A mesma técnica para análise de polimorfismo de DNA está sendo usada para marcar o genoma do mamão na Universidade do Havai. A população segregante é um F2 de parentesco diverso, e os objetivos são identificar linhagens com genes que controlam o tamanho do período juvenil, altura de porte, antera carpelóide, aborto de carpelos e resistência ao PRV (Virus ringspot) (Mashardt, 1992).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Procedência dos frutos

Frutos do mamoeiro (*Carica papaya L.*), cultivar Improved Sunrise Solo Line 72/12 (ISS 72/12) foram obtidos de pomar comercial instalado na Fazenda Calliman. Linhares-ES. 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 no estágio de maturação número 2 (Protrade 1995) foram colhidos no dia 11 de abril de 1995, após 15:00 h, selecionados e embalados em caixas de mercado externo (Tipo 10, capacidade líquida 3,5 Kg com dimensões internas : largura = 25,5 cm, comprimento = 33,5 cm, profundidade = 12,0 cm) e enviados imediatamente via terrestre até Vitória-ES. Em seguida foram transportados via aérea para Belo Horizonte-MG, de onde foram transportados novamente, via terrestre, para o Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-colheita da UFLA, Lavras-MG. O tempo total de trânsito pós-colheita, até o laboratório, foi de 8 horas.

3.2 Tratamentos

Os frutos foram divididos, aleatoriamente, em quatro repetições, sendo que cada grupo recebeu as aplicações dos tratamentos como se segue:

Grupo 1 (controle) : Imersão dos frutos por 20 minutos em suspensão de Prochloraz (300 mg de i.a. L⁻¹), aquecida a 48°C, contendo Tween 20 (100µL.L⁻¹ de polioxietileno - sorbitan monolaurato) como espalhante adesivo.

Grupo 2 (PVC) : Após imersão, conforme descrito no Grupo 1, os frutos foram secados ao ar e embalados, individualmente, em filme de cloreto de polivinila (PVC) esticável e auto adesivo com 15 µm de espessura (marca 3M).

Grupo 3 (Ca⁺⁺): A aplicação de cálcio foi realizada adicionando-se cloreto de cálcio ao fungicida (concentração final igual a 2%) e realizando-se a imersão dos frutos como descrito no Grupo 1.

Grupo 4 (Ca⁺⁺ + PVC) : Após a aplicação do cálcio (Grupo 3) os frutos foram embalados em PVC, como descrito no Grupo 2.

As unidades experimentais foram armazenadas em câmara fria com circulação de ar a $10 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5 \%$ de UR, durante 35 dias, com amostragem a cada cinco dias.

3.3 Preparo das amostras

A polpa dos frutos de cada unidade experimental (após separação das sementes e da casca) foi homogeneizada com auxílio de liquidificador doméstico. Parte do homogenato foi imediatamente utilizada para avaliação do pH, da acidez titulável e dos sólidos solúveis; parte foi acondicionada a -18°C por 24 horas, para avaliação dos açúcares e da vitamina C. O restante foi acondicionado em sacos de PVC, congelado sob nitrogênio líquido, fechando-se as embalagens sob vácuo e mantendo-se a -18°C para as análises posteriores.

A casca de cada fruto foi congelada em nitrogênio líquido e mantida a -18°C até ser usada para a análise do teor de clorofila total, carotenóides e cálcio.

3.4 Avaliações

3.4.1 Aparência externa e interna

Os frutos foram avaliados externamente por mudanças na coloração, com base na avaliação visual da cor dos mesmos (Redwell et al. 1997) e deteriorações (manchas, depressões, murchamento, enrugamento, crescimento fúngico) e internamente pelo colapso da polpa (polpa translúcida ao redor da cavidade), amaciamento e sementes soltas, atribuindo-se notas de 0 a 4, sendo adotada a seguinte escala subjetiva adaptada de (Menezes, 1996): 0 - frutos com ausência de defeitos (0% do fruto afetado); 1 - frutos com defeitos leves (1 - 10 % do fruto afetado); 2 - frutos com defeitos moderados (11 - 30 % do fruto afetado) 3 - frutos com defeitos severos (31 - 50 % do fruto afetado) e 4 - frutos com defeitos extremamente severos (acima de 50 % do fruto afetado).

Frutos que obtiveram nota igual ou acima de 2,0 foram considerados impróprios à comercialização.

Os dados foram transformados à raiz quadrada de arc sen quando submetidos à análise estatística.

3.4.2 Perda de massa

Foi determinada em percentagem, considerando-se a diferença entre o peso inicial do fruto e aquele obtido a cada intervalo de tempo de amostragem.

3.4.3 Textura

A textura da polpa foi medida como resistência à penetração, usando-se um penetrômetro Magness-Taylor modelo 30 A (valor máximo da leitura 30 lb) com *plunger* de ponta cônica (diâmetro 0,83 cm e comprimento 0,67 cm), em regiões equatoriais (3 determinações por fruto), após a retirada da casca (espessura, 1 mm) para a determinação conforme McCollum, Huber e Cantliffe, (1989). Os valores foram convertidos para Newton (N) multiplicados pelo fator 4,4482. Valores mais altos correspondem a frutos mais firmes.

3.4.4 Sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT) e pH

A partir do extrato líquido obtido por homogeneização do mesocarpo (diluição 1:5), determinou-se o conteúdo de sólidos solúveis em refratômetro digital, modelo Atago PR-100 com compensação de temperatura automática a 25°C e expressos em °Brix, segundo a AOAC (1990).

O pH foi determinado em medidor de pH digital, modelo portátil DM pH-2, Hanna Instruments, segundo técnica da AOAC (1990).

A acidez total titulável foi determinada por titulação (diluição 1: 5) com NaOH 0,1N de acordo com a técnica preconizada pela AOAC (1990) e expressa em % de ácido cítrico/100g de polpa. A relação SS:AT foi obtida pelo quociente entre SS e AT.

3.4.5 Açúcares totais, redutores e não redutores (%)

Os açúcares redutores e não redutores foram analisados pelo método de Somogyi-Nelson (Southgate 1991). Utilizou-se uma alíquota de 5 g da polpa que foi diluída em 50 mL de água destilada. Tomou 25,0 mL para a hidrólise da

sacarose seguido de 3mL para desproteínizar. Para o doseamento usaram-se 2,0 mL do extrato desproteínizado e 1,0 mL da solução após hidrólise da sacarose desproteínizada.

3.4.6 Amido

↙
O amido presente nos frutos foi extraído por hidrólise ácida, de acordo com a AOAC (1970), determinado colorimetricamente pelo método redutométrico de Somogyi, modificado por Nelson (1944) para doseamento a 510 nm e os resultados expressos em % de glicose da polpa fresca.

O resíduo retido na filtragem do extrato alcoólico de açúcares foi ressuspendido em cerca de 100 mL de álcool etílico a 95% e transferido para um erlenmeyer de 250 mL, ao qual adicionaram-se 3 gotas de NaOH 10%. Em seguida foi realizada uma autoclavagem a 120°C por 1 hora. Após o resfriamento, adicionou-se a cada erlenmeyer 0,5 mL de HCl P.A., autoclavando-se novamente durante 30 minutos nas mesmas condições. Após a neutralização com NaOH a 10% e a 50%, o extrato contendo o amido hidrolisado foi filtrado e o volume foi completado para 100 mL para posterior doseamento utilizando-se uma alíquota de 2 mL.

3.4.7 Vitamina C total

O conteúdo de ácido ascórbico (após a oxidação a ácido dehidroascórbico) foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). Usou-se para o doseamento 1,0 mL do filtrado obtido anteriormente e adicionaram-se 3 mL de ácido oxálico 0,5 %. Os resultados foram expressos em mg/100g de peso fresco.

3.4.8 Clorofila total

Foi determinada na casca (espessura de aproximadamente 1 mm), triturando o material em homogeneizador de tecidos (modelo Tissumizer - Tekmar Company) modelo TR-10, conforme recomendação de Bruinsma (1963). A leitura da absorbância foi efetuada a 652 nm. Os níveis de clorofila total foram determinados em mg/100g de casca, segundo a equação adotada por Engel e Poggiani (1991).

3.4.9 Carotenóides

Determinados na casca (espessura de aproximadamente 1 mm), triturando o material em homogenizador de tecidos (Tissumizer - Tekman Company, modelo TR-10), conforme recomendação de Higby (1962). A leitura de absorbância no hexânico foi feita a 450 nm.

3.4.10 Substâncias pécticas

A polpa foi homogeneizada em homogeneizador de tecidos (Tissumizer - Tekmar Company., modelo TR- 10). As frações pectina total e solúvel foram extraídas pelo método de McCready e McComb (1952) a partir de 5 g de polpa homogeneizada para cada fração. Utilizou-se pectinase de origem fúngica - *Aspergillus niger*, 1,0 U/mg (Merck).

Para a análise de pectina solúvel e total utilizou-se para o doseamento 1,0 mL após diluição do extrato (1:10 mL) e 3:50 respectivamente. Para evitar a interferência de açúcares, durante a determinação, a polpa foi mantida sob agitação em álcool etílico 95% durante 1 hora antes da filtração. A leitura espectrofotométrica foi feita em Beckman Instruments Inc. Usa, modelo DU 640

B, a 520 nm pelo m-fenilfenol (m-hidroxibifenil-Eastman Kodak Company), de acordo com técnica adaptada de Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973) que mede o teor de pectina como ácido urônico total.

3.4.11 Grau de esterificação - GE (%)

O grau de esterificação (GE) foi determinado pesando as amostras em duplicata (2 mg) das frações substâncias pécticas (FSP) e material de parede celular (MPC) e incubando-os por uma noite em 1 mL de NaBH₄ (10 mg mL⁻¹) em metanol a 50 % à temperatura ambiente. Estas amostras, então neutralizadas com ácido acético P.A. até cessar a efervescência, foram secadas e lavadas três vezes com ácido acético:metanol (1:9) e três vezes com metanol, com evaporação a cada etapa. Ambas as duplicatas foram então dissolvidas em H₂SO₄ a 67% e o teor de ácido urônico foi determinado segundo o método modificado por Lurie, Levin e Labavitch (1994). A incubação com NaBH₄ converte os resíduos galacturonosil esterificados para galactose, fazendo com que a diferença no conteúdo de ácido urônico entre as amostras antes e depois da redução com NaBH₄ seja a quantidade de ácido urônico que contém metil ésteres (Kim e Carpita, 1992), conforme a relação:

$$GE = [(\text{Ác. Urônicos antes da redução} - \text{Ác. Urônicos depois da redução}) / \text{Ác. Urônicos antes da redução}] \times 100.$$

3.4.12 Análise da atividade de poligalacturonase - PG (U. g.⁻¹ min⁻¹)

A obtenção do extrato bruto e a determinação da atividade enzimática foram feitas conforme Pressey e Avants (1973). A atividade foi determinada por incubação do extrato com solução de ácido galacturônico 0,25 % (lavado com etanol 80 % antes do uso para a retirada de interferentes) em tampão acetato de

sódio 37,5 mM, pH 5,0 a 30°C por 3 horas. A reação foi interrompida em banho-maria fervente, e os grupos redutores liberados foram determinados pela técnica de Somogyi modificada por Nelson (1944), usando glicose anidra como padrão. Como branco foi usado extrato inativado tecnicamente e incubado nas mesmas condições. Uma unidade de atividade de poligaracturonase foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de um nanomol de grupos redutores por minuto nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos em unidades por grama de peso fresco.

3.4.13 Análise de pectinametilesterase - PME ($\text{U}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)

Foi determinada de acordo com a técnica descrita por Jen e Robinson (1984). Procedeu-se à desintegração do tecido em homogeneizador (Tissumizer - Tekmar TR-10) por 1 minuto adicionado de NaCl 0,2 N. O substrato usado foi a pectina cítrica 1 % (Dyne -USP) em NaCl 0,01 N, mantendo o pH 7,0 por 10 minutos. Uma unidade de atividade da pectinametilesterase foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a reação correspondente a um micromol de NaOH por minuto nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos por miligrama de peso fresco.

3.4.14 Determinação de cálcio

O cálcio total e o cálcio ligado foram analisados usando-se 100 mg do mesocarpo e casca liofilizados e 100 mg do material de parede celular liofilizado (MPC), respectivamente. A concentração de cálcio no material liofilizado foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica, após digestão do material em uma mistura diácida nitroperclórica 10:1 (v/v), conforme

metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974) sendo os resultados expressos em % de matéria seca.

3.4.15 Parede celular

a) Extração do material de parede celular

A polpa do fruto que foi congelada em nitrogênio líquido e embalada em sacos de polietileno de baixa densidade (27,0 cm x 31,0 cm) com fecho hermético e mantida a - 18°C até ser submetida ao processo da extração (item 3.3) foi aqui utilizada.

A parede celular foi extraída do tecido mesocárpico, como descrito por Mitcham e McDonald (1992), com algumas modificações. O mesocarpo (300 g) foi triturado em homogeneizador de tecidos (Polytron -Tekmar Company) tipo SDT 1880 com etanol a 80% (500 mL). O resíduo obtido foi lavado com tampão fosfato 50 mM, pH 6,8 (1 litro) e filtrado sob vácuo. Adicionaram-se, em seguida, 500 mL de PAW (fenol: ácido acético: água) numa relação de (2:1:1 v/v) e mantendo-se em repouso por 30 minutos. Filtrou-se este material e após, lavou-se novamente o resíduo com tampão fosfato 50 mM, pH 6,8 (1 litro). A parede celular isolada foi submetida ao teste com KI/I₂ para verificar a ausência de amido. O resíduo obtido foi sucessivamente lavado com clorofórmio:metanol 1:1 v/v (500 mL) e acetona (3 porções de 200 mL), seguida de secagem sob vácuo à temperatura ambiente. O material resultante constituiu-se no material de parede celular (MPC).

b) Fracionamento da parede celular (obtenção das substâncias pécticas solúveis em EDTA, hemicelulose e celulose)

O fracionamento da parede celular foi conduzido, segundo metodologia adaptada de Ranwala, Suematsu e Masuda (1992). O material da parede celular foi incubado com EDTA a 0,5 % em tampão fosfato 50 mM, pH 6,8 (500 mL) por 4 horas a 100°C. O extrato (designado fração solúvel em EDTA 0,5 %) correspondeu às substâncias pécticas - (FSP). O resíduo foi lavado extensivamente com água destilada (cerca de 2 litros) e incubado com 50 mL de KOH (24 %) a 30°C por 24 horas. O extrato (designado fração solúvel em KOH) foi neutralizado com ácido acético P.A. Os polissacarídeos foram precipitados com etanol a 95 % (300 mL), permanecendo em repouso por uma hora em geladeira antes da filtração. Os filtrados foram dialisados em membrana de diálise (cut-off 5000-6000; 33 x 21 mm da INLAB), por 72 horas contra água destilada (12 trocas), à temperatura ambiente e, em seguida, foram liofilizados por 72 horas, obtendo-se assim a fração hemicelulósica (FHEM). Procedeu-se à lavagem do resíduo resultante da incubação com KOH a 24%, com cerca de aproximadamente 4 litros de água destilada, liofilizando-o em seguida, por 48 horas, constituindo-se o resíduo final (celulose).

c) Doseamento dos açúcares neutros totais na fração hemicelulose (FHEM)

O conteúdo de açúcares neutros foi feito na fração hemicelulósica (FHEM): obtido no item 3.4.15b e foi avaliado pelo método da Antrona (Southgate, 1991). Utilizaram-se 2 mg do material da fração liofilizada, a qual foi submetida à hidrólise com ácido sulfúrico a 72% (3 mL) em banho de gelo com agitação intermitente. Testes preliminares revelaram que não havia necessidade de tratar a amostra com ácido trifluoroacético (TFA) para solubilizar a hemicelulose e evitar a interferência da celulose. Tomaram-se 0,5 mL do extrato, diluindo-o para 2 mL com água destilada. Para o doseamento utilizou-se 0,1 mL deste extrato.

d) Derivatização e determinação dos açúcares neutros de parede celular

O teor de açúcares neutros da fração hemicelulósica (FHEM) foi obtido por derivatização (derivados auditol acetato), a partir de 5 mg do material, segundo a técnica de Albersheim et al. (1967), procedendo-se da seguinte forma:

1. Hidrólise dos polissacarídeos: Pesaram-se 5 mg de amostra (FHEM) em tubo de ensaio rosqueado, e adicionou-se, como hidrolisante, o ácido trifluoroacético (TFA 500 μ L, 2N, contendo 10mg de inositol/mL como padrão interno), e vedou-se o tubo. Este foi aquecido por uma hora a 121°C em *Block-heater* (aquecimento a seco). Após este período, o TFA foi evaporado (banho-maria a 45°C, usando-se mistura de água quente e fria em bêquer com exaustão na capela através de fluxo de ar) e adicionaram-se 0,5 mL de metanol. O metanol é evaporado por exaustão.

2. Redução dos Polissacarídeos: Adicionaram-se 0,15 mL de hidróxido de amônia 1N contendo \pm 10 mg de borohidreto de sódio por 1 mL de hidróxido de amônia 1N. (Esta solução deve ser preparada na hora, descarta-se após o uso). As duas substâncias foram misturadas levemente e mantidas à temperatura ambiente por uma hora. Adicionaram-se algumas gotas de ácido acético P.A. para a retirada do excesso de borohidreto de sódio, evaporando-se em banho-maria a 45°C com fluxo de ar, até a secura (exaustão, na capela). Acrescentaram-se 0,5 mL de metanol:ácido acético (3:1). Secou-se e repetiram-se 4 vezes esta operação. Após, adicionaram-se 0,5 mL de metanol e secou-se. Repetiram-se por três vezes.

3. Acetilação dos polissacarídeos: Para acetilar os polissacarídeos, adicionaram-se 0,15 mL de anidrido acético P.A. ao tubo rosqueado, mantendo-

se o mesmo a 121°C por três horas em *Block heater*. Em seguida, procedeu-se ao resfriamento e à secagem, utilizando-se 0,5 mL de metanol P.A. Secou-se pelo mesmo processo e repetiram-se por mais duas vezes a última operação.

4. Análise cromatográfica: As amostras derivatizadas foram diluídas com 200 µL de acetona P.A. e injetaram-se, através de micro-seringa, 2 µL desta solução em cromatógrafo a gás INTRALAB modelo 3300 com coluna capilar)V-DB 225, como filme de suporte estacionário, (0,25 mm de diâmetro interno e 25 m de comprimento).

Os gases utilizados foram hidrogênio como gás de queima, ar sintético como mantenedor de chama, e *'Make up'*: uma mistura de hidrogênio e nitrogênio. Sensibilidade 10 – 11 e alteração de 8. Para a recepção dos impulsos elétricos vindos do eletrômetro foi utilizado um integrador Intralab Mod. 4290. Foram utilizadas as seguintes temperaturas: Coluna 210 C, Injetor 250C e Detector 300C. As condições de trabalho foram as seguintes: Pressão da coluna = 21 psi, fluxo de coluna = 3,0 mL/min, Make up = 3,0 mL/min; Arraste 30 mL/min, H2 = 30 mL/min; ar sintético = 300 mL/min.

Como padrão foi utilizado um composto dos açúcares: ramnose (Rha), fucose (Fuc), arabinose (Ara), xilose (Xil), manose (Man), galactose (Gal), glicose (Gli) e inositol como padrão interno, todos contendo a concentração de 1g/L (200 µg/0,2 mL).

e) Determinação de ácido urônico na fração péctica (FSP)

O teor de ácidos urônicos na fração péctica (FSP: obtido no item 3.4.15b) foi determinado pelo método do m-fenil-fenol (m-hidroxidifenol) de Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973), partindo-se de 10 mg da fração liofilizada de substância péctica, solubilizada em tampão acetato-EDTA, 50 mM

e acetato de sódio-trihidratado-EDTA 20 mM, pH 6,0, contendo NaCl 10 mM (50mL de volume final) com homogeneização, e alíquotas de 0,3 mL do extrato foram tomadas para o doseamento.

f) Determinação do teor de açúcares na fração celulose (FCEL)

Foram utilizadas amostras (2 mg) do resíduo final liofilizado (item 3.4.15b) o qual foi extraído primeiro a tratamento com ácido trifluoroacético (TFA) 2N a 120°C. O resíduo foi lavado com água destilada e hidrolisado com ácido sulfúrico 72% (v/v), em banho de gelo com agitação intermitente. O extrato (0,5 mL) foi diluído para 2 mL com água destilada. O conteúdo de celulose das amostras foi determinado colorimetricamente pelo método de antrona, conforme Southgate (1991), a partir de alíquotas de 0,1 mL, utilizando-se como padrão celulose microcristalina (Avicel-merck). O padrão de celulose cristalina foi preparado dissolvendo-se 10 mg em 3 mL de ácido sulfúrico 72% (v/v), e completando-se o volume para 100 mL com água destilada.

g) Filtração gélica e análise das frações pécticas da parede celular

A filtração gélica de poliuronídeos (FSP:obtido no item 3.4.15b) foi feita em coluna (72 x 1,8 cm) de Sephadex G-200 (Pharmacia LKB), eluída com tampão acetato-EDTA (50 mM acetato de sódio trihidratado, EDTA 20 mM) pH 6,0 contendo NaCl 10 mM. A calibração da coluna foi feita com ácido galacturônico (194 KDa) e pectina cítrica. O volume vazio da coluna foi determinado com azul de dextrana (2000KDa). O fluxo do sistema foi ajustado para 0,3 mL por minuto. Após cada etapa de fracionamento fez-se a lavagem do sistema permitindo-se a passagem de 2 vezes o volume total da coluna. Foram coletadas frações de 3 mL e analisadas para ácidos urônicos (AU), seguindo as

recomendações de Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973), utilizando-se 0,5 mL do extrato diluído e diluindo-se para 0,1 mL com água destilada.

3.4.16 Delineamento experimental

O experimento foi instalado utilizando-se o fatorial (2 x 2 x 8), com e sem adição de cloreto de cálcio a 2%, com e sem embalagem em PVC e 8 períodos de armazenamento (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 dias), sendo que cada parcela experimental constou de 5 frutos, totalizando 160 frutos.

3.4.17 Análise estatística

Os valores observados de cada variável foram submetidos à análise de variância de acordo com Pimentel Gomes (1990). As comparações múltiplas entre as médias dos tratamentos foram realizadas utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. Para a descrição das variáveis em função do tempo de armazenamento foram feitas análises de regressão considerando-as como a variáveis independentes.

Os modelos de regressão polinomiais foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e, também, pelo coeficiente de determinação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aparência externa e interna

Frutos de origem tropical, como o mamão, são de difícil manuseio nas etapas compreendidas entre a colheita e o mercado consumidor. A rapidez com que amadurecem e a grande distância em que eles são transportados até alcançarem o centro consumidor demandam manuseio especial (Balbino, 1997).

