



**QUALIDADE DE MANGAS 'Tommy Atkins'
ARMAZENADAS SOB REFRIGERAÇÃO E
TRATADAS COM CLORETO DE CÁLCIO
PRÉ-COLHEITA.**

REGINA MARTA EVANGELISTA

1999

RECEIVED

OFFICE OF THE
DIRECTOR

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR
SUBJECT: [Illegible]

APPROVED AND FORWARDED:
[Illegible Signature]

46827

19/05 M.F.N.

REGINA MARTA EVANGELISTA

**QUALIDADE DE MANGAS 'Tommy Atkins' ARMAZENADAS
SOB REFRIGERAÇÃO E TRATADAS COM CLORETO DE
CÁLCIO PRÉ-COLHEITA.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Doutorado em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Fisiologia Pós-colheita para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra

LAVRAS
MINAS GERAIS- BRASIL
1999

ATZILIA... UFLA...

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
BIBLIOTECA CENTRAL

ED. 1999...
CDD-664.80444

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

Evangelista, Regina Marta

**Qualidade de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração e
tratadas com cloreto de cálcio pré-colheita / Regina Marta Evangelista. -- Lavras
: UFLA, 1999.**

129 p. : il.

Orientadora: Adimilson Bosco Chitarra.

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

**1. Manga. 2. Qualidade. 3. Cloreto de cálcio. 4. Pré-colheita. 5.
Armazenamento. 6. Conservação. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.**

CDD-664.80444

REGINA MARTA EVANGELISTA

**QUALIDADE DE MANGAS 'Tommy Atkins' ARMAZENADAS
SOB REFRIGERAÇÃO E TRATADAS COM CLORETO DE
CÁLCIO PRÉ-COLHEITA.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Doutorado em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Fisiologia Pós-colheita para obtenção do título de "Doutor".

APRÓVADA em 24 de março de 1999.

Prof. Maria Isabel Fernandes Chitarra

UFLA

Prof. José Santo Goldoni

UNESP

Prof. José Fernando Durigan

UNESP

Prof. Luiz Carlos de Oliveira Lima

UFLA


Prof. Adimilson Bosco Chitarra
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS- BRASIL

Aos meus pais

Antônio Luiz e Zelia

GRATIDÃO

A minha filha

Fernanda

DEDICO

Official Record
CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL - This document contains information which is exempt from release under the provisions of the Freedom of Information Act, 5 U.S.C. 552, and the Privacy Act, 5 U.S.C. 552a.

This document is the property of the Department of Defense and is loaned to you. It and its contents are not to be distributed outside your agency.

and

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL - This document contains information which is exempt from release under the provisions of the Freedom of Information Act, 5 U.S.C. 552, and the Privacy Act, 5 U.S.C. 552a.

This document is the property of the Department of Defense and is loaned to you. It and its contents are not to be distributed outside your agency.

CONFIDENTIAL - This document contains information which is exempt from release under the provisions of the Freedom of Information Act, 5 U.S.C. 552, and the Privacy Act, 5 U.S.C. 552a.

This document is the property of the Department of Defense and is loaned to you. It and its contents are not to be distributed outside your agency.

CONFIDENTIAL - This document contains information which is exempt from release under the provisions of the Freedom of Information Act, 5 U.S.C. 552, and the Privacy Act, 5 U.S.C. 552a.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) pela oportunidade de realização do curso

À Universidade Estadual Paulista (UNESP) e aos professores do Departamento de Tecnologia dos Produtos Agropecuários pela liberação para a realização do curso.

À CAPES pelo apoio financeiro através de bolsa de estudos.

Ao prof. Adimilson Bosco Chitarra pela orientação e amizade.

A professora Maria Isabel F. Chitarra pela co-orientação.

Ao professor Luiz Henrique de Aquino, pela valiosa colaboração na análise dos resultados.

As laboratoristas Constantina, Sandra e Mércia pela contribuição e companheirismo.

Aos colegas Josivan, Heloísa, Urquiza, Eduardo, Neide, Fábio e Jorge pelo convívio e troca de informações durante o curso.

Em especial aos colegas prof. Luiz Carlos e Helenice pela preciosa colaboração na realização das análises e pela amizade.

Aos funcionários e professores do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA pela amizade e pelos bons momentos compartilhados

Aos professores do curso pelos ensinamentos.

Ao prof. Custódio Donizete pela cooperação nas análises enzimáticas.

Ao meu irmão Antônio Ricardo Evangelista, a minha cunhada Luzia e aos meus sobrinhos, pela amizade e companheirismo ao longo desta jornada.

Aos funcionários da Biblioteca central da UFLA, pela colaboração e boa vontade.

A pesquisadora Maria das Graças pela preciosa ajuda nas análises de microscopia eletrônica.

Ao Departamento de Fitossanidade da UFLA pelo empréstimo de equipamentos.

As professoras Silvia Machado e Elisa Aparecida Gregorio da UNESP-Botucatu pela orientação na elaboração das fotos da microscopia eletrônica.

Aos funcionários Maria Helena Moreno e Nivalde Antonio Basso do centro de microscopia eletrônica da UNESP-Botucatu, pela preciosa cooperação na realização das análises de microscopia eletrônica.