Usualmente, o consumidor avalia inicialmente a aparência na hora da compra, para depois levar em consideração o *flavor* e a textura, que compõem a qualidade comestível. Segundo Kader (1992), 90 % dos consumidores são influenciados unanimemente na hora da compra pelo *flavor*, condição da aparência, amadurecimento e sabor.

A interação embalagem e tempo de armazenamento foi significativa ($p < 0,01$).

A análise subjetiva da aparência externa dos frutos demonstrou que a embalagem em filme de PVC proporcionou redução na incidência de defeitos, notadamente a partir de 20 dias de armazenamento. Para estes frutos, a nota máxima atribuída foi da ordem de 1,5, enquanto que os frutos não embalados apresentaram valores crescentes, atingindo no 25^o dia de armazenamento, valor próximo a 2. Esses foram considerados sem condição para a comercialização ao final do armazenamento, com valor próximo a 3 (Figura 1).

Numa breve análise da aparência externa dos frutos, os mesmos se encontravam com enrugamentos que se fizeram notar, após o 20^o dia de armazenamento, no decorrer do qual alguns frutos não apresentavam uma aparência fresca. Demonstravam perda de umidade, sem evolução de cor, manchas com depressões, pontas escuras e com mudança no sabor. No período final de armazenamento os mesmos se apresentavam com aparência elástica e falha no amadurecimento. O que se pode inferir é que o estágio de maturação não era ideal. Há, assim, necessidade de se testar o uso de cálcio em estágio de maturação mais adequado, visto que isto traria ao consumidor a vantagem de ter fruto com qualidade organoléptica superior e aparência externa bastante atrativa.

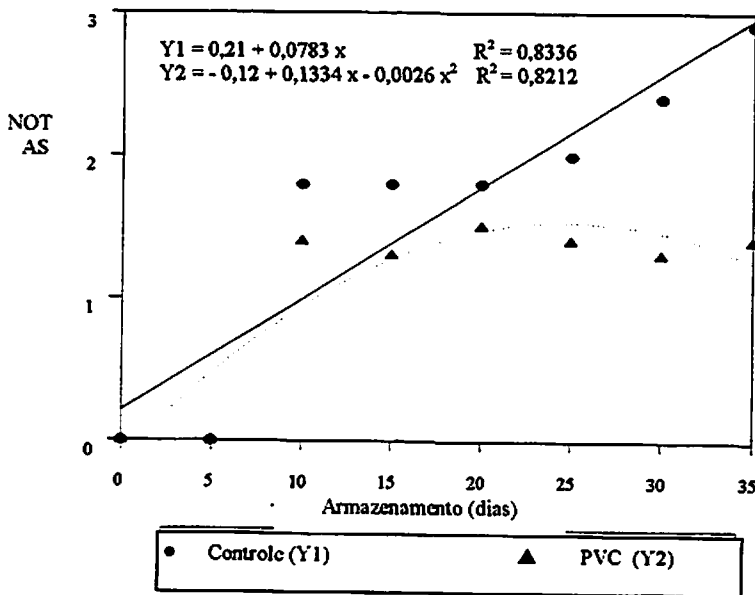


Figura 1. Análise subjetiva da aparência externa do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenados a 10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR e com e sem embalagem de PVC (15µm).

Para a aparência interna (Quadro 1-anexos), houve interação significativa entre cálcio e armazenamento ($p < 0,01$) e entre cálcio e embalagem ($p < 0,01$).

Os frutos tratados com cálcio apresentaram melhor tendência a um colapso interno com notas menores desde o início do armazenamento com relação aos frutos sem cálcio até os 25 dias (Figura 2).

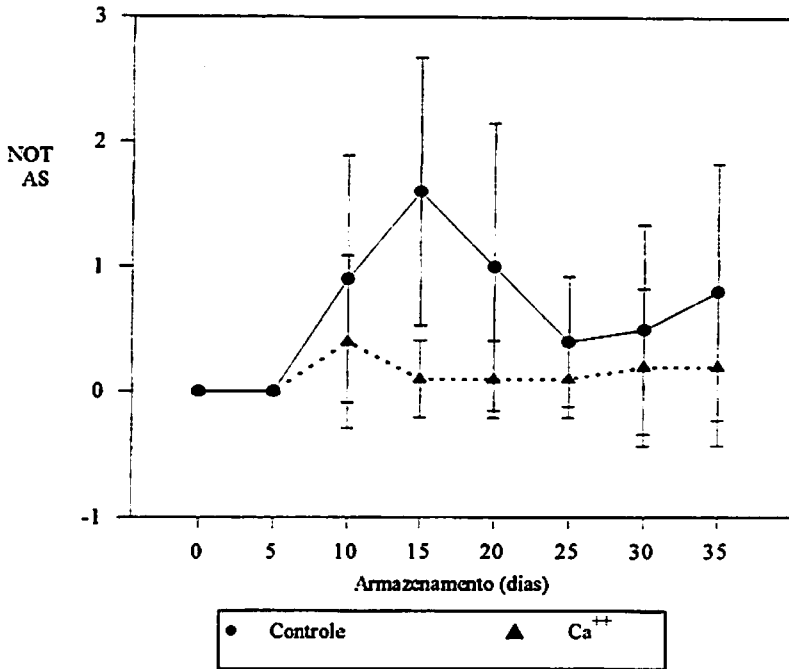


Figura 2. Análise subjetiva da aparência interna do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenados a 10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR.

Através da Tabela 1, observa-se que não houve efeito adicional do uso da embalagem de PVC na aparência interna do mamão tratado com cálcio, porém, independentemente do tratamento com cálcio, o uso de embalagem dos

frutos com filme de PVC propiciou uma melhor aparência interna em relação aos frutos controle.

Estes dados são concordantes com os observados por vários pesquisadores (Brady, 1987; Chen e Ferguson et al. 1995; Ferguson e Drobak, 1988; Qiu, Nishina e Paull 1995) e mostraram que a aplicação pós-colheita de cálcio e/ou o uso de embalagem do mamão em filme de PVC ajudam a manter a boa aparência dos frutos.

Tabela 1. Média das notas¹ atribuídas pela análise subjetiva da aparência interna do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenados por 35 dias (10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR) com e sem embalagem em filme de PVC (15 µm).

EMBALAGEM	CaCl ₂		MÉDIAS
	CONTROLE	Ca ⁺⁺	
CONTROLE	0,93 A	0,05 B	0,49 a
PVC	0,38 A	0,23 A	0,30 a
MÉDIAS	0,65 A	0,14 B	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5 % de probabilidade.

4.2 Perda de massa

A perda de massa é um dos principais fatores na vida de armazenamento de muitos produtos e hortícolas. Ela é função do tempo 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 e Hoffmann,

1984). A perda de massa se relaciona à perda de água, causa principal da deterioração, pois resulta não somente em perdas quantitativas, mas também na aparência (murchamento e enrugamento), nas qualidades texturais (amaciamento, perda da frescura e suculência) e na qualidade nutricional (Kader, 1992).

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) para o fator embalagem durante o armazenamento (Quadro 1 - anexos).

Pode-se inferir que houve um aumento de perda de massa, no decorrer do período de armazenamento, sendo que nos frutos embalados em PVC, esse aumento foi menos acentuado (3,17%) em relação aos frutos não embalados (11,52 %) até o final de armazenamento (Figura 3).

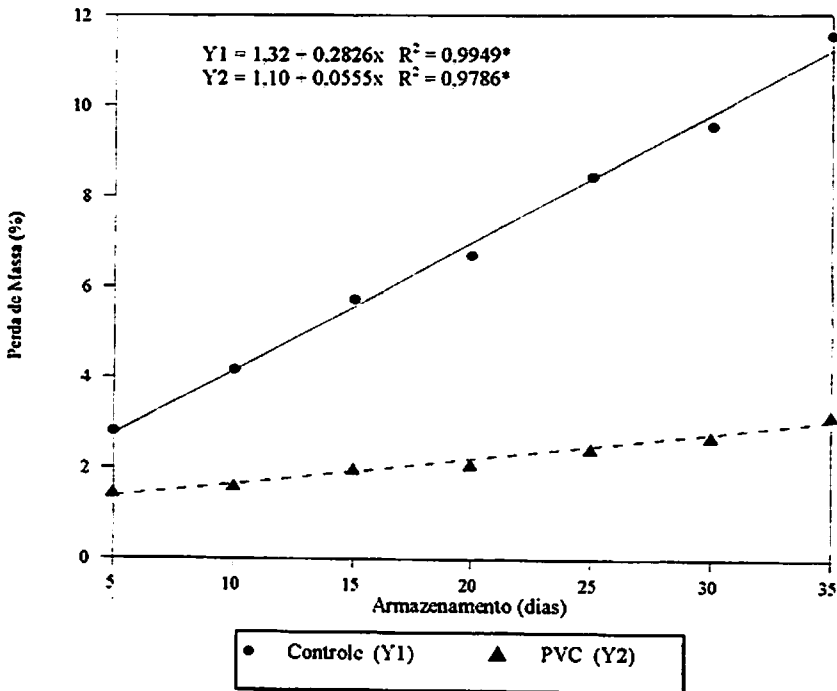


Figura 3. Perda de massa (%) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 Solo imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenados a 10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR com e sem embalagem de PVC (15µm).

Para a variável perda de massa (Quadro 1 - anexos), as interações entre cálcio e embalagem foram significativas ($p < 0,01$).

O uso da embalagem dos frutos em filme de PVC durante o armazenamento reduziu a perda de massa em cerca de 3 vezes, enquanto que os frutos tratados apenas com CaCl₂, porém, não embalados em PVC, mostraram-se mais susceptíveis à perda de massa que os demais (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios¹ da perda de massa do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em suspensão de Prochloraz a 48 °C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenados por 35 dias (10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR) com e sem embalagem em filme de PVC (15 µm).

EMBALAGEM	CaCl ₂		MÉDIAS
	CONTROLE	Ca ⁺⁺	
CONTROLE	6,14 B	7,82 A	6,98 a
PVC	2,03 B	2,39 A	2,21 b
MÉDIAS	4,08 B	5,11 A	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5 % de probabilidade.

Em média os frutos que não receberam a embalagem e aqueles com cálcio foram os mais suscetíveis à perda de massa, conforme valores correspondentes a 6,98% e 5,11%, respectivamente.

Perante tais fatos, verifica-se que os resultados apresentados neste trabalho reafirmam pesquisas anteriores (Paull e Chen, 1989; Mosca, 1992; Durigan, 1994; Silva, 1995; Suntharalingam, 1996; Balbino, 1997) para uso de atmosfera modificada em suas várias formulações e tipos. Quando o tratamento é eficiente e praticável do ponto de vista econômico, o processo de perda de massa do fruto é atenuado e não prejudica a qualidade do mesmo, prolongando sua vida pós-colheita. Quando as perdas de peso ultrapassam a 5%, conduzem a um murchamento e deformações nos frutos, como relatam Wills et al. 1982.

Em contrapartida, deve-se considerar que a utilização da atmosfera modificada em associação com cálcio em termos de média não foi tão efetiva. Estes resultados concordam com os de Yuen, Tan e Chettri (1993) que também trabalharam com atmosfera modificada e cálcio em mangas e observaram que

deve-se considerar outros fatores que podem afetar a absorção de cálcio e a resposta do fruto a este mineral. Assim, os pesquisadores concluem que se torna necessário um estudo sistemático destes fatores para se desenvolver um tratamento ótimo de cálcio com um aumento na eficácia do mesmo, sem aumentar o risco de injúrias na casca da manga, além de investigações futuras para avaliar a aplicação potencial de embalagens com filme polimérico em combinação com o uso de fruto e de soluções de cálcio a quente.

Segundo Paull e Chen (1989), aumentando-se o período de armazenamento a 10°C, há maior perda de massa nos frutos não encerados e encerados, mas não no fruto envolvido em plástico, o que corrobora com os dados do presente trabalho, quando a perda de massa foi acentuada com o aumento do período de armazenamento.

4.3 Textura

A interação cálcio e o tempo também apresentou efeito significativo sobre a textura dos frutos ($p < 0,05$) da mesma forma que a embalagem e o tempo ($p < 0,05$) segundo o resumo de análise de variância (Quadro 4 - anexos). O tratamento com CaCl_2 foi bastante efetivo na manutenção da textura do mamão. Embora tenha ocorrido perda de firmeza durante o armazenamento, os valores mantiveram-se acima de 60N, mesmo ao final do período experimental. Nos frutos controle, o amaciamento da polpa foi acentuado, notadamente nos primeiros 15 dias de armazenamento quando a textura foi da ordem de 25N (Figura 4a). Pelos resultados obtidos neste trabalho, observa-se diferença de comportamento entre os frutos tratados com cálcio e os não tratados quanto à textura. Os frutos sem cálcio apresentaram uma queda na força necessária para rompimento da polpa antes que os frutos com cálcio, o que sugere que o cálcio

tenha de alguma forma (direta ou indiretamente) atuado na textura (firmeza ou maciez) dos frutos submetidos a esse tratamento.

A textura do mamão papaya é desuniforme e por isso toma-se difícil definir uma faixa ideal para ele. Peleg (1974) comenta que um fruto completamente imaturo possui duas zonas distintas de textura. Entretanto, em frutos maduros, a cor é aparentemente muito mais uniforme e, portanto, mais difícil localizar estas zonas.

Os valores encontrados na literatura divergem dos encontrados neste trabalho. É admissível tolerância de pequena percentagem de frutas amolecidas de acordo com as exigências do mercado segundo Bleinroth (1998).

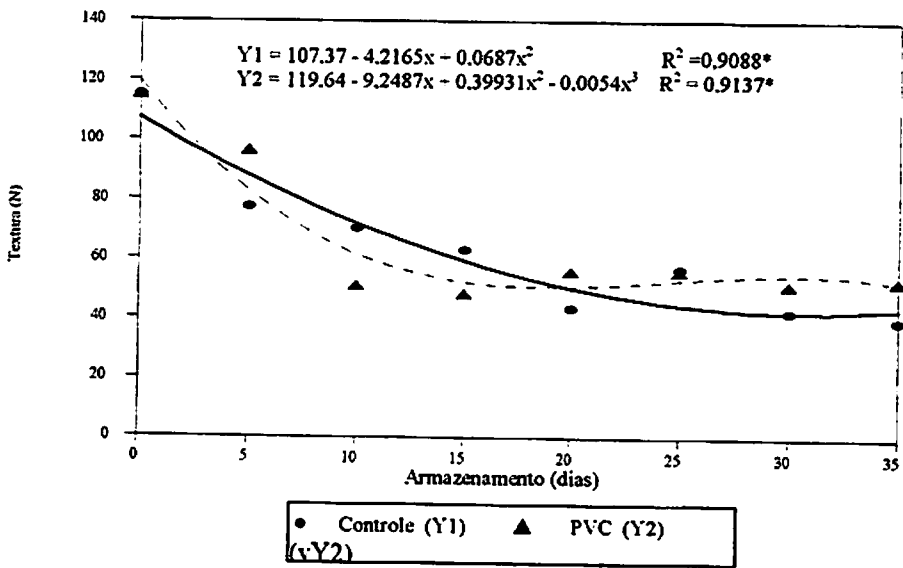
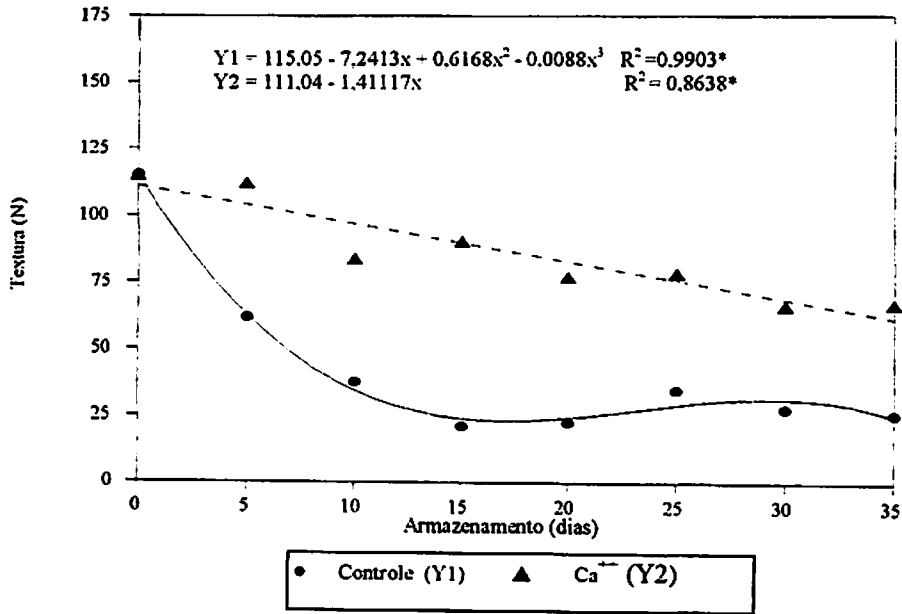



Figura 4. Textura (N) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) (a) armazenados a 10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem de PVC (15µm) (b).



A embalagem dos frutos em filme de PVC apresentou efeito sobre a textura apenas a partir de 20 dias de armazenamento, com tendência de estabilização e manutenção de valores mais elevados que os dos frutos controle (Figura 4b).

Esses resultados confirmam trabalhos anteriores de Paull e Chen (1989), com mamões, Ben - Yehoshua et al. (1983), com limões e pimenta e Miller et al. (1986) com pêssegos e caquis, os quais comprovam que o uso da embalagem retarda o amolecimento.

Houve efeito significativo ($p < 0,01$) também para os fatores cálcio e embalagem conforme o resumo de análise de variância (Quadro 4 - anexos).

A aplicação de cálcio manteve a textura do fruto com valores mais elevados sem a necessidade de utilização de embalagem (90,08 N). Desta forma, o tratamento com cálcio e sem embalagem favoreceu a textura dos frutos no sentido de mantê-los mais firmes durante o período de armazenamento. Em média, os frutos tratados com cálcio apresentaram-se mais firmes (86,34 N) em relação aos frutos sem cálcio (43,33 N) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios¹ de textura (N) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenados por 35 dias (10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR) com e sem embalagem em filme de PVC (15 µm).

EMBALAGEM	CaCl ₂		MÉDIAS
	CONTROLE	Ca ⁺⁺	
CONTROLE	37,18 B	90,08 A	63,63 a
PVC	49,48 B	82,60 A	66,04 a
MÉDIAS	43,33 B	86,34 A	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5 % de probabilidade.

O interesse em se estudar a qualidade textural de alimento de origem vegetal, tanto fresco como processado é motivo de interesse há várias décadas. Isto tem estimulado consideráveis pesquisas químicas e bioquímicas de parede celular, uma vez que a textura é um dos principais atributos de qualidade de alimentos de origem vegetal e, neste contexto, a parede celular é o determinante chave da textura em frutos e hortaliças (Andrews e Shulin, 1995; Waldron et al. 1997).

Segundo Brady (1986), Huber (1983), Kader (1992), Muramatsu et al. (1996), Greve e Labavitch (1991), a textura está relacionada à maturação dos frutos e é muitas vezes acompanhada pelo amaciamento. A textura se caracteriza como um dos mais importantes atributos de qualidade, constituindo-se, por isso, um dos grandes desafios da fisiologia e bioquímica pós-colheita no sentido de preservar a integridade dos frutos.

Suntharalingam (1996) observou que o tratamento de mangas em solução de CaCl_2 (4 e 6%) retardou o amaciamento dos frutos assim como Alonso, Canet e Rodríguez (1997), trabalhando com cerejas pelo uso de tratamento com CaCl_2 100 mM, observaram que frutos congelados tiveram sua textura melhorada.

O amadurecimento do fruto é acompanhado geralmente pela hidrólise dos polissacarídeos pécticos lamelares através de diferentes enzimas que são capazes de degradá-los.

O uso de cálcio como tratamento pré e pós-colheita é conhecido há décadas estando relacionado com a regulação do processo de amadurecimento do fruto e de sua vida de armazenamento pós-colheita. A manutenção de concentrações de cálcio relativamente altas no tecido do fruto é necessária para retardar a velocidade de deterioração, durante o armazenamento, sugerindo assim seu efeito na parede celular. Segundo McFeeters e Fleming (1989), os

efeitos texturais do cálcio resultam da ligação deste elemento em outros sítios ao invés de ligar-se às carboxilas dos poliuronídeos.

Comparando-se os resultados de textura do presente trabalho com os de outros autores (Qiu, Nishina e Paull, 1995; Mosca, 1992; Balbino, 1997; Paull e Chen, 1989), com diferentes métodos de atmosfera controlada e utilização ou não de cálcio, constatou-se que a textura apresentou melhores valores, retardando portanto a taxa de amaciamento do fruto.

4.4 Sólidos solúveis (SS), acidez titulável total (AT), pH e SS/AT

Para a variável sólidos solúveis houve interação significativa ($p < 0,01$) para os fatores cálcio e embalagem (Quadro 2 - anexos).

Do ponto de vista de média estatística, ocorreu uma diferença significativa dos frutos tratados com cálcio comparados àqueles sem cálcio (12,83 e 13,53% respectivamente) (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios¹ dos teores de sólidos solúveis (%) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com ou sem adição de CaCl₂ (2%) armazenados por 35 dias ($10 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de UR) com ou sem embalagem em filme de PVC (15 μm).

EMBALAGEM	CaCl ₂		MÉDIAS
	CONTROLE	Ca ⁺⁺	
CONTROLE	13,25 A	12,98 A	13,12 a
PVC	13,82 A	12,68 B	13,25 a
MÉDIAS	13,53 A	12,83 B	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5 % de probabilidade.

Observou-se, conforme o resumo de análise de variância, efeito significativo do fator embalagem no decorrer do período de armazenamento ($p < 0,01$) (Quadro 2 - anexos).

O teor de sólidos solúveis apresentou grande variação durante o período de armazenamento, utilizando-se ou não a embalagem dos frutos em PVC. Houve tendência de decréscimo nos teores de sólidos solúveis, notadamente após 20 dias, sendo mais acentuado nos frutos sem embalagem (12,45%), enquanto que nos frutos embalados esse valor foi correspondente a (11,45 %) (Figura 5).

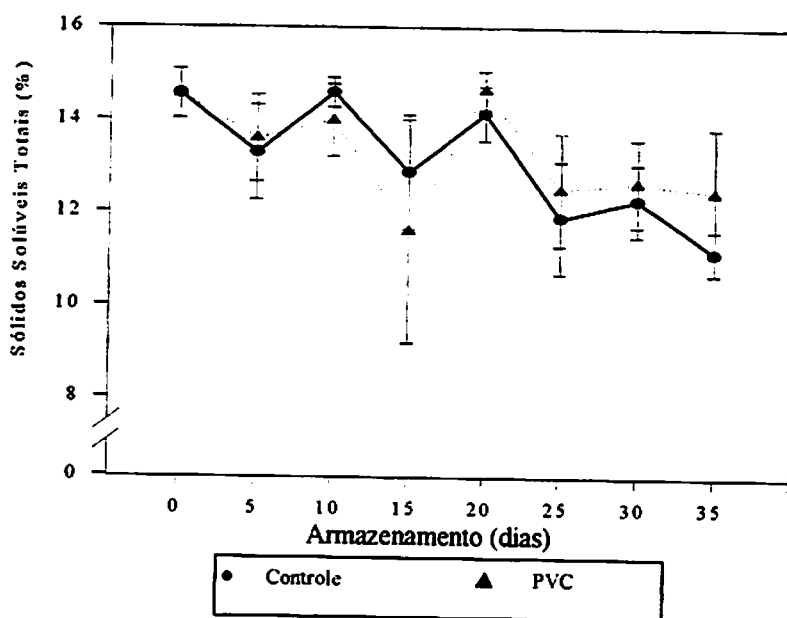


Figura 5. Teores de sólidos solúveis (%) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl_2 (2%) armazenados a $10 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de UR com e sem embalagem de PVC (15 μm).

O teor de sólidos solúveis em frutos é influenciado pela época de colheita, sendo considerado um bom indicador da quantidade de açúcares totais, assim como parte integrante do sabor típico do mamão, bem como de seu ponto de amadurecimento. O valor médio de 12,83 % encontrado está dentro da faixa proposta por Honório e Rocha (1988) de 8 - 11 ° Brix em frutos de vez para 11 - 14 ° Brix nos maduros, e de Balbino (1997) que verificou teores médios de 10,2 a 11,1° Brix. O padrão para mamões da cultivar Solo é de, no mínimo, 11,5° Brix, se os frutos forem colhidos quando a casca inicia as mudanças de cor.

Em trabalho realizado por Gonçalves, (1998) foi observado menor valor de sólidos solúveis em abacaxis tratados com cálcio e, Castro et al. (1994), utilizando embalagens plásticas encolhíveis (15µm), observaram menor teor de sólidos solúveis na polpa do fruto de mamoeiro o que vai de encontro ao menor valor (12,83 %) em média obtido com o emprego de cálcio nesta pesquisa.

A variável acidez titulável total, segundo o resumo de análise de variância, apresentou interação significativa ($p < 0,01$) para os fatores cálcio e embalagem (Quadro 2 - anexos).

Frutos sem embalagem e com cálcio apresentaram valores menores em relação aos demais (0,87 % de ácido cítrico no suco). Os frutos do tratamento controle apresentaram teor de acidez titulável total ligeiramente maior quando comparados com os outros tratamentos (1,05 % de ácido cítrico no suco) (Tabela 5).

Tabela 5. Acidez Titulável Total¹ (% de ácido cítrico no suco) do mamão cv. Sunrise Solo, imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenados por 35 dias (10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR) com e sem embalagem em filme de PVC (15µ m).

EMBALAGEM	CaCl ₂		MÉDIAS
	CONTROLE	Ca ⁺⁺	
CONTROLE	1,05 A	0,87 B	0,96 a
PVC	0,92 A	0,95 A	0,93 a
MÉDIAS	0,98 A	0,91 B	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5 % de probabilidade.

Os frutos submetidos ao tratamento sem cálcio apresentaram valor de acidez titulável total médio mais elevado (0,98 % de ácido cítrico no suco) durante o armazenamento, entretanto, não houve diferença significativa quando se utilizou ou não a embalagem (0,93 e 0,96 % de ácido cítrico no suco respectivamente).

A acidez é usualmente calculada com base no principal ácido presente, que em mamão é o ácido cítrico. O valor médio para a AT, aqui obtido, foi de 0,98%, superior aos encontrados por Nakasone (1988) e Carvalho et al. (1992), cujos teores médios variaram de 0,54 e 0,72 %, respectivamente.

Lazan et al. (1989) acrescentam que a acidez titulável aumenta com o amadurecimento dos frutos até atingir aproximadamente 75% da superfície da casca amarela; e a partir daí os níveis decrescem, exceto no interior do mesocarpo, onde a acidez titulável aumenta até o fruto atingir completo amarelecimento. Neste 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

PME e pela PG e também ao aumento de vitamina C, representada pelo teor de ácido ascórbico em sua totalidade, comum neste fruto (Arriola, Madrid e Rolz, 1975).

A redução na atividade respiratória, promovida pelos tratamentos de refrigeração, cálcio e atmosfera modificada, pode ser a principal responsável pela redução no conteúdo de ácidos orgânicos encontrada neste trabalho, pela redução dos intermediários respiratórios. O abaixamento da concentração de O₂ interno pela atmosfera modificada foi chave em retardar o amadurecimento, possivelmente pela redução da síntese e produção de etileno (McGlasson, 1985). Yang (1985) atribuiu o adiamento da ação do etileno pela atmosfera modificada à resistência do fruto a ação do etileno. Como consequência do amadurecimento retardado, o desenvolvimento de cor da casca e as mudanças na acidez do fruto foram afetadas pela atmosfera modificada.

Para a variável pH, observou-se no resumo de análise de variância interação significativa para cálcio e armazenamento ($p < 0,01$) e entre embalagem e armazenamento ($p < 0,05$) (Quadro 2 - anexos).

Verificou-se que, independente do tratamento utilizado desde o início (5,58) até o 25^o dia, houve aumento do pH, sendo que no final do armazenamento os tratamentos com cálcio (Figura 7a) e com embalagem (Figura 7b) apresentaram um decréscimo nesta variável correspondente a 6,13 e 6,09, respectivamente. Dentre as diversas frutas, o nível de ácidos orgânicos no mamão é notadamente baixo e a parte comestível tem uma baixa faixa de pH, situada entre 5,0 - 5,5 no purê do fruto maduro (Seymour, 1993).

Durante o armazenamento, houve uma alteração significativa no valor do pH resultando num aumento até 25 dias independente do tratamento, sendo que com cálcio e com embalagem o aumento foi menor.

Essa alteração em virtude dos tratamentos utilizados pode ajudar a manter a baixa velocidade respiratória e, segundo Brady (1987), o cálcio pode

afetar algumas hidrolases de parede celular da maçã pela mudança do pH ou por afetar a secreção da enzima (β -galactosidade) da mesma influenciando o processo de exo-citose.

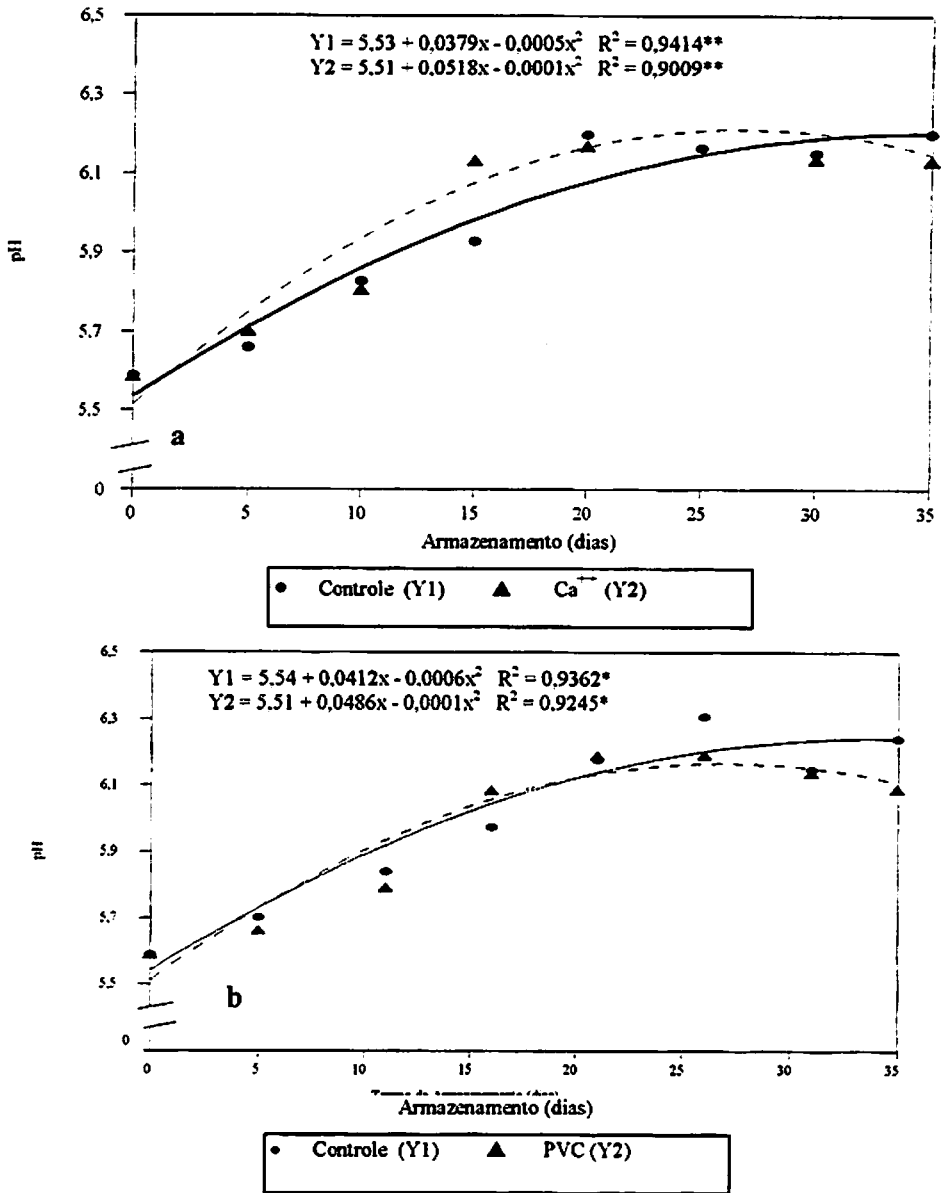


Figura 7. Variação no pH do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) (a) armazenado a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem de PVC (15 μ.m) (b).

Para a relação SS/ATT, conforme o resumo de análise de variância, houve efeito significativo entre a embalagem ($p < 0,05$) e o armazenamento (Quadro 2 - anexos).

Observou-se um decréscimo em ambos os frutos com ou sem embalagem. A partir do 15º dia houve um ligeiro acréscimo nesta relação, durante o período de armazenamento, sendo que para os frutos sem embalagem este acréscimo foi superior quando comparado com embalagem. Este comportamento se alterou no final deste período (Figura 6).

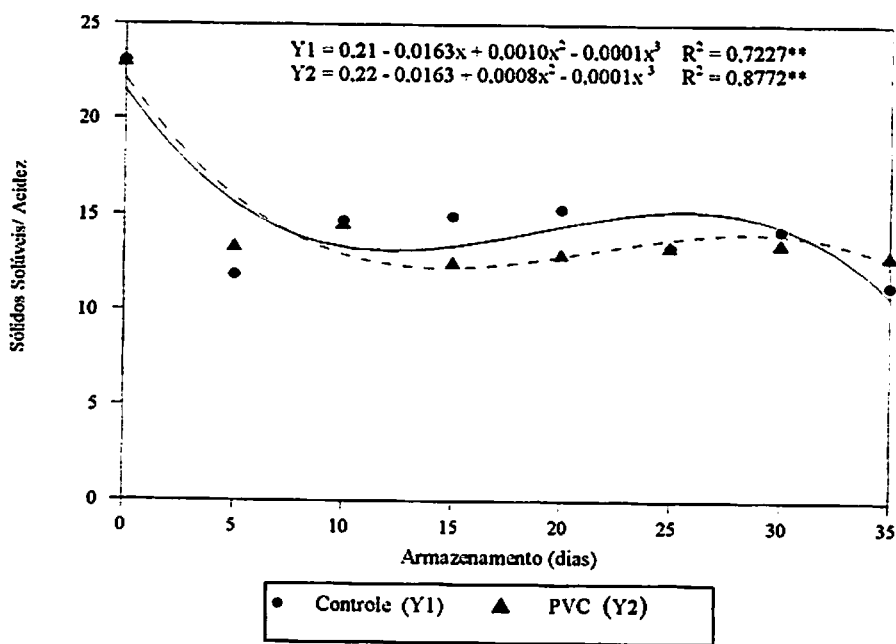


Figura 6. Relação sólidos solúveis / acidez titulável total (%) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenado a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem de PVC (15µm).

Para a mesma relação, conforme o resumo de análise de variância, durante o armazenamento houve interação significativa entre os fatores cálcio e embalagem ($p < 0,05$) (Quadro 2 - anexos).

Observa-se que nos frutos com cálcio + PVC esta relação foi menor, quando comparada aos outros tratamentos, demonstrando-se dessa forma que a imersão dos frutos em solução, contendo ou não cálcio e PVC, não influenciou nesta relação mesmo quando comparada ao controle (Tabela 6).

Tabela 6. Relação¹ Sólidos Solúveis / Acidez Titulável Total do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48 °C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenados por 35 dias ($10 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de UR) com e sem embalagem em filme de PVC (15 μm).

EMBALAGEM	CaCl ₂		MÉDIAS
	CONTROLE	Ca ⁺⁺	
CONTROLE	14,54 A	15,08 A	14,81 a
PVC	15,13 A	13,93 B	14,53 a
MÉDIAS	14,83 A	14,50 A	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5 % de probabilidade.

A relação entre sólidos solúveis e acidez titulável total é usada para avaliar o estágio de maturação. Essa observação, juntamente com o pH, podem explicar a diferença do sabor na polpa do fruto ou pode ser consequência da maior acidez e da menor concentração de açúcares conforme relatado por Draetta (1975).

4.5 Açúcares redutores, sacarose e açúcares totais

As variáveis açúcares totais e açúcares redutores apresentaram interação tripla significativa para cálcio, embalagem e armazenamento ($p < 0,05$), mas para os açúcares não redutores só houve interação entre cálcio e armazenamento ($p < 0,01$) (Quadro 2 - anexos).

Houve aumento em açúcares totais, indiferente do tratamento utilizado, até o 25º dia de armazenamento, a partir do qual a tendência foi de redução (Figura 8). Este comportamento é bastante semelhante ao verificado para os açúcares redutores e não redutores (Figuras 9 e 10) que também tenderam a um aumento até o 25º dia de armazenamento, independente do tratamento usado.

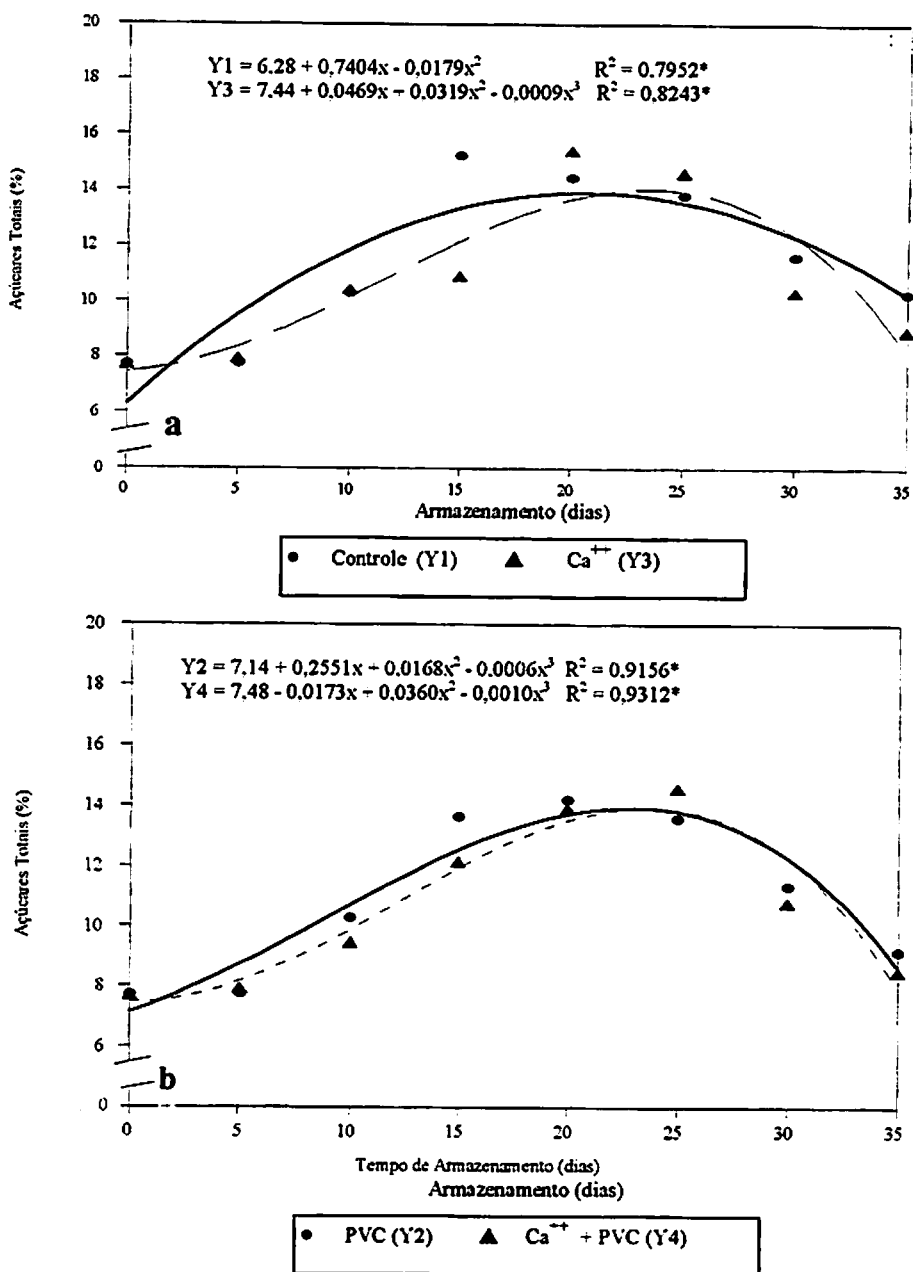


Figura 8. Açúcares totais (%) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) e armazenado a 10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem de PVC (15µm).

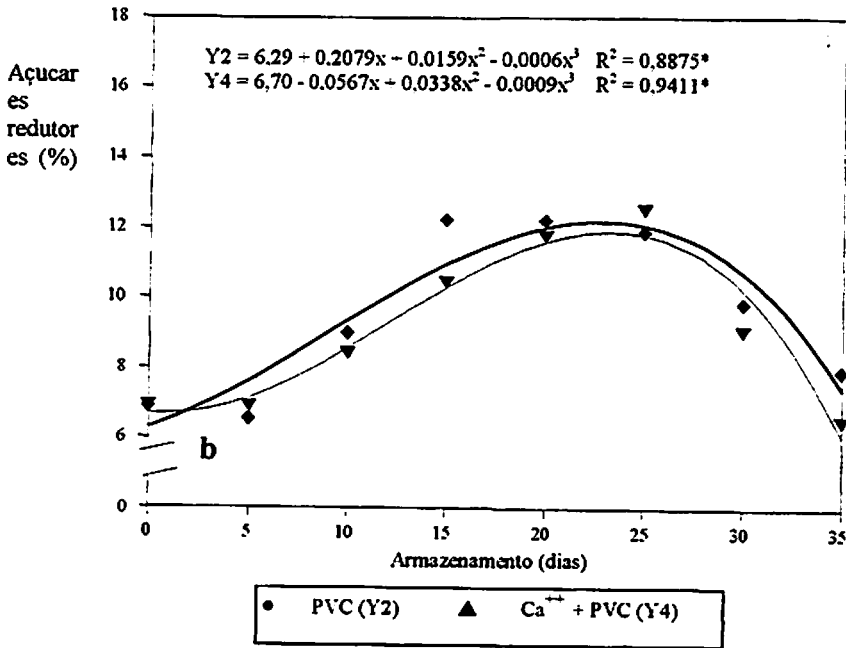
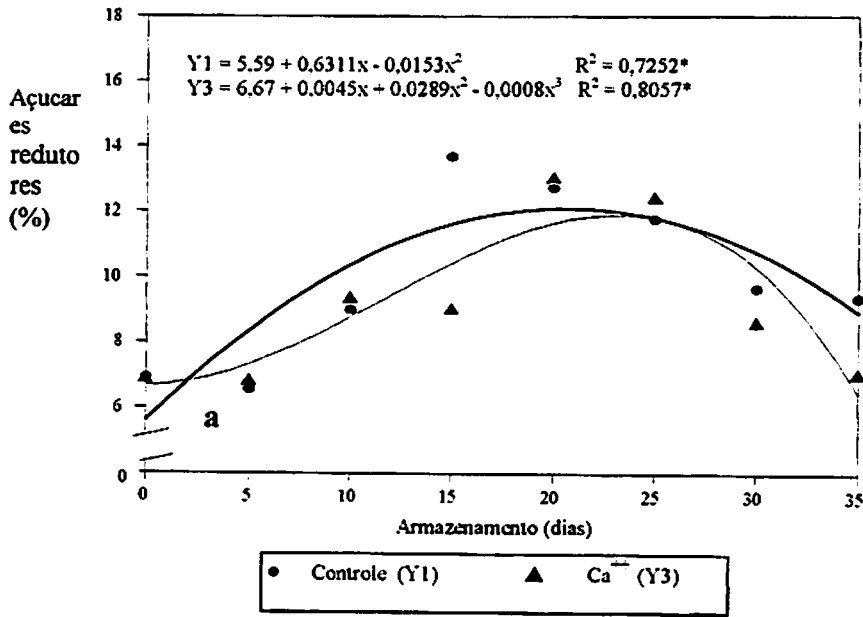


Figura 9. Teores de Glicose (%) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenado a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR), com e sem embalagem de PVC (15µm).

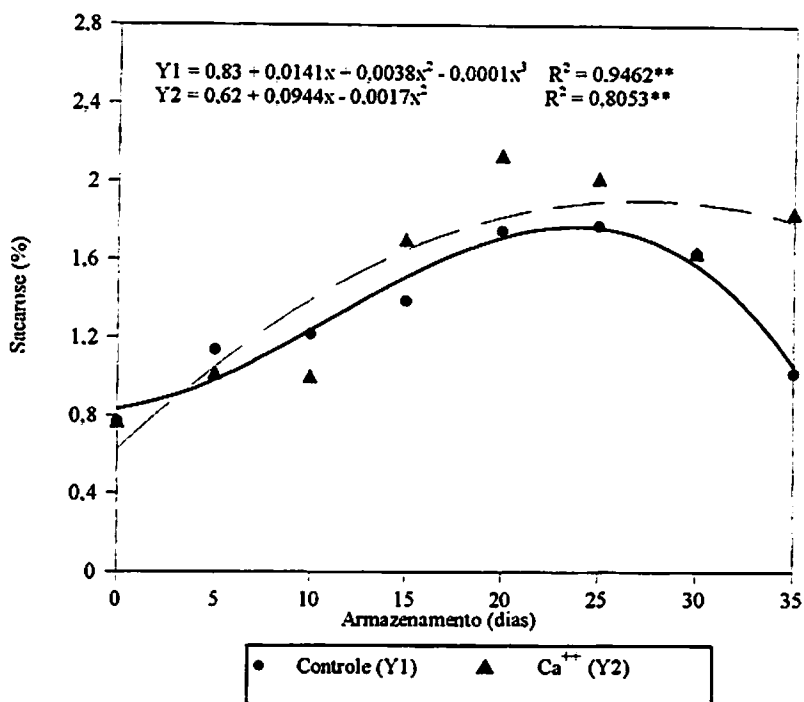


Figura 10. Teor de sacarose (%) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenado a 10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR.

A mudança bioquímica mais significativa no mamão é relacionada às modificações nos carboidratos, pois os açúcares são muito importantes para o sabor do fruto e variam de acordo com o tipo do fruto, variedade e condições climáticas. Os polissacarídeos são metabolizados a açúcares e estes aumentam gradualmente durante o período de desenvolvimento dos frutos.

No mamão, a concentração de açúcares totais aumenta durante o desenvolvimento dos frutos até o início do amadurecimento (Chan Jr., Hibbard e Goo, 1979 ; Selvaraj et al. 1982).

As mudanças drásticas na composição de açúcares em mamão do grupo Solo coincidem com o início da mudança na cor das sementes, de brancas para pretas. Seguem-se mudanças na cor da polpa, de branca para amarela, a partir da periferia da cavidade do fruto. Durante a fase de alta conversão da sacarose para açúcares simples, há também queda na concentração de açúcares totais, coincidindo com o período de senescência do fruto (Chan Jr., Hibbard e Goo, 1979).

Selvaraj et al. (1982) observaram também variações nos teores percentuais de sacarose nos frutos e consideraram essas variações como sendo devidas à alta atividade da invertase presente nos frutos.

Verifica-se, portanto, que os resultados obtidos no presente trabalho são concordantes com os de Singh e Chauhan (1981) que, ao trabalharem com cálcio na pré-colheita de goiaba, verificaram que tanto as concentrações de açúcares totais como as de redutores, aumentaram durante o armazenamento.

4.6 Amido

Pelo resumo de análise de variância verifica-se a ocorrência de interação tripla significativa entre cálcio, embalagem e armazenamento ($p < 0,01$) (Quadro 2 - anexos).

Houve decréscimo no teor de amido no tratamento sem cálcio e sem embalagem até o 25^o dia de armazenamento, após o que houve ligeiro acréscimo compreendido entre 25^o e 30^o dia de armazenamento seguido de novo aumento (Figura 11).

Com relação aos frutos do tratamento com embalagem, com e sem cálcio, observa-se que o teor de amido diminuiu durante o período de armazenamento até 30^o dia e, após, os frutos com embalagem e com cálcio apresentaram ligeira tendência de aumento durante o período final de armazenamento.

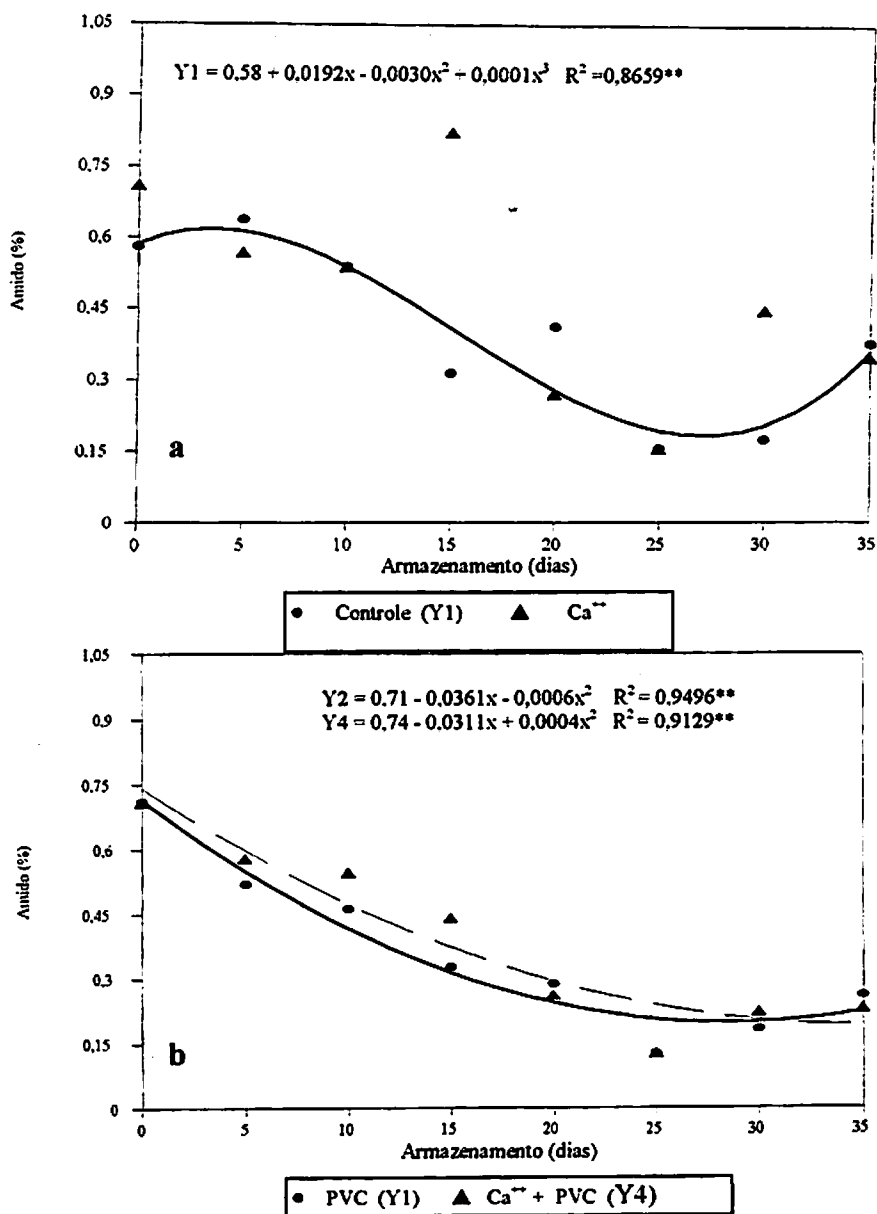


Figura 11. Teores de amido do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) (a) armazenado a 10± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem de PVC 15(µm) (b).

Há frutos que apresentam, durante seu desenvolvimento, acréscimo gradual nos teores de amido a exemplo da manga, havendo uma relação constante entre amido/matéria seca. Nesse fruto, essa relação pode ser utilizada como um indicador de sua qualidade (Chitarra e Chitarra, 1990). O mamão apresenta uma característica diferente, uma vez que os teores de amido, menores que 1%, são verificados durante o seu desenvolvimento (Pal et al. 1980; Selvaraj et al. 1982) e o fruto não aumenta o teor de amido para ser hidrolisado durante o climatério, como acontece com a banana.

Resultados similares ao trabalho em questão foram encontrados por Balbino (1997), que não detectou grandes diferenças entre os tratamentos.

4.7 Vitamina C total

O teor de ácido L-ascórbico do fruto depende de muitos fatores incluindo variedade, estágio de maturação, meio de crescimento, estação e a acidez do fruto. A duração e condições de armazenamento pós-colheita influenciam o teor de L-ascórbico mesmo antes do processamento (Roig, Rivera e Kennedy, 1993).

Os frutos e vegetais são fontes importantes de nutrientes dietéticos em muitos países em desenvolvimento. Os frutos tropicais são particularmente importantes devido ao seu teor de vitamina C. Exemplo disso é que 100 g de polpa de mamão fornecem 84 mg o que representa 40% acima de vitamina C recomendada pela US Recommended Daily Allowance. Uma grande proporção da produção de fruto tropical é consumida localmente e torna-se uma contribuição substancial de ingestão de ácido ascórbico para a população local. Medidas pós-colheita apropriadas podem ser tomadas para otimizar a disponibilidade desta fonte natural e abundante (Islam, Colon e Vargas 1993).

Os teores de ácido ascórbico para mamão, segundo Islam, Colon e Vargas (1993), estão entre 88,1-117,8 mg.100⁻¹g. Pal et al (1980), avaliando a

composição físico-química de várias variedades de melão, encontraram de 46,6 a 125 mg/100g e Subramanyam, Divakar e Serveraj (1980), trabalhando com diferentes cultivares de mamão, encontraram até 117,1 mg/100 g de vitamina C. Segundo Paull e Chen (1990), o teor de ácido ascórbico aumenta 3 vezes durante o amadurecimento do fruto.

Pelo resumo de análise de variância verifica-se a interação significativa para a vitamina C total para os fatores cálcio e tempo de armazenamento ($p < 0,05$) (Quadro 3 - anexos).

Durante o armazenamento, tanto os frutos dos tratamentos com e sem cálcio apresentaram uma tendência aumento do teor de vitamina C total. No início do armazenamento o teor foi de 103,592 mg / 100 g de polpa para ambos e no final para frutos do tratamento com cálcio foi de 115,82 mg /100 g de polpa, e para frutos sem cálcio, o teor foi de 119,24 mg/100g de polpa. Pode-se inferir para aqueles frutos tratados com cálcio um retardamento na síntese desta vitamina em função do baixo teor de glicose encontrado naqueles frutos também tratados com esse elemento, uma vez que a glicose é precursora da vitamina C no metabolismo celular (Figura 12).

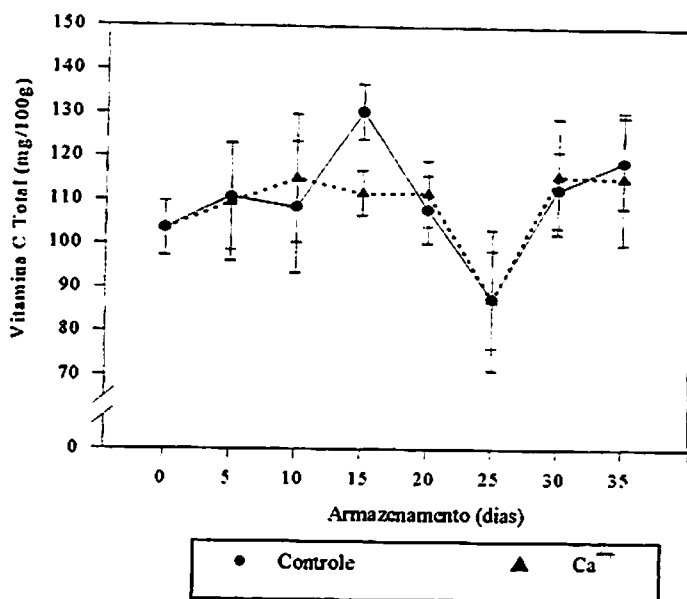


Figura 12. Teores de Vitamina C Total (mg/100 g) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenado a 10 ± 2 °C e 85 ± 5% de UR.

Este aumento observado assemelha-se ao encontrado por Gonçalves (1998), que notou que abacaxis apresentavam tendência de possuir maiores teores de vitamina C quando eram tratados com cálcio na pós-colheita. Poovaiah (1986) e Gleen, Reddy e Poovaiah (1988) citam que pulverizações na pré-colheita com produtos à base de cálcio, em pêssegos e maçãs, aumentaram o conteúdo de ácido ascórbico nos frutos.

4.8 Clorofila total e carotenóides

Pelo resumo de análise de variância verifica-se efeito significativo para a interação cálcio e tempo de armazenamento ($p < 0,05$). Entretanto não houve

diferença significativa, em geral, do teor de clorofila total durante o tempo de armazenamento (Quadro 3 - anexos).

Durante o armazenamento, os frutos do tratamento sem cálcio apresentaram maior degradação de clorofila total; no início do armazenamento o teor foi de 69,7 mg / 100 g e no final foi de 51,95 mg / 100 g, redução correspondente a 25,4%. Com relação ao fruto tratado com cálcio houve menor degradação, visto que no início do armazenamento o teor de clorofila foi o mesmo que o anterior e no decurso do período o valor foi de 63,84 mg / 100 g (Figura 13).

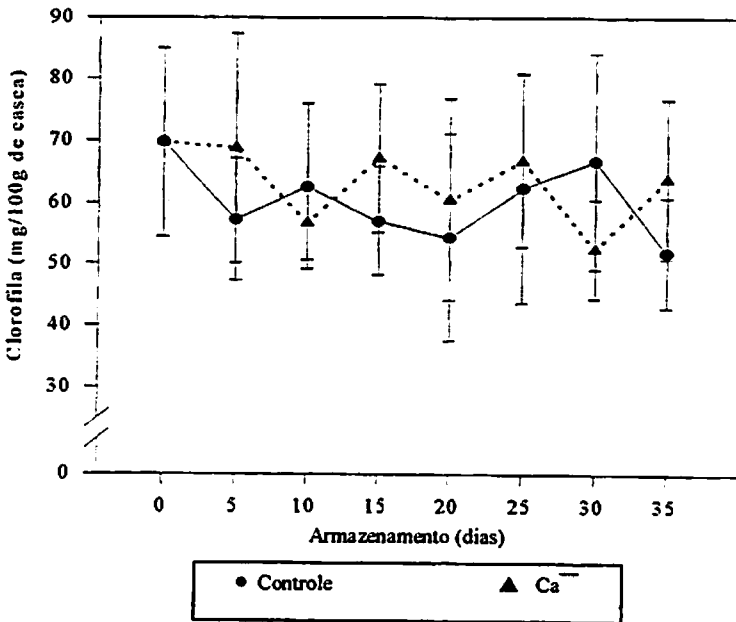


Figura 13. Teor de clorofila (mg/100 g de casca) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenado a 10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR.

Durante o armazenamento de mamão sob refrigeração, várias alterações metabólicas podem ser observadas, como mudança na taxa respiratória, na perda de massa, nos conteúdos de clorofila e carotenóides na casca, na firmeza da polpa (Chen e Paull, 1986; An e Paull, 1990). A perda da clorofila tem sido atribuída à ruptura dos cloroplastos e/ou atividade de clorofilases. O mecanismo de degradação da clorofila esta sob pesquisa e para tanto diferentes hipóteses postulam que as clorofilases podem atuar tanto na síntese quanto na degradação da clorofila, apesar da função de síntese ou anabólica estar mais associada com a enzima in vivo e a função catabólica ou de degradação estar mais associada in vitro (Minguez-Mosquera e Gallardo-Guerrero, 1996).

Provavelmente, com o avanço do amadurecimento, o sistema 2 de produção já estava contribuindo ativamente com a redução do teor de clorofila o que está de acordo com Oetiker e Yang (1995).

O comportamento observado pelo teor de clorofila coincide com resultados de Balbino (1997), nos quais, independente do período de armazenamento, o teor de clorofila total foi semelhante após o completo amarelecimento dos frutos.

Com base no resumo de análise de variância verifica-se que a interação embalagem e tempo de armazenamento ($p < 0,05$) mostrou-se significativa para o teor de carotenóides (Quadro 3 - anexos).

Independente dos tratamentos com e sem embalagem, o teor de carotenóides dos frutos tende a um aumento cujo valor máximo foi superior a 1,4 mg / 100 g (Figura 14).

Em média os frutos tratados com PVC tenderam a um teor médio significativamente ($P < 0,05$) maior do que aqueles sem cálcio. Esses valores foram 1,57 e 1,45 mg/100 g de polpa respectivamente. A mudança da cor da casca do mamão de verde para o amarelo, deve-se à destruição da clorofila da casca e ao desenvolvimento dos carotenóides. Portanto, provavelmente a

embalagem ocasionou uma baixa velocidade de degradação da clorofila, acarretando um maior teor de carotenóides

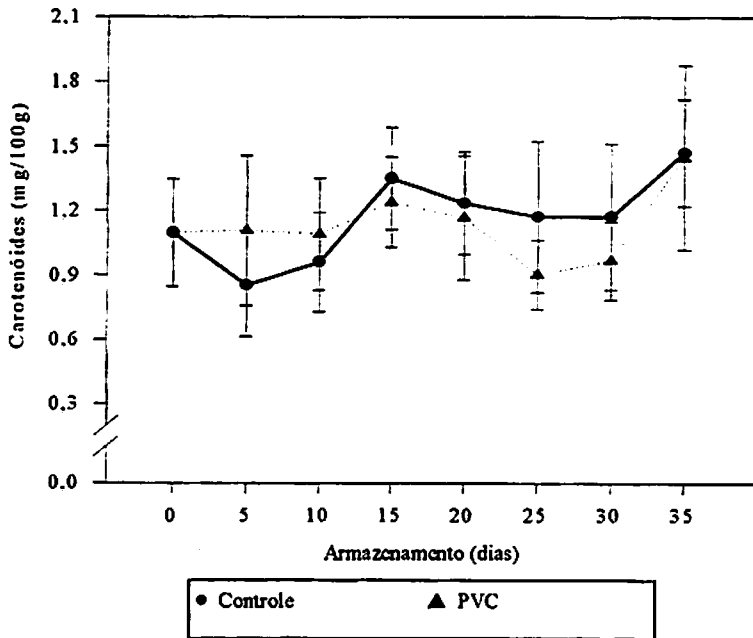


Figura 14. Teores de carotenóides (mg/ 100 g) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenado a 10 ± 2 °C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem de PVC (15µm).

Nem todo fruto muda a cor durante o amadurecimento, a exemplo do que acontece em muitas variedades de maçãs e peras, que permanecem verdes. Entretanto, a mudança de cor está associada com o amadurecimento e representa um atributo chave que, junto com a textura, estabelece a qualidade comestível. A mudança da cor pode ser ocasionada pela degradação da clorofila, o que torna visíveis pigmentos anteriormente presentes, particularmente o β-caroteno. Tais processos ocorrem no desverdecimento de limões. Entretanto, na maioria dos

frutos, a perda de clorofila é acompanhada pela biossíntese de um ou mais pigmentos, usualmente antocianinas ou carotenóides. Embora obviamente coordenadas durante o amadurecimento, a perda de clorofila e a síntese de pigmentos não são diretamente relacionadas. Isto já foi claramente demonstrado no amadurecimento de tomate mutante de polpa verde (gf), que tem a degradação da clorofila diminuída ainda com a biossíntese normal de carotenóides, durante o amadurecimento.

4.9 Substâncias pécticas, pectinametilesterase e poligalacturonase

Com relação à pectina total observa-se no resumo de análise de variância que houve interações significativas para cálcio e armazenamento ($p < 0,01$) assim como para embalagem e armazenamento ($p < 0,05$) (Quadro 4 - anexos).

Houve aumento no teor de pectina total nos frutos de todos os tratamentos (Figura 15 a e b). Os tratamentos dos frutos com CaCl_2 e sem a embalagem de PVC promoveram uma tendência de aumento ao longo do armazenamento. Esses resultados não foram suportados coerentes com a literatura consultada.

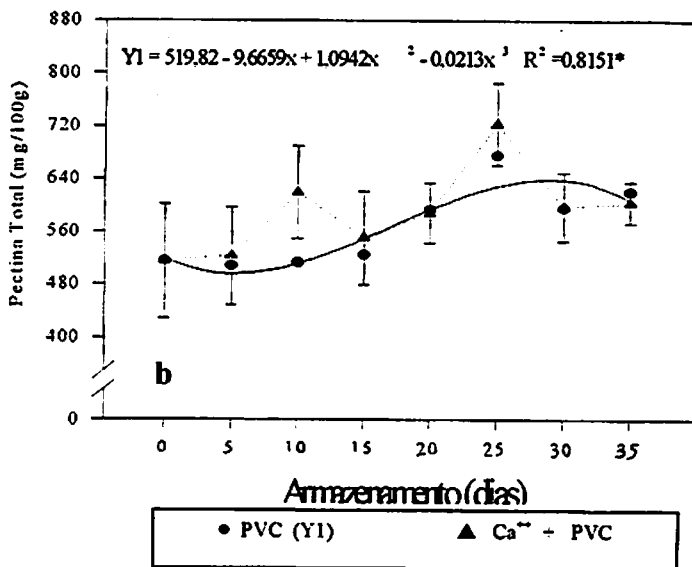
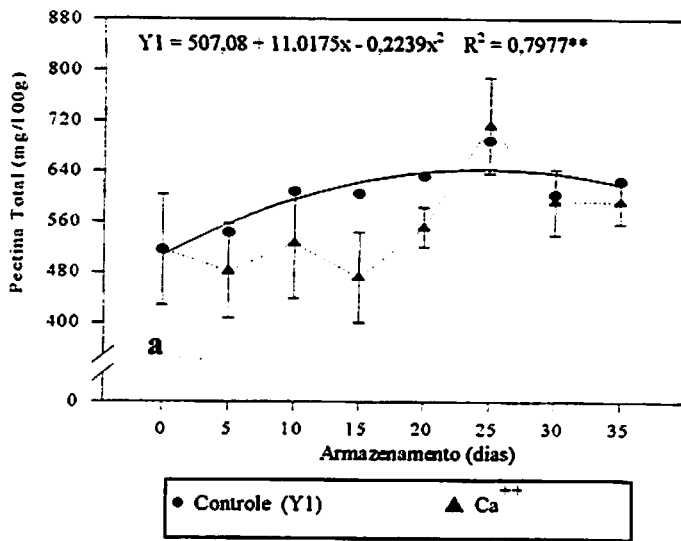


Figura 15. Teores de Pectina Total (mg/100g) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48 °C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) (a) armazenados a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem de PVC (15µm) (b).

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 estas mudanças, destaca-se o amaciamento que ocorre devido a alterações nas propriedades estruturais e interativas da composição de polímeros da parede celular e 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 (Huber, 1983; Gross et al. 1986; O'Donoghue et al. 1994).

Para a variável pectina solúvel no resumo de análise de variância houve interação tripla significativa para os fatores cálcio, embalagem e armazenamento ($p < 0,01$) (Quadro 4 - anexos).

Os frutos de todos os tratamentos apresentam tendência de aumento de solubilização da pectina até o 25^o dia de armazenamento (Figura 16 a e b).

A aplicação de CaCl_2 tendo ou não a embalagem de PVC, tendeu a uma menor solubilização em relação ao controle e, conseqüentemente, propiciou maior firmeza conforme observado na sua medição (item 4.3). Os resultados estão de acordo com Gonçalves (1998), que aplicou CaCl_2 em abacaxis, observando que este tratamento refletiu de maneira significativa os teores desta variável.

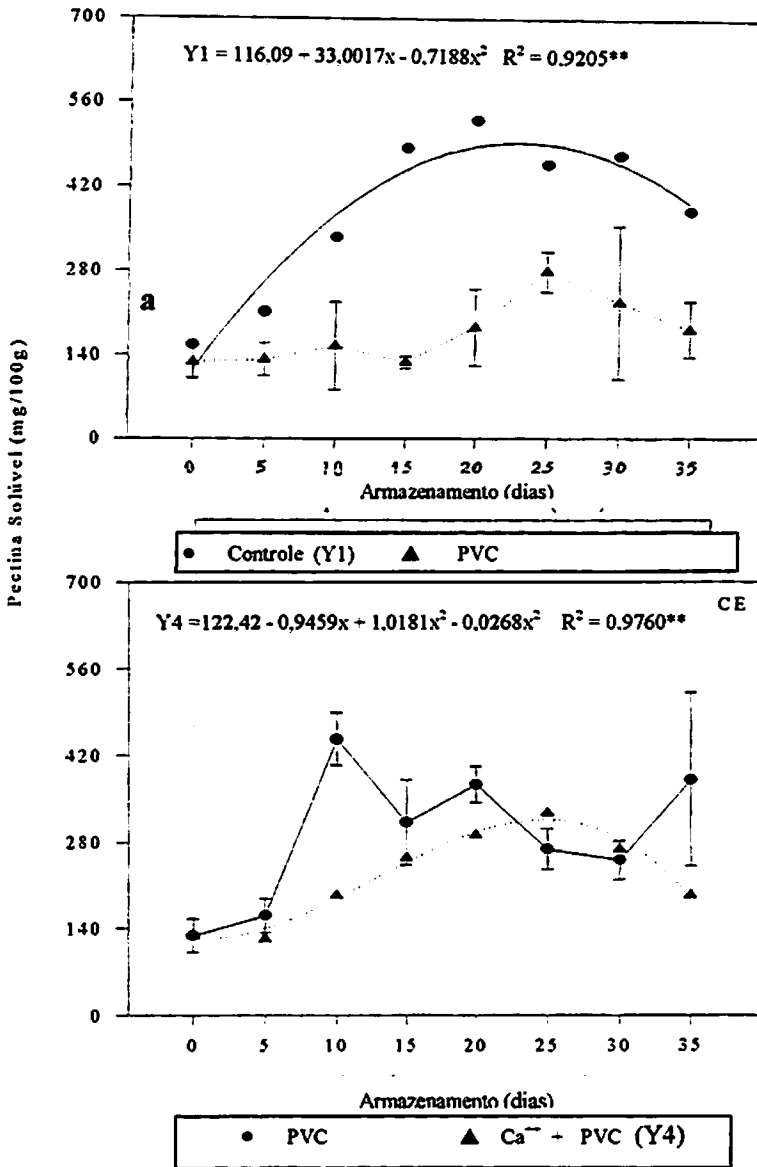


Figura 16. Teores de pectina solúvel (mg/100g) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenado a 10 ± 2 °C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem de PVC (15µ m) (b).

Os resultados estão semelhantes com os encontrados por Arriola, Madrid e Rolz (1975); Draetta et al. (1975) e Lazan et al. (1991) que também verificaram aumento inicial na pectina solúvel durante o amadurecimento de mamão.

A concentração de cálcio extracelular declina com o amadurecimento dos frutos, possivelmente através das mudanças das moléculas pécticas de parede celular, pois qualquer aumento rápido nos fragmentos de pectinas solúveis nos estádios iniciais do amadurecimento do fruto resultará em mudança no equilíbrio entre cálcio ligado e o cálcio livre, se novos sítios de ligação são expostos por este colapso celular péctico preliminar (Ferguson et al. 1995).

A variável solubilidade (percentagem de pectina solúvel em relação à pectina total) conforme resumo de análise de variância apresentou interação tripla significativa para os fatores cálcio, embalagem e armazenamento ($p < 0,01$) (Quadro 4 - anexos).

Todos os frutos apresentaram aumento de solubilidade no decorrer do período de armazenamento, sendo que os frutos sem embalagem e sem cálcio apresentaram maiores teores até o 20^o dia, declinando a partir desta data, em relação aos frutos com cálcio (Figura 17).

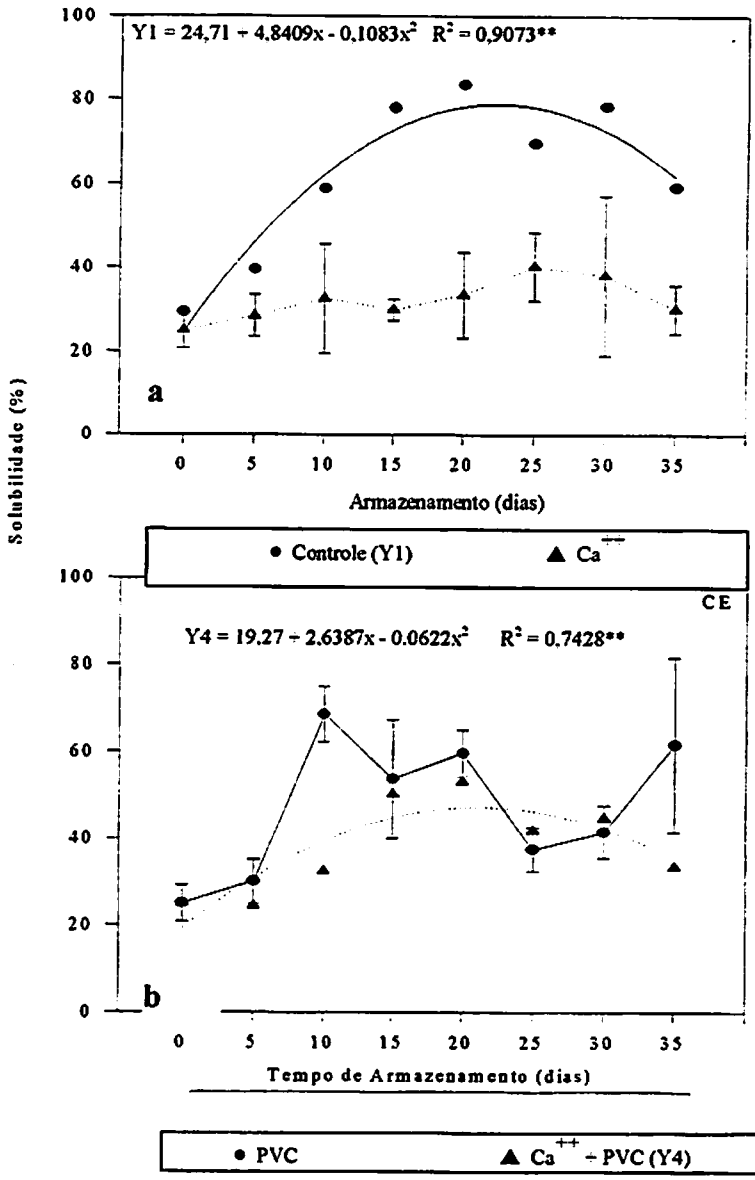


Figura 17. Solubilidade de pectina (%) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) (a) armazenados a 10 ± 2 °C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem de PVC (15 µm) (b).

Os frutos com embalagem de PVC com e sem cálcio mostraram tendência de aumento com o decorrer do armazenamento com teores mais pronunciados desta variável para os frutos com cálcio.

O comportamento da solubilidade foi semelhante ao da pectina solúvel, visto que o efeito associado cálcio e embalagem reduziu a taxa metabólica dos frutos, criando um ambiente de baixo O₂ e concentração maior de CO₂ acarretando provavelmente numa redução na biossíntese do etileno, na diminuição da atividade das enzimas envolvidas na degradação e/ou solubilização e na manutenção dos níveis de firmeza.

Para a pectinametilesterase o resumo de análise de variância mostrou interação significativa para os fatores cálcio e embalagem ($p < 0,01$) (Quadro 4 - anexos).

Em todos os tratamentos com cálcio, a atividade média da enzima foi menor (7,13 U/min/g de tecido) quando comparada aos tratamentos sem cálcio, e aqueles frutos sem embalagem apresentaram menor atividade (7,89 U/min/g de tecido) que os com embalagem (8,35 U/min/g de tecido) (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios¹ da atividade de Pectinametilesterase (U/min/g de tecido) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenados por 35 dias (10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR) com e sem embalagem em filme de PVC (15µm).

EMBALAGEM	CaCl ₂		MÉDIAS
	CONTROLE	Ca ⁺⁺	
CONTROLE	9,31 A	6,46 B	7,89 b
PVC	8,90 A	7,79 B	8,35 a
MÉDIAS	9,11 A	7,13 B	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5 % de probabilidade.

A solubilização e a hidrólise de pectinas (poliuronídeos) na lamela média são consideradas fatores de grande influência no amaciamento durante o amadurecimento do fruto. As enzimas que influenciam a estrutura da pectina como a pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG) e β -galactosidase podem ter efeitos marcantes na coesividade da parede celular durante o amadurecimento. Atualmente aceita-se que a mudança textural durante o amadurecimento seja um efeito composto de hidrolases de parede atuando em conjunto, mas efeitos individuais de hidrolases de parede têm sido esclarecidos pelos estudos recentes de fruto transgênico. A atividade pectinametilesterase (EC 3.1.1.15) é responsável pela desesterificação da pectina (que desmetila na posição C₆ de resíduos de ácido metilgalacturônico) para formar pectinas carboxiladas, enquanto libera metanol e um próton. Ela pode regular a ligação de cátions - particularmente cálcio, na parede, bem como a atividade da poligalacturonase (EC 3.2.1.15) esta responsável pela hidrólise da pectina (ligação α - 1,4) (Visser e Voragen, 1996).

O resumo de análise de variância também mostrou interação significativa para os fatores cálcio e armazenamento ($p < 0,05$) para esta enzima (Quadro 4 - anexos).

Por outro lado, em ambos os tratamentos com e sem cálcio, verificou-se um aumento da atividade desta enzima no decorrer do período de armazenamento até o 20º dia, declinando gradativamente até o final do período, onde frutos do tratamento sem cálcio apresentaram uma atividade superior da ordem de 28,55% em relação aos frutos tratados com cálcio (Figura 18).

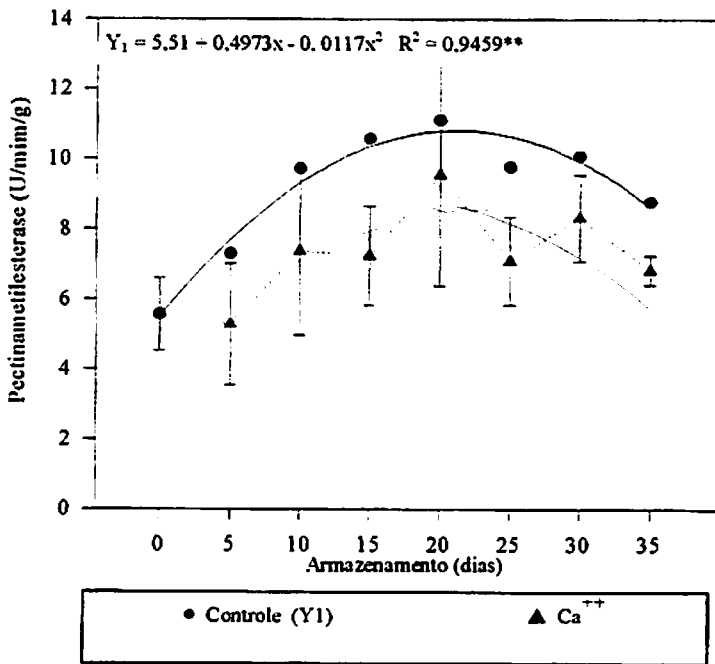


Figura 18. Atividade de pectinametilesterase (U/min/g) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 imerso por 20 min em suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenados a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR.

A menor atividade da pectinametilesterase nos frutos tratados com cálcio se deve ao efeito deste cátion que inibe a atividade da enzima. Alonso, Canet e Rodriguez (1997) observaram em cerejas que a desesterificação de material péctico aumenta quando se aumenta a temperatura e um efeito sinérgico é observado quando os dois tratamentos, hidrotérmico e cálcio, são aplicados consecutivamente aumentando a firmeza. Tratamento hidrotérmico e tratamento com cálcio atuam sinérgicamente melhorando a textura. Uma possível explicação para este sinérgico é que o tratamento com cálcio pode

aumentar o conteúdo de cálcio principalmente nas células do parênquima externo e no interior. Tratamento hidrotérmico aumenta a permeabilidade da membrana, facilitando a difusão do cátion para a parede celular e favorecendo a penetração e distribuição de cálcio (Ca^{++}) pelo fruto.

Em mamões, a atividade da pectinametilesterase se eleva com o amadurecimento (Lourenço e Catutani, 1982) e é acompanhada por um aumento na atividade da poligalacturonase e redução da firmeza da polpa (Lazan, Selamat e Ali, 1995).

Labib et al. (1995) caracterizaram as enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase em polpa e casca de mangas e sua inativação pelo calor. Esses autores sugerem a existência de vários tipos de pectinametilesterase, que são inativadas a temperaturas diferentes. Os autores chegaram ao pH ótimo de 7,5, tempo para a reação de primeira ordem de 8 minutos e concentração de NaCl ideal entre 0,1 e 0,2 M.

A PME aumenta, decresce, ou permanece inalterada durante o amadurecimento do fruto. Acredita-se que essa enzima tenha pouco efeito no amaciamento da parede, servindo somente para provocar desmetilação parcial permitindo a atividade da PG (Awad e Young, 1979; Brady, 1976; McCreedy e McComb, 1955).

A atividade da PME aumentou gradualmente durante o amadurecimento do fruto até atingir seu pico. A importância da PME no amadurecimento do mamão pode ser questionada pela sua inibição pela sacarose embora ela seja significativa se o fruto é transformado em purê (Paull e Chen, 1983).

Verifica-se que, apesar da diminuição constante da textura durante o período de armazenamento dos frutos (Figura 4a), a atividade da PME começou a decrescer apenas após o 20^o dia de armazenamento (Figura 18). Observa-se, entretanto, que apesar do decréscimo em ambos tratamentos (Controle, Ca^{++}), os

frutos tratados com cálcio tiveram menor atividade, influenciando possivelmente na maior textura.

Estes resultados podem ser comparados aos de Lazan, Selamat e Ali (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 e Chen (1983) observaram que a PME chega a sua atividade máxima em mamões entre o 7^o e o 9^o dia após a colheita.

O aumento da atividade de PME poderia contribuir para a elevação da acidez do fruto com cálcio onde o pH apresenta-se ligeiramente maior que em frutos controle entre o 5^o e o 20^o dia de armazenamento (Figura 7a). A atividade da PME nesse período (Figura 18) é maior nos últimos dias. Conseqüentemente, pelos resultados desse trabalho é possível relacionar a elevação da acidez dos frutos com a atividade da PME.

A atividade da PME deve preceder à atividade da PG, no sentido de facilitar a atividade desta última, pela desmetilação do poliuronídeo. A PG teria maior afinidade pelo substrato linear, desmetilando, após a atuação da pectinametilesterase. Pelos nossos resultados para frutos sem cálcio, verifica-se que a atividade da pectinametilesterase se elevou do zero ao 20^o dia (Figura 18).

Para a poligalacturonase o resumo de análise de variância mostra interação significativa para os fatores cálcio e embalagem ($p < 0,01$) (Quadro 4 - anexos).

O tratamento com cálcio e embalagem com PVC apresentou média estatisticamente igual aos demais tratamentos, com exceção do controle que apresentou média estatisticamente diferente dos demais. Em média, frutos sem cálcio (297,82 U/min/g de tecido) e frutos com embalagem de PVC (293,08 U/min/g de tecido) apresentaram menor atividade da poligalacturonase, indicando que o tratamento com embalagem foi mais eficaz em controlar esta enzima do que o tratamento com cálcio (313,82 U/min /g de tecido) (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios¹ nos teores de poligalacturonase (U/min/g de tecido) do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em Suspensão de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%) armazenados por 35 dias (10 ± 2°C e 85 ± 5% de UR) com e sem embalagem em filme de PVC (15 µm).

EMBALAGEM	CaCl ₂		MÉDIAS
	CONTROLE	Ca ⁺⁺	
CONTROLE	300,20 B	336,93 A	318,56 a
PVC	295,45 A	290,71 A	293,08 b
MÉDIAS	297,82 B	313,82 A	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade.

Comportamento oposto foi observado por Gonçalves (1998), no qual a presença do cálcio conferiu menores atividades para a poligalacturonase quando trabalhou com abacaxi mantido sob refrigeração e tratamento com cálcio.

Paull e Chen (1983) observaram que o pico de atividade da poligalacturonase do mamão ocorre quando este se encontra com 40 - 60% de amarelo na casca. Ao contrário de muitos outros frutos, a atividade da poligalacturonase do mamão aumenta rapidamente até este estágio e, então, aparentemente declina.

Rexová-Benková e Merkovic, (1976) observaram também que tanto o tratamento hidrotérmico e o cálcio impedem a despolimerização dos poligalacturonatos via inibição da atividade de poligalacturonase.

O decréscimo da atividade da poligalacturonase do mamão após o tratamento a quente foi mais severo no final do armazenamento dos frutos conforme constatado por Chan e Tam (1982).

4.10 Parede celular

4.10.1 Grau de esterificação (GE)

O grau de metil esterificação ou grau de esterificação (GE) da fração de substâncias pécticas solúveis em EDTA 0,5% (FSP) apresentou tendência de redução em todos os tratamentos (Tabela 9). Observa-se que o GE em mamões foi relativamente semelhante ao encontrado em melão 'Gália' (Menezes, 1996) e em tomates (Filgueiras, 1995) e diferente, quando comparado aos resultados obtidos em mangas (Lima, 1997).

Esta redução no GE durante o armazenamento com utilização de cálcio e embalagem de PVC pode ter contribuído para a manutenção do cálcio na parede celular (Tabela 10) diminuindo a atividade catalítica da PME durante o amadurecimento, acarretando uma transformação mais lenta na firmeza da polpa dos frutos.

Pelos resultados da Tabela 10, o GE no material de parede celular comportou-se de maneira inversa, na qual os frutos apresentaram uma tendência de elevação no GE, o que pode sugerir que o mesmo dificulta o acesso à ligação com íons cálcio para a formação do modelo "egg box", tornando a parede mais instável durante o amadurecimento.

Estes dados observados na material de parede celular está concordante com os reportados por Lima (1997), estudando as mudanças bioquímicas em mangas.

O papel específico do GE nas mudanças texturais de frutos e hortaliças durante o amadurecimento ainda é uma questão em estudo, pois não está bem definido se o seu aumento ou sua diminuição pode explicar bioquimicamente o amaciamento e a solubilização de pectinas. Em geral, o que se sabe é que poliuronídeos com elevado grau de esterificação podem formar apenas poucas

ligações com cálcio e, poliuronídeos com baixo grau de esterificação formam elevado número de ligações com cálcio, originando complexos mais estáveis. Segundo Visser e Voragen (1986), a modificação no grau de esterificação do ácido poligalacturônico e o tamanho, frequência e conformação de zonas de junção influenciam a densidade de carga fixada.

Tabela 9. Transformações ao nível da parede celular do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em solução de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenados a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem em filme de PVC (15µm).

TRATAMENTOS				
Armazenamento (dias)	Controle	Ca⁺⁺	PVC	Ca⁺⁺ + PVC
CELULOSE (µg.mg⁻¹) RC				
0	772,92	772,92	772,92	772,92
5	843,75	1319,57	960,81	917,62
10	882,92	956,74	984,02	953,80
15	982,53	887,48	996,12	994,47
20	1022,93	697,80	557,63	574,52
25	760,28	345,96	789,21	829,77
30	644,93	683,00	806,08	804,23
35	882,68	774,55	844,16	756,11
GRAU DE METIL ESTERIFICAÇÃO (%FSP)				
0	60,56	60,56	60,56	60,56
5	22,48	37,77	27,24	33,83
10	15,52	37,77	43,05	22,21
15	19,74	37,77	42,42	30,72
20	53,00	37,66	39,41	18,05
25	40,62	28,45	43,05	11,32
30	61,46	36,24	43,05	38,39
35	40,59	25,94	45,60	30,73

RC= Resíduo celulósico

FSP= Fração substâncias pécticas

Tabela 10. Mudanças no grau de metil esterificação e cálcio ligado do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em solução de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenados a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem em filme de PVC (15µm).

TRATAMENTOS				
Armazenamento (dias)	Controle	Ca ⁺⁺	PVC	Ca ⁺⁺ + PVC
GRAU DE METIL ESTERIFICAÇÃO (% no MPC*)				
0	21,70	21,70	21,70	21,70
5	43,54	43,02	60,04	54,89
10	66,36	61,88	31,59	48,61
15	41,54	66,94	21,27	37,79
20	42,79	21,12	37,58	23,55
25	44,83	50,40	56,43	60,61
30	40,24	36,31	45,08	64,72
CÁLCIO LIGADO (µmolg.mg⁻¹ de MPC)				
0	99,61	99,61	99,61	99,61
5	107,18	96,78	99,10	98,61
10	119,35	113,22	118,46	113,22
15	157,70	92,17	137,85	117,65
20	121,63	125,99	107,87	93,40
25	93,21	97,87	88,22	91,58
30	114,13	109,65	123,92	110,85

* MPC= Material de parede celular

Então, moléculas desesterificadas e/ou metiladas originaram grupos carregados negativamente, que se repelem entre si, acarretando a solubilização dos complexos e a diminuição do GE durante o armazenamento, contribuindo para a manutenção da parede celular, desta forma, funcionando como uma característica particular responsável pela manutenção da firmeza do fruto.

Os teores médios de ácidos urônicos da fração solúvel em EDTA (mg.g⁻¹ de fração de substâncias pécticas) e os açúcares neutros não celulósicos da fração solúvel em KOH (mg.g⁻¹ de fração hemicelulósica) encontram-se na

Tabela 11, e o conteúdo de celulose do resíduo das frações solúveis anteriores (mg.g^{-1} de resíduo celulósico) encontram-se detalhados na Tabela 9.

Tabela 11. Transformações ao nível da parede celular do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em solução de Prochloraz a 48°C , com e sem adição de CaCl_2 (2%), armazenados a $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e a $85 \pm 5\%$ de UR, com e sem embalagem em filme de PVC (15 μ m).

TRATAMENTOS				
Armazenamento (dias)	Controle	Ca^{++}	PVC	Ca^{++} + PVC
ÁCIDOS URÔNICOS ($\mu\text{g.mg}^{-1}$) FSP*				
0	715,98	715,98	715,98	715,98
5	672,61	622,51	711,18	669,69
10	842,69	665,63	925,50	511,34
15	619,70	732,23	640,99	680,08
20	872,34	797,84	785,69	792,55
25	804,42	623,56	746,36	846,32
30	497,54	864,00	764,37	790,85
35	648,17	836,13	690,40	747,21
AÇÚCARES NEUTROS (NÃO CELULÓSICOS ($\mu\text{g.mg}^{-1}$) FHEM**				
0	245,21	245,21	245,21	245,21
5	362,67	473,89	325,40	530,16
10	313,52	514,60	355,08	361,30
15	399,96	455,14	359,34	410,55
20	364,50	336,40	332,68	353,07
25	369,23	374,23	339,06	383,12
30	344,95	452,15	325,40	290,36
35	359,55	447,16	321,00	443,09

*FSP = Fração substâncias pécticas

** FHEM= Fração hemicelulose

O teor de ácidos urônicos na fração de substâncias pécticas solúveis em EDTA 0,5% mostrou pouca variação durante o armazenamento. No entanto, observou-se uma despolimerização mais acentuada na parede celular nos frutos tratados com cálcio até o 20º dia de armazenamento. A variação observada está

concordante com os reportados por Menezes (1996) que estudou mudanças bioquímicas durante o amadurecimento de melão 'Gália'.

Koh e Melton (1995), caracterizando o mamão cv. Waimanalo durante o armazenamento à temperatura ambiente por 4 dias, observaram valores acentuados para ácidos urônicos nas diferentes frações estudadas. Esta diferença pode ser considerada devido a ambas, técnicas de extração diferente, assim como ao uso de temperaturas de conservação diferentes.

Esta caracterização na composição da pectina e alteração nos componentes de parede celular de mamão são importantes, porque sua maciez durante a maturação e armazenamento é devido, primariamente, à modificação nos componentes de parede celular e a perda de polímeros de ácidos urônicos é acompanhada por um aumento nos teores de poliuronídeos solúveis assim como à atividade de hidrolases de parede celular como PME e PG.

O conteúdo de açúcares neutros, solúveis em KOH, correspondeu aproximadamente, a 1/3 do valor médio dos ácidos urônicos, indicando que a sua contribuição para a formação da parede celular é pouco expressiva quando comparada com os ácidos urônicos. O comportamento dos açúcares neutros durante os 35 dias de armazenamento dificulta estabelecer qualquer associação com o amaciamento do fruto, indicando provavelmente que as alterações nesta fração têm pouca relação com a textura do mamão.

4.10.2 Cálcio

Os conteúdos de cálcio total na casca e cálcio total na polpa (Tabela 12) e cálcio ligado à parede celular (MPC) (Tabela 10) apresentaram tendência de evolução durante o armazenamento. Verifica-se, neste trabalho, que os teores médios de cálcio total e ligado encontrados nos frutos tratados com cloreto de cálcio estão de acordo com os dados obtidos por Gonçalves (1998), trabalhando

com abacaxi em diversas concentrações de cálcio e aos de Fernandes (1996), quando observou cálcio total na polpa de melão. Poovaiah (1986) obteve resultados similares quando submeteu maçãs à infiltração com cálcio, sob diferentes pressões às quais apresentaram maior teor de cálcio na polpa e na casca, após 90 dias de armazenamento a 0°C, o que resultou em maior firmeza daqueles frutos.

Tabela 12. Mudanças no cálcio total na casca e polpa do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em solução de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenados a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem em filme de PVC (15µm).

TRATAMENTOS				
Armazenamento	Controle	Ca⁺⁺	PVC	Ca⁺⁺ +
(dias)				PVC
CÁLCIO TOTAL NA CASCA (µmolg.mg⁻¹)				
0	168,00	168,00	168,00	168,00
5	115,04	118,69	169,82	138,78
10	138,04	126,00	127,83	122,35
15	155,22	127,83	146,09	142,43
20	105,91	85,17	87,65	157,04
25	122,35	105,91	157,04	155,22
30	111,39	104,09	100,43	173,48
CÁLCIO TOTAL NA POLPA (µmolg.mg⁻¹)				
0	37,46	37,46	37,46	37,46
5	65,74	52,17	46,10	43,83
10	34,39	38,37	39,21	38,36
15	50,26	36,16	47,47	49,45
20	34,82	41,90	42,87	55,60
25	37,90	50,30	47,64	41,98
30	37,73	42,93	54,78	41,61

A cutícula do mamão, embora não bem desenvolvida no fruto imaturo, aumenta de espessura de 15 para 50 μ m durante o crescimento e desenvolvimento do fruto (Quintana e Paull, 1993). A espessura da cutícula do mamão é quase duas vezes à da maçã e pode ser uma barreira mais efetiva para a absorção do cálcio (Siddiqui e Bangerth, 1992).

De acordo com o trabalho de Joyce, Beasley e Shorter (1997), concentrações de cálcio nos tecidos da polpa e da casca de manga 'Sensation' não foram afetadas pelas embalagens de plástico sete semanas antes da colheita respaldando os resultados observados neste trabalho com a utilização de embalagem de PVC.

4.10.3 Celulose

Os teores médios de celulose obtidos do material de parede celular (MPC) foram variáveis nos respectivos tratamentos (Tabela 13). O uso de cálcio associado à embalagem tendeu a um aumento no final do armazenamento o que sugere ter tomado a parede celular mais firme, na qual cadeias de celulose encontram-se mais compactadas, tornando difícil o acesso de enzimas às ligações β 1-4 entre as moléculas de glicose.

Lurie et al. (1994), trabalhando com nectarinas em ambiente refrigerado, quando em condições de atmosfera controlada na colheita e após amadurecimento, e Menezes (1996), trabalhando com melão refrigerado durante o armazenamento observaram aumento nesta fração.

Os teores médios de celulose no resíduo celulose (RC) foram variáveis nos respectivos tratamentos. Menezes (1996) encontrou redução nesta fração sugerindo ação da enzima celulase bem como de outras proteínas.

Tabela 13. Mudanças no peso seco de material de parede celular de mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em solução de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenados a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem em filme de PVC (15µm).

TRATAMENTOS				
Armazenamento (dias)	Controle	Ca ⁺⁺	PVC	Ca ⁺⁺ + PVC
FRAÇÃO CELULOSE (µg.mg⁻¹ de MPC[*])				
0	376,10	376,10	376,10	376,10
5	400,00	310,45	351,10	281,25
10	400,95	280,85	276,60	345,75
15	345,00	549,75	342,06	574,75
20	345,00	365,70	342,06	334,50
25	718,00	365,70	342,06	334,50
30	487,00	405,65	305,00	412,10
35	381,60	262,30	366,80	441,95
FRAÇÃO SUBSTÂNCIAS PÉCTICAS (µg.mg⁻¹ de MPC[*])				
0	247,80	247,80	247,80	247,80
5	159,00	150,20	91,55	259,95
10	165,45	176,65	138,25	165,20
15	306,80	273,45	81,50	107,85
20	138,70	130,85	122,95	252,05
25	172,90	234,05	112,16	279,60
30	257,95	292,95	150,15	251,15
35	167,55	177,20	134,91	116,40

*MPC= Material de parede celular

De acordo com Paull e Chen (1983), a celulase emprega um papel significativo no mamão colhido, sendo que esta enzima aumenta gradualmente 4 dias após a produção do etileno alcançar um máximo. Ainda segundo eles, o aumento na atividade da celulase começa antes da elevação da produção do etileno e do amaciamento do fruto. A presença da atividade da celulase no início do amadurecimento pode desencadear alguns dos eventos subsequentes

como o amadurecimento de áreas externas do endocarpo placentar. O aumento da atividade desta enzima também foi encontrado por D’Innocenzo (1996) quando estudou o comportamento de enzimas da parede celular e textura para mamões que sofreram ou não irradiação.

As reduções nos teores de fração substância pectínica (FSP) em todos os tratamentos tiveram efeito negativo como demonstrado para Menezes (1996) sendo mais expressivo para aqueles frutos que receberam mais cálcio e embalagem de PVC. Siddiqui e Bangerth (1995), quando aplicaram na pré-colheita cálcio em maçã, registraram aumento nesta fração durante o seu armazenamento.

4.10.4 Açúcares neutros não celulósicos

Os dados relacionam-se aos valores médios dos períodos de armazenamento, visto que os resultados mostraram-se muito variáveis no decorrer dos mesmos. A análise dos açúcares neutros da fração hemicelulósica pode ser observada nas Tabelas 14 a 16.

Existem diversos trabalhos de variação de açúcares em frutos como tomate, melão, manga maçã e outras, porém não sendo encontrados resultados com mamão.

A utilização de cálcio e embalagem mostraram no decorrer do período de armazenamento, perda líquida dos principais componentes da fração hemicelulósica como xilose, glicose e manose. Normalmente, a alta concentração de xilose juntamente com glicose implica que o polímero xiloglucana pode ser um dos componentes estruturais responsáveis pela integridade da parede celular do fruto durante o armazenamento. O teor de glicose relativamente alto pode sugerir a manutenção de estruturas, polímeros

tipo celulose. Menezes (1996) trabalhando com melão observou também altos índices de glicose no fruto durante o armazenamento refrigerado (Tabela 15).

A maior retenção de xilose no fruto, neste estudo, foi também verificado por Mitcham e MacDonald (1992) em mangas com o amadurecimento, onde os resíduos deste açúcar aumentaram uniformemente assim como observado por Menezes (1996) com melão armazenado em ambiente refrigerado.

Os valores de manose sofreram redução no decorrer do período de armazenamento o que está de acordo com Menezes (1996).

Com relação aos polissacarídeos pécticos, galactose, arabinose e ramanose observa-se que a galactose foi o açúcar mais retido na parede celular seguido por ramanose e arabinose. Esses resíduos atuam como ponto de ramificação entre o esqueleto ramnogalacturonana da pectina e as cadeias laterais de arabinogalactana. Menezes (1996) também registrou alta retenção de galactose na parede celular de melão e constância de acúmulo de arabinose, rannose e fucose que, segundo o autor, sugere uma situação de equilíbrio na parede celular do fruto durante o armazenamento, concordando com nossos resultados.

Pelas Tabelas 14 a 16, observa-se que, em relação ao controle, o efeito do cálcio ocorreu em todos os açúcares, com exceção da fucose, e o efeito da embalagem só foi significativo nos açúcares galactose, arabinose e rannose.

Além da solubilização da pectina, uma perda de resíduos de açúcares neutros não celulósicos também ocorre durante o período de armazenamento dos frutos como consequência direta da maturação e do amolecimento dos mesmos, ocorrendo a liberação de vários compostos solúveis que fazem parte da estrutura molecular da parede celular e da lamela média. Os resíduos solúveis mais frequentemente identificados são geralmente os ácidos urônicos em vários graus de polimerização, galactose, arabinose, glicose, xilose e raminose.

Tabela 14. Mudanças na composição de açúcares neutros não celulósicos do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em solução de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenados a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem em filme de PVC (15µm).

TRATAMENTOS				
Armazenamento (dias)	Controle	Ca⁺⁺	PVC	Ca⁺⁺ + PVC
FUCOSE (mg.g⁻¹ de MPC[*] da FHEM^{**})				
0	7,41	7,41	7,41	7,41
5	8,56	8,51	5,03	11,10
10	7,22	9,84	6,82	8,58
15	4,01	7,86	28,56	10,71
20	7,65	5,55	2,41	4,59
25	7,01	2,59	5,99	5,61
30	28,35	1,72	6,18	5,19
35	1,27	3,92	2,37	1,79
GALACTOSE (mg.g⁻¹ de MPC[*] da FHEM^{**})				
0	68,87	68,87	68,87	68,87
5	42,42	0,46	25,46	16,57
10	2,045	2,26	3,33	26,32
15	2,51	0,27	2,67	95,56
20	2,02	2,30	4,90	32,80
25	7,21	44,45	4,17	5,32
30	47,27	35,97	3,04	38,31
35	36,29	70,93	60,14	68,85

*MPC= Material de parede celular

**FHEM= Fração hemicelulose

Tabela 15. Mudanças na composição de açúcares neutros não celulósicos do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em solução de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenados a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem em filme de PVC (15µm).

TRATAMENTOS				
Armazenamento	Controle	Ca⁺⁺	PVC	Ca⁺⁺ + PVC
(dias)				
GLICOSE (mg.g⁻¹ de MPC[*] da FHEM^{**})				
0	65,99	65,99	65,99	65,99
5	59,07	0,057	20,99	37,55
10	62,31	85,35	16,94	64,78
15	31,08	99,60	27,53	76,47
20	11,75	63,19	12,14	59,53
25	32,74	34,61	3,36	18,80
30	64,78	83,46	36,64	34,77
35	79,74	100,00	64,77	56,47
ARABINOSE (mg.g⁻¹ de MPC[*] da FHEM^{**})				
0	8,66	8,66	8,66	8,66
5	8,46	0,32	5,48	1,65
10	0,07	4,94	-	5,01
15	0,50	0,10	13,32	15,01
20	4,53	0,30	3,07	4,15
25	2,52	5,66	3,45	0,27
30	10,49	8,45	2,30	10,14
35	7,78	19,92	8,80	14,59

*MPC= Material de parede celular

**FHEM= Fração hemicelulose

Tabela 16. Mudanças na composição de açúcares neutros não celulósicos do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em solução de Prochloraz a 48°C, com e sem a adição de CaCl₂ (2%), armazenados a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem em filme de PVC (15µ m).

TRATAMENTOS				
Armazenamento (dias)	Controle	Ca⁺⁺	PVC	Ca⁺⁺ + PVC
XILOSE (mg.g⁻¹ de MPC[*] da FHEM^{**})				
0	165,78	165,78	165,78	165,78
5	155,87	0,62	2,19	5,62
10	1,27	5,75	0,65	112,52
15	0,335	0,81	3,25	3,02
20	10,32	0,78	13,06	129,42
25	3,21	137,88	2,15	1,20
30	160,09	345,14	0,85	525,31
35	267,69	247,13	231,70	294,96
MANOSE (mg.g⁻¹ de MPC[*] da FHEM^{**})				
0	43,76	43,76	43,76	43,76
5	39,82	4,79	36,53	4,14
10	2,05	4,24	21,70	36,78
15	3,75	5,79	23,05	37,04
20	5,44	2,46	31,42	19,76
25	51,69	26,12	-	26,34
30	44,84	86,67	6,56	37,82
35	67,28	60,47	46,83	113,94
ARABINOSE (mg.g⁻¹ de MPC[*] da FHEM^{**})				
0	10,49	10,49	10,49	10,49
5	15,94	0,47	7,10	0,81
10	0,48	-	-	5,52
15	0,55	0,065	26,42	20,01
20	-	-	3,09	6,14
25	-	5,35	-	-
30	10,56	4,78	0,06	7,92
35	3,74	15,89	8,84	17,17

MPC= Material de parede celular

**FHEM= Fração hemicelulose

Observa-se que houve um aumento no teor de açúcares neutros não celulósicos, embora os teores de ácidos urônicos da fração substância pectica apresentassem uma menor degradação durante o período de armazenamento. A

embalagem de PVC isoladamente não teve efeito nesta fração. Entretanto, acredita-se que, devido à interação com o cálcio, a embalagem tenha atuado no sentido de contribuir para a manutenção da firmeza dos frutos durante o armazenamento.

Siddiqui e Bangerth (1995) também não observaram alterações na percentagem de açúcares hemicelulósicos durante o armazenamento de maçã.

O conteúdo de material de parede celular mostrou pouca variação durante o armazenamento e entre os tratamentos (20,59 a 33,71 mg.g⁻¹ peso fresco) (Tabela 17). Estes valores são superiores aos de Koh e Melton (1994), quando analisaram polissacarídeos da parede celular de mamão cv. Waimanalo em temperatura ambiente, possivelmente por divergirem aos métodos de quantificação e por se tratarem de cultivares diferentes. O rendimento de material de parede celular foi também superior ao de Menezes (1996) com melão, sendo que aqueles que receberam cálcio e frutos que receberam embalagem apresentaram o maior rendimento.

Entretanto, o comportamento do material de parede celular durante a maturação é bastante diferente entre os frutos. Neste trabalho observou-se aumento (Tabela 17), enquanto Menezes (1996), trabalhando com melão e Lima (1997), com manga, observaram redução no material de parede celular. Siddiqui e Bangerth (1995), trabalhando com aplicação de cálcio em maçã, encontraram pouca variação durante o seu armazenamento utilizando procedimentos de extração e fracionamento semelhantes.

Alguma síntese de parede celular pode ter ocorrido durante o processo de amadurecimento, devido ao aumento constante do material de parede em todos os tratamentos. Isto coloca a possibilidade de que novas ligações cruzadas interpoliméricas de parede possam ser formadas durante o amadurecimento, modificando talvez alguns dos efeitos das enzimas que degradam a parede celular, como sugeriu Martin-Cabrejas et al. (1994) para peras.

Tabela 17. Mudanças no peso seco de material de parede celular do mamão cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12, imerso por 20 min. em solução de Prochloraz a 48°C, com e sem adição de CaCl₂ (2%), armazenados a 10 ± 2°C e a 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem em filme de PVC (15µm).

TRATAMENTOS				
Armazenamento	Controle	Ca⁺⁺	PVC	Ca⁺⁺ + PVC
(dias)				
MATERIAL DE PAREDE CELULAR (µg.mg⁻¹ de peso fresco)				
0	20,59	20,59	20,59	20,59
5	20,60	23,68	21,70	26,80
10	22,72	24,61	23,60	21,30
15	24,94	29,24	25,73	27,58
20	25,12	28,66	26,18	28,62
25	27,51	32,79	25,57	28,51
30	33,71	29,76	35,55	26,37
35	30,42	29,40	28,94	27,25
FRAÇÃO HEMICELULOSE (µg.mg⁻¹ de MPC[*])				
0	52,45	52,45	52,45	52,45
5	57,80	45,80	32,90	68,50
10	53,85	27,31	50,80	59,35
15	43,15	81,10	47,00	67,55
20	34,70	11,70	15,00	51,82
25	12,90	49,00	30,65	23,05
30	30,95	31,95	34,05	51,82
35	39,25	49,15	36,65	40,00

*MPC= Material de parede celular

Para a fração hemicelulose do material de parede celular (Tabela 17) houve efeito do cálcio com ou sem embalagem de PVC no decorrer do período de armazenamento dos frutos, no sentido de ocorrer menor degradação. Os teores médios obtidos para os tratamentos foram inferiores àqueles registrados por Menezes (1996). Sidiqi e Bangerth (1995), trabalhando com aplicação de

cálcio em maçã, obtiveram aumento no teor desta fração; contudo, este valor foi inferior aos obtidos neste trabalho para os vários tratamentos.

CONCLUSÕES

- Durante o armazenamento houve efeito do cálcio na redução do grau de esterificação, com manutenção da firmeza, retenção da clorofila, retardo na síntese de vitamina C, melhoria da aparência interna, diminuição do pH, aumento da acidez, aumento da atividade de poligalacturonase e redução da atividade de pectinametilesterase, com o aumento dos teores de açúcares do material de parede celular (fração hemicelulose e fração celulose).
- Durante o armazenamento houve efeito da embalagem na redução da perda de massa, na manutenção da relação SS/ATT, com diminuição do pH, melhoria da aparência externa, aumento na concentração de poliuronídeos, aumento da atividade de pectinametilesterase e redução da atividade de poligalacturonase.
- O efeito conjunto do cálcio e da embalagem foi efetivo em promover menor solubilização da pectina, com menor degradação dos açúcares totais e da glicose.
- Para prevenir o desenvolvimento de doenças pós-colheita dos frutos, o tratamento hidrotérmico (48°C, 20 minutos), juntamente com a aplicação de Prochloraz foi eficiente. No período de armazenamento os frutos apresentaram-se isentos de doenças até o 30^o dia de avaliação, sendo observada, aos 35 dias, a presença de ataque fúngico. A temperatura de $10 \pm 2^\circ\text{C}$ e a umidade relativa de

85 ± 5%, neste período, mostrou ser uma condição ótima para o armazenamento do frutos de mamoeiro cv. 'Sunrise Solo'.

- A conservação de mamões cv. 'Sunrise Solo' pode ser conseguida por um período de armazenamento longo (25 dias), mas novas pesquisas fazem-se necessárias antes de se sugerir ou recomendar a utilização dos tratamentos utilizados para pequenos ou grandes produtores e exportadores, visto que, no final do período de armazenamento, a presença de frutos inadequados para o consumo se fez presente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAMINE, E.K. Respiration of fruits of papaya (*Carica papaya* L var. Solo) with reference to the effect of quarantine desinfestation treatments. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v.88, p. 231-236, 1966.
- AKAMINE, E. K. GOO, T Relationship between surface color development and total soluble solids in papaya. **HortScience**, Alexandria, v.6, n.6, p.567-568, 1971.
- AKAMINE, E. K. The hot water treatment of papayas. **Food Technology**, Australia, p.482- 483, Nov. 1975.
- AKAMINE, E. K.; GOO, T. Respiration, ethylene production, and shelf life extension in irradiated papaya fruit after storage under simulated shipping conditions. **Hawaii, Agricultural Experiment Station**, 1977, 12p. (Technical bulletin, 93).
- ALBERSHEIM, P.; NEVINS, D.J.; ENGLISH, P.D.; KARR, A. A method for the analysis of sugar in plant cell wall polyssacharides by gas-liquid chromatography. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v.5, p.340-345, 1967.
- ALONSO, J.; RODRIGUEZ, T.; CANET, W. Effect of various thermal pretreatment on the texture of frozen cherries (*Prunus avium* L.) Related Enzyme Activities. **Z. Lebensm. Unters, Forsch**, p. 214-218, 1993.
- ALONSO, J.; RODRIGUEZ, T.; CANET, W. Effect of calcium pretreatments on the textures of frozen cherries. Role of pectinesterase in the changes in the pectic materials. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.43, n.10, p.1011-1016, 1995.
- ALONSO, J.; CANET, W.; RODRÍGUEZ, T. Thermal and calcium pretreatment affects texture, pectinesterase and pectic substances of frozen sweet cherries. **Journal of Food Science**, Chicago, v.62, n.3, p.511 - 515, 1997.

- ANDREWS, P. K.; SHULIN, L. Cell wall hydrolytic enzyme activity during development of nonclimacteric sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.70, n.4, p.561-567, 1995.
- AN, J.F.; PAULL, R.E. Storage temperature and ethylene influence on ripening of papaya fruit. **Journal American for Society Horticultural Science**, Alexandria, v.115, n.6, p.949-953, 1990.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL**, 1995. Rio de Janeiro: FIBGE, 1995, v.5.
- ARRIOLA, M.C. de; MADRID, M.C. de; ROLZ, C. Algunos 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; CALZADA, J.F. de; MENCHU, J.F.; ROLZ, C.; GARCIA, R.; CABRERA, S. de. Papaya. In: **Tropical and subtropical fruits**. Westport: AVI, p. 316-340, 1980.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**, 11th ed, Washington : 1970.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official analytical Chemistry**. 12th ed. Washington, 1990.
- AWAD, M.; YOUNG, R.E. Postharvest variation in cellulose, polygalacturonase and pectin methylesterase in 'Avocado' (*Persea americana* Mill cv. Fuerte) fruit in relation to respiration and ethylene production. **Plant Physiology**, Baltimore, v.64, p.306-308, 1979.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993, 114p.
- 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.
- BACIC, A; HARRIS, H.J.; STONE, B.A. Structure and function of plant cell walls. In: -. **The biochemistry of plants: a comprehensive treatise**. Carbohydrates, Londres: Academic press, v.14, p.297-371, 1988.

- BALBINO, J. M. DE S. Efeitos de hidrotermia, refrigeração e ethefon na qualidade pós-colheita de Mamão (*Carica papaya* L.) UFV: Viçosa, 1997. 104p. (Tese - Fisiologia Vegetal).
- BAMBERG, J.B.; PALTA, J.P.; PETERSON, L.A.; MAX MARTIN; KRUEGER, A.R. Screening potato species germoplasm for tuber Calcium. *American Potato Journal*, Orono, v.72, n.10, p.613, Oct. 1995.
- BANGERTH, F. Calcium related physiological disorders of plants. *Annual Review Phytopathology*, Palo Alto, v.17, p.97-122, 1979.
- BANGERTH, F.; DILLEY, D.R.; DEWEY, D.H. Effect of postharvest calcium treatment on internal breakdown and respiration of apple fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.97, n.5, p.679-682, 1972.
- BARTOLOME, L.G.; HOFF, J.E. Firming of potatoes: biochemical effects of preheating. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Washington, v.20, n.2, p. 266-270, 1972.
- BEAVERS, W.B.; SAMS, C.E.; CONWAY, W.S.; BROWN, G.A. Calcium source effects calcium content, firmness, and degree of injury of apples during storage. *HortScience*, Alexandria, v.29, n.12, p.1520-1523, Dec. 1994.
- BIALE, J.B. Synthetic and degradative process in fruit ripening. In: -. *Postharvest biology and handling of fruits and vegetables*. Westport: AVI, cap. 2, p. 8-18. 1975.
- BIALE, J.B.; YOUNG, R.E. Respiration and ripening in fruits: retrospect and prospect. In: -. *Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables*. London: Academic Press, 1981, cap.1, p.1-37.
- BISSOLI, Jr., W. Qualidade de mangas (*Mangifera indica* L. cv. Tommy Atkins) sob influência da pulverização pré-colheita dos frutos com cálcio e boro. Lavras: ESAL, 1992. 85p. (Dissertação – Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- BLEINROTH, E.W. Qualidade dos produtos hortifrutícolas. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1988. 67p.

- BLEINROTH, E.W.; SIGRIST, J.M.M.** Matéria prima. In: **Mamão**. Campinas: ITAL. p. 179-254, 1989 (Série frutas tropicais, 7).
- BLEINROTH, E.W.** Colheita e manejo. In: **FRUPEX. Mamão para exportação: procedimento de colheita e pós-colheita**. Brasília: MAARA/FRUPEX, 1993, -p. (Série publicações técnicas FRUPEX).
- BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G.** New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Chemistry**, New York, v.5, p. 484-489, 1973.
- BRADY, C.J.** The pectinesterase of pulp banana fruit. **Australian Journal of Plant Physiologist**, Victoria, v.3, p.163-172, 1976.
- BRADY, C. J.; MACALPINE, G.; MCGLASSON, W.B. UEDA, Y.** Polygalacturonase in tomato fruits and the induction of ripening. **Australian Journal of Plant Physiologist**, East Melbourne, v.9, p.171-178, 1982.
- BRADY, C.J.** Fruit ripening. **Annual Review Plant Physiology**, Palo alto, v.38, p.155-178, 1986.
- BRADY, C. J.** Fruit ripening. **Annual Review Plant Physiology**. Palo Alto, v.38, p.155 - 178, 1987.
- BRASIL.** Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo. Secretaria do Comércio Exterior. **Papais (mamões) frescos**. Brasília: SECEX, 1998. (FAX: 325-2075).
- BRETT, C.; WALDRON, K.** Physiological and biochemistry of plant cell walls. London: Unwen Hyman, 193p.,1990.
- BRISKIN, D.P.;HANSON,J.B.** How does the plant plasmamembrane H^+ - ATPase PUMP protons? **Journal of Experimental Botany**, England, v.43, n.248, p.269-289, Mar. 1992.
- BRUINSMA, J.** The quantative analysis of chlorophyllis a and b in plant extracts. **Photochemistry and Photobiology**, Elmsford, v.2, p.241-249, 1963.
- BURNS, J.K.; PRESSEY, R.** Ca^{2+} in cell walls of ripening tomato and peach. **Journal American for Society Horticultural Science**, Alexandria, v.112, n.5, p.783-787, 1987.

- CARPITA, N.C. Hemicellulosic polymers of cell wall of 'zea' coleoptiles. **Plant Physiology**, Washington, v.72, n.2, p.515-521, 1983.
- CARPITA, N.; GIBEAU, D.M. Structural models of primary cell walls in flowing plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. **The Plant Journal**, v.3, p. 1-30, 1993.
- CARVALHO, R.I. de C.; FIORAVANÇO, J.C.; PAIVA, M.C.; MANICA, I. Características físicas e químicas do mamão papaya comercializado em Porto Alegre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.1, p.143-147, 1993.
- CASTRO, J.V.; SARANTÓPOULOS, C.; YOTSUYANAGI, K.; FUKUSHIMA, M. Emprego de embalagem plástica na conservação do mamão. **XIII Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Salvador, v.2, p.674, 1994. Anais...
- CATUTANI, A.T.; LOURENÇO, E.J. Atividade da pectinesterase do mamão (*Carica papaya* L.) no amadurecimento. **Anais de Farmácia e Química de São Paulo**, São Paulo, v.22, n.1-2, p.3-10, Jan./Dez., 1982.
- CHAN JR., H. T.; CHANG, T. S. K.; STAFFORD, A. E.; BREKKE, J. E. Nonvolatile acids of papaya. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 19, n.2, p.263 265, 1971.
- CHAN Jr., H.T.; KWOK, S.C.M. Isolation and characterization of β -fructofuranosidase from papaya. **Journal of Food Science**, Chicago, v.41, p.320-323, 1976.
- CHAN, Jr.; H.T. ; KWOK, S.C.M. Importance of enzyme inactivation prior to extraction of sugars from papaya. **Journal of Food Science**, Chicago, v.40, n., p.770-771, 1975.
- CHAN JR., H.T.; HIBBARD, K.L.; GOO, T.; Sugar composition of papayas during fruit development. **HortScience**, Alexandria, v.14, p. 140-141, 1979.
- CHAN Jr., 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, 1979.

CHAN Jr., H.T.; TAM, S.Y.T.; SEO, S.T. Papaya polygalacturonase and its role in thermally injured ripening fruit. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 46, p. 190 - 197, 1981.

CHAN Jr., H. T.; TAM, S. Y. T. Partial purification and characterization of an acid phosphate from papaya. *Journal of Food Science*, Chicago, v.4, n. , p.1498-1500, 1982.

CHAN Jr, H.T.; TANIGUCHI, M.H. Changes in fatty acid composition of papaya lipids (*Carica papaya*) during ripening. *Journal of Food Science*, Chicago, v.50, n.4, p.1092-1094, 1985.

CHAN Jr., H.T. Effects of heat treatments on the ethylene - forming enzyme system in papayas. *Journal of Food Science*, Chicago, v.51, n.3, p.581-583, 1986.

CHAN Jr., H.T. Alleviation of chilling injury in papayas. *HortScience*, Alexandria, v.23, n.5, p.868-870, 1988.

CHAN Jr., H.T.; LINSE, E. Conditioning cucumber to increase heat resistance in the EFE system. *Journal of Food Science*, Chicago, v.54, n., p.1375-1990.

CHAN Jr., H.T. Ripeness and tissue depth effects on heat inactivation of papaya ethylene-forming enzyme, *Journal of Food Science*, Chicago, v.56, n.4, 1991.

CHAN JR., H.T.; TAM, S.Y.T.; SEO, S.T. Papaya polygalacturonase and its role in thermally injured ripening fruit. *Journal of Food Science*, Chicago, v.46, p.190-197, 1991.

CHAVES-FRANCO, S.H.; KADER, A.A. Effects of CO₂ on ethylene biosynthesis in 'Bartlett' pears. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam , v.3, p.183-190, 1993.

CHEN, H.K.L. Chemical changes during the postharvest ripening of papaya fruit. Honolulu: Hawaii, 1963. 48p. (Thesis - Master Science).

CHEN, N.K.L. Some chemical changes during the post-harvest ripening of papaya fruit. *Bot. Bull. Acad. Sinica.*, p. 89-99, 1964.

- CHEN, N. M.; PAULL, R. E. Development and prevention of chilling injury in papaya fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.4, p.639-643, 1986.
- CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990, 289p.
- CHOI, J.S.; LEE, J.C. Effect of postharvest dipping in CaCl₂ solution with some adjuvants on Calcium content in 'Fuji' apple fruits. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, Korea, v.34, n.1, p.36-45, 1993.
- CHRISTOPHER, M.C.; YUEN, S.C.T.; JOYCE, D.; CHETTRI, P. Effect of post-harvest Calcium and polymeric films on ripening and peel injury in Kenington Pride mango. **Asean Food Journal**, Australia, v.8, n.3, p.110-113, 1993.
- CHRISTOFERSEN, R.E.; WARM, E.; LATIES, G.C. Gene expression during fruit ripening in avocado. **Planta**, New York, v.155, p.52-57, 1982.
- CHUNG, H.D.; YOUN, S.J. The effect of CaCl₂ application on membrane protein profiles and cell wall structure of strawberry fruits. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, Korea, v.36, n.4, p.486-492, 1995.
- CONWAY, W.S.; SAMS, C.E. Calcium infiltration of golden delicious apples and its effect on decay. **Phytopathology**, St. Paul, v.73, n.7, p.1068-1071, Jul., 1983.
- CONWAY, W.S.; SAMS, C.E.; WATADA, A.E. Relationship between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest pressume infiltration of calcium chloride. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.398, p.31-39, 1995.
- COUEY, H.M.; FARIAS, G. Control of postharvest decay of papaya. **HortScience**, Alexandria, v.14, n.6, p.719-721, 1979.
- COUEY, H.M. Heat treatment for control of postharvest disease and insect pests of fruit. **HortScience**, Alexandria, v.24, n., p.198-202, 1989.
- DEMARTY, M.; NORMAN, C.; THELLIER, M. Calcium and the cell wall. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.7, n.10, p.477-489, 1984.

- D'INNOCENZO, M. Comportamento de enzimas da parede celular e textura da polpa relacionados ao tratamento de irradiação de mamões (*Carica papaya* l. cv. Solo) durante o amadurecimento. Piracicaba: ESALq, 1996. 85p. (Dissertação - Mestrado em Ciências).
- DEIKMAN, J. Molecular mechanism of ethylene regulation of gene transcription. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.100, p.561-566, 1997.
- 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, n., p.395-408, 1975.
- DURIGAN, J.F. Armazenamento de mamões (*Carica papaya*) 'Improved Sunrise Solo Line 72/12' com o uso de hidrotermia, fungicida, cera, filmes plásticos e $KMnO_4$, associados a diferentes temperaturas de refrigeração. Jaboticabal: UNESP, 1994. 185p. (Livro Docência).
- EMBRAPA: Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira, Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. A cultura do mamão, 80p. 1994.
- ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, v.3, n.1, p.39-45, 1991.
- EVANS, D.E.; BRIARS, S-A; WILLIAMS, L.E. Active calcium transport by plant cell membranes. *Journal of Experimental Botany*, London, v.42, n.236, p. 285-303, Mar., 1991.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Quartely Bulletin of Statistics*, Rome, v.9, n.1/2, 1996.
- FENNEMA, R.O. *Química de los Alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia, 1993, 1095p.
- FERGUSON, I.B. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell and Environment*, Oxford, v.7, p. 477-489, 1984.
- FERGUSON, I.B.; DRØBAK, B.K. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *HortScience*, Alexandria, v.23, n.2, p.262-266, Apr. 1988.

- FERGUSON, I.B.; VOLZ, R.K.; HARKER, F.R.; WATKINS, C.B.; BROOKFIELD, P.L. Regulation of the postharvest fruit physiology by calcium. *Acta Horticulturae*, Amsterdam, v.398, p.23-27, 1995.
- FILGUEIRA H.A.C. **Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco álcobaça'** Lavras: UFLA, 1996. 118p. (Tese Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- FISCHER, M.; AMADO, R. Changes in the pectic substances of apples during development and postharvest ripening. Part 1: Analysis of the alcohol-insoluble residue. *Carbohydrate Polymers*, Great Britain, v.25, p.161 - 166, 1994.
- FISCHER, M.; ARRIGONI, E., AMADO, R. Changes in the pectic substances of apples during development and postharvest ripening. Part 2: Analysis of the pectic fractions. *Carbohydrate Polymers*, Great Britain, v.25, p.167 - 175, 1994.
- FISHER, R.L; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. *Annual Review of Plant Physiological and Plant Molecular Biology*. Palo Alto, v.42, p.675-703, 1991.
- FRY , S.C. Polyssacharide – modifying enzymes in the plant cell wall. *Annual Review of Plant Physiological and Plant Molecular Biology*. Palo Alto, v.46, p.497-520, 1995.
- FRY, S.C. Cross - linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. *Annual Review Plant Physiological and Plant Molecular Biology*. Palo Alto, v.37, p.165-186, 1986.
- GAYET, J.P.; BLEINROTH, E.W.; MATALLO, M.; GARCIA, E.E.C.; CARCIA, A.E.; ARDITO, E.F.G.; BORDIN, M.R. **Mamão para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. EMBRAPA – SPI, Brasília – DF, 1995. 38 p.
- GERASOPOULOS, D.; CHOULIARAS, V.; LIONAKIS, S. Effects of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* , Amsterdam,v.7, p.65-72, 1996.

- GLENN, G.M.; POOVAIAH, B.W. Calcium- mediated postharvest changes in texture and cell wall structure and composition in 'Golden Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.115, p.962-968, 1990.
- GLENN, G.M.; POOVAIAH, B.W. Cuticular permeability to calcium compounds in 'Golden Delicious' apple fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.110, n.2, p.192-195, 1985.
- GONÇALVES, N.B. Efeito da aplicação de cloreto de cálcio associado ao tratamento hidrotérmico sobre a composição química e suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi cv. Smooth Cayenne. Lavras: UFLA, 1998. 96p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- GREGÓRIO, M. Mosca de Fruta: Papaia amplia mercado no Exterior . *Jornal da USP*, p.6-7, 1996.
- GREVE, L.C.; LABAVITCH, J.M. Cell wall metabolism in ripening fruit. V. Analysis of cell wall synthesis in ripening tomato pericarp tissue using a D- [U¹³ C] glucose tracer and gas-chromatography-mass spectrometry. *Plant Physiology*, Baltimore, v.97, n.2, p.1456-1461, Oct. 1991.
- GRIERSON, D . Gene expression in ripening tomato fruit. *CRC Critical Reviews of Plant Science*, Cleveland, v.3, p. 113-132, 1985.
- GRIERSON, D. Senescence in fruits. *HortScience*, Alexandria, v.22, n.5, p.859-862, Oct. 1987
- GROSS, K.C. Fractionation and partial characterization of cell walls from normal and ripening mutant tomato fruit. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.62, n.1, p.25-32, Sept. 1984.
- GROSS, K.C. Recent developement in tomato fruit softening. *Postharvest News and Transformation* , v.1, p.190-112, 1990.
- 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, p.31-36, 1986.

- GROSS, K.C.; SAMS, C.E. Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening: A species survey. *Phytochemistry*, Elmsford, v.23, n.11, p.2457-2461, 1984.
- GUNTER, C.C.; KLEINHENZ, M.D.; PALTA, J.P. Potato seed piece calcium can influence tuber yield. *HortScience*, Alexandria, v.31, n.4, p.592, Aug. 1996.
- HAYASHI, T. Xyloglucans in the primary cell wall. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, New York, v.40, p.139-168, 1989.
- HAYASHI, T.; TAKEDA, T.; OGAWA, K.; MITSUISHI, Y. Effects of the degree of polymerization on the binding of xyloglucans to cellulose. *Plant Cell Physiology*, v.35, n.8, p.1199-1205, 1994.
- HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some aspects of the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. *Journal of Food Science*, Chicago, v.27, n.1, p.42-49, Jan/Fev. 1962.
- HOBSON, G.E. Enzymes and texture changes during ripening. In: -. *Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables*. Londres: Academic Press, cap. 6, p.121-132, 1981.
- 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. FCAV/UNESP. Anais p.293-310.
- HUBER, D.J. Polyuronide degradation and hemicelulose modifications in ripening tomato fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.108, n.3, p.405-409, 1983.
- HUBER, D.J. The inactivation of pectin depolymerase associated with isolated tomato fruit cell wall: implications for the analysis of pectin solubility and molecular weight. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.86, n. ,p.25-32, 1992.
- HUBER, D.J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Horticultural Reviews*, Westport, v.5, p.169-219, 1983.
- 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, p.75 -78, 1993.

- JEN, J.J.; ROBINSON, M.L.P. Pectolitic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.) *Journal of Food Science*, Chicago, v.49, p. 1085-1087, Mar./Apr. 1984.
- JOYCE, D.C.; BEASLEY, D.R.; SHORTER, A.J. Effect of preharvest bagging on fruit Calcium levels, and storage and ripening characteristics of 'Sensations' mangos. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, Australia, v.37, p.383-389, 1997.
- JOYCE, D.C.; SHORTER, A.J.; JONES, P.N. Effect of delayed film wrapping and waxing on the shelf life of avocado fruit. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, East Melbourne, v.35, p.657-659, 1995.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v.40, n.5, p.99-104, 1986
- KADER, A.A. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. California: University of California, 1992. 296p.
- KEY, J.L.; LIN, C.Y.; CHEN, Y.M. Heat shock proteins of higher plants. *Proceeding Natl. Academic Press. USA*, v.78, p.3526-3530, 1981.
- KIM, J. B.; CARPITA, N.C. Changes in esterification of the uronic acid groups of cell wall polysaccharides during elongation of maize coleoptiles. *Plant Physiology*, Baltimore, v.98, n.2, p.646-653, Feb. 1992.
- KLEINHENZ, M.D.; GUNTER, C.C.; PALTA, J.P. Increases in potato tuber calcium concentration through calcium application may reduce the incidence of internal brown spot and rollow heart. *American Potato Journal*, Maine, v.72, n.10, p.34, 1995.
- KNEE, M.; BARTLEY, I.M. Composition and metabolism of cell wall polysaccharides in ripening fruit. In:-. *Recent Advances in the Biochemistry of Fruit and Vegetables*. Londres: Academic Press, cap. 7, p.130-146, 1981.
- KNEE, M.; SRIVASTAVA, P. Binding of calcium by cell walls and estimation of calcium in apple fruit tissue with an ion selective electrode. *Postharvest Biology and Technology* , Amsterdam, v.5, p.19-27, 1995.

- KUBO, Y.; INABA, A; NAKAMURA, R. Respiration and C₂H₄ production in various harvest crops held in CO₂ - enriched atmosphere. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.115, n.4, p.975-978, 1990.
- LABIB, A .A.S.; AL-ASHWAH, F.A.;OMRAN, H.T.; ASKAR,A.Heat inactivation of mango pectinesterase and polygalacturonase. *Food Chemistry*. Washington, v.53, p.137-142, 1995.
- LAZAN, H.; ALI, Z. M.; LIANG, K.S.; YEE, K.L. Polygalacturonase activity and variation in ripening of papaya fruit with tissue depth and heat treatment. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.77, p.93 - 98, 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*, n.269, p.345-358, 1990.
- LAZAN , H.; SELAMAT, M.S.; ALI, Z.M. β -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, 1995.
- LELIÈVRE, J-M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J-C. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.101, p.727-739, 1997.
- LESTER, G. Calcium alters senescence rate of postharvest muskmelon fruit disks. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.7, n., p.91-96, 1996.
- LEVY, S.; YORK, W.S.; STUIKE-PRILL, R.; MEYER, B.; STAEHELIN, L.A. Simulations of the static and dynamic molecular conformations of xyloglucan. The role of the fucosylated side chain in surface-specific side chain folding. *Plant Journal*, Washington, v.1, p.195-215, 1991.
- LIMA, L.C. de O. Tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins': transformações químicas e bioquímicas durante armazenamento. Lavras: UFLA, 1997. 151p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- LOURENÇO, E.J.; CATUTANI, A.T. Purification and properties of pectinesterase from papaya. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v.35, p.1120-1127, 1984.

- LURIE, S.; KLEIN, J.D. Calcium and heat treatments to improve storability of 'Anna' apples. *HortScience*, Alexandria, v.27, n.1, p.36-39, Jan. 1992.
- LURIE, S.; LEVIN, A.; GREVE, L.C.; LABAVITCH, J.M. Pectic polymer changes in nectarines during normal and abnormal ripening. *Phytochemistry*, Elmsford, v.36, n.1, p.11-17, 1994.
- MANESS, N.O.; RYAN, J.D.; MORT, A.J. Determination of the degree of methyl esterification of pectins in small samples by selective reduction of esterified galacturonic acid to galactose. *Analytical Biochemistry*, New York, v.185, n.2, p.346-352, 1990.
- MANSHARDT, R.M. Papaya. In: *Biotechnology of Perennial Fruit Crops*, Cambridge: C.A.B. International, 1992, cap. 21, p.489-511.
- MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A.; SILVA, J. G. F. da S. Comportamento de preços do mamão do grupo solo na região norte do Espírito Santo ao mercado nacional e internacional, XIII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador, v.2, p.655, 1994. Anais...
- MATHOOKO, F. M. Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.7, p.1-26, 1996.
- MATHOOKO, F. M. Studies on the biochemical and physiology responses of fruits and vegetables to treatments with elevated levels of carbon dioxide. Ph.D. Thesis, Okayama University, Okayama, 1955. In: MATHOOKO, F. M. *Postharvest Biology and Technology*, v.7, p.1-26, 1996.
- McCOLLUM, T.G; DOOSTDAR, H.; MAYER, R.T; McDONALD, R.E. Immersion of cucumber fruit in heated water alters chilling-induced physiological changes. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.6, p.55-64, 1995.
- McCOLLUM, T.G.; HUBER, D.J.; CANTLIFE, D.J. Modification of polyuronides and hemicelluloses during muskmelon fruit softening. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.76, n.3, p.303-308, May 1989.
- McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. *Analytical Chemistry*, New York, v.24, n.12, p. 1986- 1988, 1952.

- McCREADY, R.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic materials. *Analytical Chemistry*, Washington, v.24, n.12, p. 1586-1588, Nov.1952.
- McGLASSON, W.B. Ethylene and fruit ripening. *HortScience* , Alexandria, v.20, p. 51-52, 1985.
- McMURCHIE, E.J.; McGLASSON, W.B.; E EAKS, I.L. Treatments of fruits with propylene gives information about the biogenesis of ethylene. *Nature*, London, v.237, p. 235-236, 1972.
- 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, Série Frutas Tropicais, n.7. 1989, 367p.
- MEDINA, V.M.; SILVA, J.R.R. Revestimento do mamão 'Sunrise Solo' com ceras de carnaúba e polietileno. **XIII Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Salvador, v.2, p.655, 1994. Anais...
- MENEZES, J. B.; **Qualidade pós-colheita de melão tipo Galia durante a maturação e o armazenamento.** Lavras:UFLA, 1996. 157p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- MINGUEZ-MOSQUERA. M.I.; GALLARDO-GUERRERO, L. Role of chlorophyllase in chlorophyll metabolism in olives cv. Gordal. *Phytochemistry*, Elmsford, v.4, n.e, p.691-697, 1996.
- MINGUEZ-MOSQUERA. M.I.; JAKEN-GALAN. M. Kinetics of the decolouring of carotenoid pigments. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, London, v.67, p.153-161, 1995.
- MITCHAM, E.J.; McDONALD, R.E. Cell wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.117, n.6, p.919-924, 1992.
- MITCHELL, F.G. Influence of cooking and temperature maintenance on stone fruit quality. *Deciduous Fruit Grower*, Washington, v.38, p.205-211, 1986.

- MONSELISE, S.P. **Fruit Set and Development**, CRC press, p.277-301, 1986.
- 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 a refrigeração**. Jaboticabal: UNESP, 91p. 1992.
- MOY, J.H. **Prospects and problems of irradiating papaya. A case study in Hawaii**. **International Atomic Engineering Agency, Vienna**, v.271, n.65, p.61-68,1986.
- MURAMATSU, N.; TAKAHARA, T. KOJIMA, K.; OGATA, T. **Relationship between texture and cell wall polysaccharides of fruit flesh in various species of *Citrus***. **HortScience, Alexandria**, v.31, n.1, p.114 - 116, 1996.
- NAKASONE, H. Y. **Produção de mamão nos trópicos e subtropicais**. IN: - **Simpósio Brasileiro sobre a Cultura do Mamoeiro**. Jaboticabal, 1988.: **Anais... Jaboticabal: UNESP**, p.19 - 43, 1988.
- NELSON, N. **A photometric adaptation of Somogy method for determination of glucose**, **Journal of Biological Chemistry, Baltimore**, v.135, n.1, p.136-175, Jan. 1944.
- NISHIJIMA, W.T. **Tratamento pós colheita para mamão**. In: **Simpósio Brasileiro Sobre a Cultura do Mamoeiro, 2**, Jaboticabal, 1988. Jaboticabal: **FDA, UNESP**, 1988. p.333-359.
- O'DONOGHUE , E.M.; SOMERFIELD, S.D.; VRÉ, L.A.; HEYES, J.A. **Developmental and ripening-related effects on the cell wall of pepino (*Solanum muricatum*) fruit**. **Journal of the Science of Food and Agriculture, London**, v.73, p. 455-463, 1997.
- O'DONOUGHUE, 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, p. 573-584., 1994.
- OETIKER, J.H., YANG, S.F. **The role of ethylene in fruit ripening**. **Acta Horticulturae, The Hague**, v.398, p.167-178, 1995.

- OLIVEIRA, A.M.G. et al .Mamão para exportação: Aspectos técnicos da produção. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria do Desenvolvimento Rural, Programa de apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília: EMBRAPA- SPI, 52p. 1994. (Série Publicações Técnicas, FRUPEX;9)
- PAIVA, E.A.; CASALI, V.W.D.; SILVA, E.A.M.S.; MARTINEZ, H.E.P.; CECON, P.R.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. Qualidade de tubérculos de batata em função de doses de cálcio. *Horticultura Brasileira*, v.15, n.1, p.53-57, Maio, 1997.
- 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 Dely, v.17, n.6, p.254-256, 1980.
- PAULL, R. E.; CHEN, N. J. Heat shock response in field-grown, ripening papaya fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 115, n.4, p. 623 - 631, 1990.
- PAULL, R. E.; CHEN, N. J. Postharvest variation in cell wall-degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. *Plant Physiology*, v.72, p. 382-385, 1983.
- PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Waxing and plastic wraps influence water loss from papaya fruit during storage and ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 114, n.6, p. 937-942, 1989.
- PESIS, E.; AMPUNPONG, C. SHUSIRI, B. HEWETT, E.W. Enhancement of ethylene and CO₂ production in apple fruit following short-term exposure to high CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.4, p.309-317, 1994
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 13 ed., São Paulo: Nobel, 1990. 468p.
- POOVAIAH, B.W. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. *HortScience*, Alexandria, v.23, n.2, p.267-271, Apr. 1988.
- POOVAIAH, B.W. Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. *HortScience* , Alexandria, v.20, n.3,p. 347-351, Jun., 1985.

- POOVAIAH, B.W.; GLENN, G.M.; REDDY, A.S.N. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. *Horticultural Reviews*, Cairo, v.10, p.107-153, 1988.
- POOVAIAH, B.W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v.40, n.5, p.86-90, 1986.
- POOVAIAH, B.W.; REDDY, A.S.N. Calcium messenger system in plants. *CRC Critical Reviews in Plant Science*, Cleveland, v.6, p.47-103, 1987.
- PRESSEY, R. Enzymes involved in fruit softening. In: OKY, R.L.; St ANGELO, A. (ed). *Enzymes in food and beverage processing*. Washington: American Chemical Society, 1977, ACC Symposium series 47. ISSN 0097-6156.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Separation and characterization of endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from peaches. *Plant Physiology*, Washington, v.52, n., p.252-256, Sept. 1973.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Solubilization of cell wall by tomato polygalacturonase: role of pectinesterase. *Journal of Food Biochemistry*, Westport, v.6, n.1, p.57-74, Sept. 1982.
- PROTRADE, P. Papaya - export manual: Tropical fruits and vegetables. Eschborn: GTZ, 1993, 35p.
- QIU, Y.; NISHINA, M.S.; PAULL, R.E. Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. *Journal of the American Horticultural Society*, Alexandria, v.120, n.2, p.246-253, 1995.
- QUINTANA, M.E.G.; PAULL, R.E. Mechanical injury during postharvest handling of 'Solo' papaya fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.118, n.5, p.618-622, 1993.
- RAESE, J.T.; DRAKE, S.R.; STAIFF, D.C. Influence of different calcium materials and spray timing on mineral composition, yield, fruit, quality, and control of fruit disorders of "Anjou" pears. *Journal of Plant Nutrition*, v.18, n.4, p.823 - 838, 1995.
- RAESE, J.T.; DRAKE, S.R. Effects of preharvest calcium sprays on apple and pear quality. *Journal of Plant Nutrition*, v.16, n.9, p.1807-1819, 1993.

- RANWALA, A.P.; SUEMATSU, C.; MASUDA, H. The role of β -Galactosidases in the modification of cell wall components during muskmelon ripening. *Plant Physiology*, Washington, v.100, p.1318-1325, 1992.
- REXOVÁ-BENKOVÁ, L.; MARKOVIK, O. Pectin enzymes. *Advances in Carbohydrates Chemistry and Biochemistry*, New York, v.33, p.323-385, 1976.
- RIGNEY, C.J.; WILLS, R.B.H. Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. *HortScience*, Alexandria, v.16, n.4, p.550-551, Aug. 1981.
- RODOV, V.; BEN-YEHOSHUA, R.; ALBAGLI, R.; FANG, D.Q. Reducing chilling injury decay of stored citrus fruit by hot water dips. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.5, p.119-127, 1995.
- ROIG, M. G.; RIVERA, Z. S.; KENNEDY, J. F. L-ascorbic acid: an overview. *International Journal of Food Science and Nutrition*, v.44, p.59-72, 1993.
- RUGGIERO, C.; DURIGAN, J.F. Colheita e de manejo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.12, n.134, p.53-58, 1986.
- SAMS, S.E.; CONWAY, D.S.; ABBOTT, J.A.; LEWIS, R.J.; BEN-SHALOM, N. Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and heat treatment. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, n.118, v.5, p.623-627, 1993.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. *Análise Química em Plantas*. Piracicaba: ESALq, 1974, 56p.
- SCALON, S. P.Q. *Qualidade de morango. Efeito do CaCl_2 sobre a parede celular a níveis residuais de Benomil*. Lavras: UFLA, 1996. 105p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- SCOTT, K.J.; WILLS, R.B.H. Postharvest application of calcium as a control for storage breakdown of apples. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.89, p.204-210, 1993.
- SELVARAJ, Y.; PAL, D. K. Changes in the chemical composition of papaya (Thailand variety) during growth and development. *Journal of Food Science and Technology*, v.19, p.257-259, Nov./Dec. 1982.

- SELVARAJ, Y.; PAL, D.K.; SUBRAMANYAM, 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*, Ashford, v.57, n.1, p.135-143, 1982.
- SELVARAJ, Y.; PAL, D.K.; SUBRAMANYAM, M.D.; IYER, C.P.A. Fruit set and the developmental pattern of fruits of five papaya varieties. *Indian Journal of Horticulture*, New Delly, v.18, p.50 - 56, 1982.
- SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. *Biochemistry of fruits ripening*. London: Chapman & Hall, 1993, 453p.
- SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Effect of pre-harvest application of calcium on flesh firmness and cell-wall composition of apples - influence of fruit size. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.70, n.2, p.263-269, 1995.
- SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Studies on cell mediated changes during storage of calcium infiltrated apples. *Acta Horticulturae*, Wageningen, p.105-113, 1992.
- SILVA, E. de O. Efeito da embalagem plástica e da temperatura sobre a qualidade pós-colheita do mamão. Viçosa: UFV; 1995, 74p. Dissertação (Mestrado).
- SINGH, B.P.; SINGH, H.K.; CHAUHAN, K.S. Effect of post-harvest calcium treatments on the storage life of guava fruits. *Indian Journal of Horticulture*, New Delly, v.51 n.1, p.44-47, Jan. 1981.
- SINGH, B.P; TANDON, D.K.;KALRA, S.K. Changes in postharvest quality of mangoes affecter by preharvest application of calcium salts. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 54, n.9, p. 211-219, 1993.
- SINGH, G. Effect of calcium nitrate and plant growth regulators on the storage of 'allahabad safeda' guavas. *Indian Journal of Horticulture*, New Delly, v.45, n.1/2, p.45-50, Mar/Jun. 1988.
- SINGH, I.P.; SHARMA, C.K. HPSC-3: a high yielding new papaya hybrid for Tripura. *Journal of Hill Research* , India, v.9, n.1, p.73-75, 1996.

- SINGH, K.; CHAUHAN, K.S. Effects of pre-harvest application of calcium, potassium and alar on pectin content and activity of PME and cellulase of guava fruits during storage. **Haryana Journal of Horticultural Sciences**, v.10, n.3-4. p. 177-181, 1981.
- SOUTHGATE, D.A.T. Determination of foods carbohydrates, London: Elsevier Applied Science, 1991, 232p.
- STOW, J. Effect of calcium ions on apple fruit softening during storage and ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.3, n.2, p.1-9, Feb. 1993.
- STROHECKER, R.L.;HENNING, H.M. Analisis de Vitaminas : metodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967, 428p.
- SUNTHARALINGAM, S. Postharvest treatment of mangoes with calcium. **Tropical Science**, London, v.36, p.14 - 17, 1996.
- TIEMAN, D.M.; HARRIMAN, R.W. ; RAMAMOCHAN, G.; HANDA, A.K. An Antisense pectin methyltransferase gene alters pectin chemistry and soluble solids in tomato fruit. **The Plant Cell**, v.4, p.667-679, Jan.. 1992.
- TIRMAZI, S.I.H.; WILLS, R.B.H. Retardation of ripening of mangoes by postharvest application of calcium. **Tropical Agricultura**. Trinidad, v.58, n.2, p. 137 - 141, Apr., 1981.
- TUCKER, G.A. Introduction- In: **Biochemistry of Fruit Ripening**. London: Chapman & Hall, 1993, cap.1p.1-51.
- VINCKEN, J.; YORK, W.S.; BELDMAN,G.; VORAGEN, A.G.J. Two general branching patterns of xiloglucan, XXXG and XXGG. **Plant Physiology**, Baltimore, v.114, p.9-13, 1997.
- VISSER, J.; VORAGEN, A.G.J. **Pectins and Pectinases**. Amsterdam, Elsevier, 1996. 900p.
- WALDRON, K.W.; SMITH, A.C.; PARR, A.J.; NG, A.; PARKER, M.L. New approaches to understanding and controlling cell separation in relation to fruit and vegetable texture. **Trends in Food Science & Technology**, Norwich, v.8, p. 213 - 221, July, 1997.

- 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.
- WILLS, R.B.H.; LEE, T.H. GRAHAM, D.; McGLASSON, W.B.; HALL, E.G. Temperature. In:- **Postharvest physiology, handling of fruits and vegetables**. Australia: N.S.W.W. Press, 1981, p. 39-51.
- YANG, S.F. The role of ethylene in fruit ripening. **Acta Horticulturae The Hague**, v.398, p. 167-178, 1995.
- YANG, S.F. Biosynthesis and action of ethylene. **HortScience**, Alexandria, v.20, n.1, p.41-45, 1985.
- YANG, S.F. The role of ethylene and ethylene synthesis in fruit ripening. **Its Biochemistry and Physiology**, p.156-166, 1987.
- 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.
- YANG, S.F.; LAU, O.I.; LIU, Y. Effects of fruits detachment on ethylene biosynthesis and loss of flesh firmness, skin, color, and starch in ripening 'Golden Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.5, p.731-734, 1986.
- YUEN, C.M.C.; TAN, S.C.; JOYCE, D.; CHETTRI, P. Effect of postharvest calcium and polymeric films on ripening and peel injury in Kensington Pride mango. **ASEAN Food Journal**, v.8, n.3, p.110-113, 1993.
- ZHANG, L-X.; PAULL, R.E. Ripening behavior of papaya genotypes. **HortScience**, Alexandria, v.25, n.4, p.454-455, 1990.

ANEXOS

Página

QUADRO 1	Resumo da análise de perda de massa de frutos do mamoeiro cv. 'Sunrise Solo' durante o armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR, com e sem embalagem (CE e SE; PVC $15\mu\text{m}$) e com e sem Cloreto de cálcio (CCa e SCa; CaCl_2 a 2%).	142
QUADRO 2	Resumo das análises de variância de acidez titulável (mg de ácido cítrico/100g de polpa), pH, sólidos solúveis (%), sólidos solúveis/acidez, açúcares redutores (%glicose), açúcares não redutores (%glicose) e amido (%) de frutos do mamoeiro cv. 'Sunrise Solo' durante o armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR, com e sem embalagem (CE e SE; PVC $15\mu\text{m}$) e com e sem Cloreto de cálcio (CCa e SCa; CaCl_2 a 2%).	143
QUADRO 3	Resumo das análises de variância de vitamina C total, clorofila total e carotenóides de frutos do mamoeiro cv. 'Sunrise Solo' durante o armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR, com e sem embalagem (CE e SE; PVC $15\mu\text{m}$) e com e sem Cloreto de cálcio (CCa e SCa; CaCl_2 a 2%).	144
QUADRO 4	Resumo das análises de variância de textura, pectina total, pectina solúvel, protopectina, solubilidade, pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG) de frutos do mamoeiro cv. 'Sunrise Solo' durante o armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR, com e sem embalagem (CE e SE; PVC $15\mu\text{m}$) e com e sem Cloreto de cálcio (CCa e SCa; CaCl_2 a 2%).	145

QUADRO 1 - Resumo da análise de perda de massa de frutos do mamoeiro cv. 'Sunrise Solo' durante o armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR, com e sem embalagem (CE e SE; PVC 15µm) e com e sem Cloro de cálcio (CCA e SCA; CaCl_2 2%).

Causas de Variação

QUADRADOS MÉDIOS**

GL	Perda de Massa	Aparência externa	Aparência interna
Cálcio	64,4501**	0,025 NS	10,5062 **
Emb	55,3039**	12,10 **	1,4062 NS
Tempo	2136,7548**	13,825 **	1,8348 **
C x E	89,6854**	0,90 NS	5,2562 **
C x T	297,4721NS	0,225 NS	1,2491 **
E x T	206,4052 NS	1,357 **	0,4919 NS
C x E x T	131,8830*	0,2714 NS	0,165 NS
Resíduo	---	---	---
Média G.	4,60	1,3125	0,3937
CV (%)	16,17	11,161	19,127

** Teste F significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

QUADRO 2 - Resumo das análises de variância de acidez titulável (mg de ácido cítrico/ 100 g polpa), pH, sólidos solúveis (%), sólidos solúveis/acidez, açúcares redutores (% glicose), açúcares não redutores (% glicose), amido (%) de frutos do mamoeiro cv. 'Sunrise Solo' durante o armazenamento a 10 ± 1°C e 85 ± 5% de UR, com e sem embalagem (CE e SE; PVC 15µm) e com e sem Cloreto de cálcio (CCa e SCA; CaCl₂ 2%).

QUADRADOS MÉDIOS***										
Causas de										
Varição	GL	Ac.Tit.	pH	Sól.Sol.	SS/Ac.	Aç.Tot.	Aç.Red.	Aç.N.R.	Amido	
Cálcio	1	2177,6305 **	0,0535 *	19,7760 **	0,0004 NS	8,6070 **	16,9455 **	1,2852 *	0,1305 **	
Bem	1	234,1955 NS	0,0344 NS	0,7225 NS	0,0003 NS	3,3551 *	2,4034 NS	0,0640 NS	0,1786 **	
Tempo	7	4106,4705 **	1,2739 **	25,3730 **	0,0242 **	145,1229 NS	106,5552 **	3,4065 **	0,6651 **	
C x E	1	4847,5811 **	0,0279 NS	7,5471 **	0,0030 *	0,7940 NS	0,6799 NS	0,0021 NS	0,0285 NS	
C x T	7	487,4702 NS	0,0492 **	1,4905 NS	0,0008 NS	6,8471 **	8,4961 **	0,5603 **	0,0778 **	
E x T	7	470,3715 NS	0,0321 *	2,9660 **	0,0011 **	0,6700 NS	1,1664 NS	0,1084 NS	0,0273 NS	
C x E x T	7	505,2874 NS	0,0147 NS	0,5196 NS	0,0008 NS	1,9411 *	1,7511 *	0,0973 NS	0,0430 **	
Resíduo	128	---	---	---	---	---	---	---	---	
Média G.	---	94,92	5,98	13,18	0,15	10,94	9,44	1,42	0,41	
CV (%)	---	18,28	18,28	7,26	15,72	7,82	9,10	22,68	28,20	

*** Teste F significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

QUADRO 3 - Resumo das análises de variância de vitamina C total, clorofila total e carotenóides de frutos do mamoeiro cv. 'Sunrise Solo' durante o armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de UR, com e sem embalagem (CE e SE; PVC $15\mu\text{m}$) e com e sem Cloreto de cálcio (CCa e SCa; CaCl_2 2%).

Causas de Variação	QUADRADOS MÉDIOS ^{*/**}			
	GL	Vitamina C Total	Clorofila Total	Carotenóides
Cálcio	1	64,4501 NS	365,1460 NS	0,2624 *
Emb	1	55,3039 NS	3350,9184 **	0,1404 NS
Tempo	7	2136,7548 **	330,3232 NS	0,6165 **
C x E	1	89,6854 NS	28,2182 NS	0,0828 NS
C x T	7	297,4721 *	425,9440 *	0,1279 NS
E x T	7	206,4052 NS	164,6007 NS	0,1550 *
C x E x T	7	131,8830 NS	112,4005 NS	0,0875 NS
Resíduo	128	---	---	---
Média G.	---	109,54	61,75	1,14
CV (%)	---	10,06	21,35	22,32

*/** Teste F significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

QUADRO 4 - Resumo das análises de variância de textura, pectina total, pectina solúvel, protopectina, solubilidade, pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG) de frutos do mamoeiro cv. 'Sunrise Solo' durante o armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR, com e sem embalagem (CE e SE; PVC 15µm) e com e sem Cloreto de cálcio (CCA e SCA; CaCl_2 2%).

Causas de									
Variação	GL	Firmeza	Pectina Total	Pectina Sol.	% Solub.	Protopectina,	PME	PG	
Cálcio	1	74005,5983 **	84468,1757 **	726363,9873 **	14958,5218 **	256593,5056 **	1568360 **	102413216 *	
Emb	1	231,7092 NS	17809,1611 *	18750,6313 NS	796,5971 *	106689,1807 **	8,3769 *	25977,5997 **	
Tempo	7	11591,4416 **	73857,6627 **	122040,9905 **	2375,3622 **	61083,9826 **	49,9403 **	52423,7478 **	
C x E	1	3909,3088 **	4814,2662 NS	183077,5636 **	4330,2526 **	91380,2539 **	30,3020 **	17200,7857 **	
C x T	7	1968,8704 **	12972,3069 **	34698,3151 **	578,3743 **	14905,6799 NS	4,1440 *	2776,5025 NS	
E x T	7	941,7069 *	8556,5214 *	12785,0015 **	278,6131 NS	14363,9780 NS	2,3142 NS	4323,6742 NS	
C x E x T	7	331,4018 NS	2320,9800NS	26168,6630 **	635,6615 **	18855,8811 *	2,2215 NS	2456,0312 NS	
Resíduo	128	---	---	---	---	---	---	---	
Média G.	---	64,84	578,96	267,11	44,92	307,49	8,12	305,82	
CV (%)	---	28,89	11,00	32,06	27,40	30,11	17,08	16,04	

*** Teste F significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.