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

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO	03
2.1 Nutrição da mangueira	03
2.2 Transformação da manga com a maturação	07
2.2.1 Textura	07
2.2.2 Acidez, pH e sólidos solúveis	08
2.2.3 Amido e açúcares	10
2.2.4 Vitamina C	12
2.2.5 Fenólicos	14
2.2.6 Enzimas	15
2.3 Parede celular	22
2.3.1 Composição	22
2.3.2 Modificação durante amadurecimento dos frutos	25
2.4 Armazenamento	27
2.4.1 Temperatura	27
2.4.2 Tratamento fitossanitário	29
2.5 Cálcio	31
2.6 Internal breakdown	35
2.7 Microscopia eletrônica de transmissão	40
3 MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1 Local do experimento e condições do pomar	43
3.2 Condução do experimento no campo	43
3.3 Colheita, classificação e transporte	44
3.4 Preparo e acondicionamento das amostras	44
3.5 Avaliações	45
3.5.1 Análise foliar	45
3.5.2 Análise de solo	45
3.5.3 Análises físicas, físico-químicas e químicas	45
3.5.4 Análises bioquímicas	48

3.5.5. Extração e doseamento dos compostos de parede celular	50
3.5.6 Avaliação do 'internal breakdown'	53
3.5.7 Microscopia eletrônica de transmissão	54
3.6 Delineamento estatístico	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1 Aspectos nutricionais da planta	56
4.2 Modificações durante amadurecimento	58
4.2.1 Perda de massa e textura	58
4.2.2 pH e acidez total titulável (ATT)	61
4.2.3 Sólidos solúveis totais (SST), açúcares redutores, n-redutores e totais	64
4.2.4 Vitamina C	69
4.2.5 Compostos fenólicos (taninos)	71
4.2.6 Cálcio total	73
4.3 Enzimas	77
4.4 Compostos de parede celular	82
4.4.1 Cálcio ligado à parede celular	82
4.4.2 Açúcares totais não-celulósicos	83
4.4.3 Açúcares neutros não-celulósicos de parede celular	84
4.4.4 Celulose	87
4.4.5 Urônídeos totais	88
4.4.6 Grau de esterificação	89
4.5 Internal breakdown	91
4.6 Microscopia eletrônica de transmissão	92
5 CONCLUSÕES	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXO	126

RESUMO

EVANGELISTA, Regina Marta. **Qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas sob refrigeração e tratadas com cloreto de cálcio pré-colheita.** Lavras: UFLA, 1999. 129 p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).*

Mangas da cv. Tommy Atkins, produzidas na região de Ibirá-SP- Brasil foram pulverizadas com cloreto de cálcio nas concentrações de zero, 2,5% e 5,0% em três épocas diferentes do seu desenvolvimento (± 40 , ± 60 e ± 90 dias após a floração), a fim de verificar o comportamento destes frutos durante armazenamento sob refrigeração através das modificações físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas, como também, caracterizar as transformações de composição da parede celular e comparar a estrutura da parede dos frutos sadios e com *internal breakdown*”, através de microscopia eletrônica de transmissão. Os dados obtidos permitiram concluir que durante o período de armazenamento houve aumento da perda de massa, de pH, dos sólidos solúveis totais, de açúcares redutores, não-redutores e totais, na atividade das enzimas poligalacturonase e β -galactosidase e diminuição da textura e na atividade das enzimas polifenoloxidase e não se observou atividade da pectina metil esterase. Os frutos submetidos ao tratamento com cloreto de cálcio a 5,0% apresentaram menor perda de massa, textura mais firme, menor atividade das enzimas poligalacturonase, polifenoloxidase e β -galactosidase, e não se observou “*internal breakdown*”. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os teores de acidez total titulável, de sólidos solúveis, de açúcares redutores, não-redutores e totais e de vitamina C. O cálcio total da casca foi maior nos frutos que receberam cloreto de cálcio a 5,0% e o cálcio da polpa não diferiu entre tratamentos. Os teores de açúcares totais não-celulósicos aumentaram, de celulose diminuíram e os de uronídeos totais e grau de esterificação não apresentaram diferenças ao longo do período de armazenamento. Xilose, galactose e manose foram os açúcares predominantes nas mangas no início do armazenamento, os teores de manose permaneceram inalterados, enquanto os demais açúcares diminuíram. Através da microscopia eletrônica de transmissão foi possível visualizar a distinta vantagem que o tratamento com cloreto de cálcio a 5,0% teve em manter a integridade da parede celular em especial a região da lamela média.

* Orientador: Adimilson Bosco Chitarra - UFLA

ABSTRACT

EVANGELISTA, Regina Marta. **Quality of Mango fruits 'Tommy Atkins' stored under refrigeration and treated with calcium chloride pre-harvest.** Lavras: UFLA, 1999. 129 p. (Thesis- Doctorate in Food Science).*

Mango fruits of the cultivar Tommy Atkins, produced in the region of Ibirá, state of São Paulo, Brazil, were sprayed with calcium chloride at the concentrations of zero, 2.5% and 5% at three different times of their development (40, 60 and 90 days after blooming) in order to verify the behavior of these fruits during storage under refrigeration through the physical, physical-chemical, chemical and biochemical modifications, characterize the transformations of the cell wall and compare the structure of the wall of healthy fruits and with internal breakdown, through transmission electron microscopy. The data obtained enabled to conclude that during the storage period there was increased loss of mass, pH, total soluble solids, reducing, non-reducing and total sugars, activity of polygalacturonase and B- galactosidase and decrease of texture and of the activity of polyphenoloxidase enzymes and no activity of metyl sterease pectin was found. The fruits submitted to the treatment with 5% calcium chloride presented decreased loss of mass, firmer texture, less activity of the enzymes polygacturonase, polyphenoloxidase and B- galactosidase and they did not present internal breakdown. No significant differences were noticed among the treatments for the contents of total titrable acidity, soluble solids, reducing, non-reducing and total sugars and vitamin C. Total calcium in the peel was higher in the fruits which were given 5 % calcium chloride and the pulp calcium did not differ significantly among the treatments . The contents of the total non-cellulose sugars increased, of cellulose decreased and those of total uronidics and degree of esterification did not present differences throughout the storage period. xilose, galactose and mannose were the predominant sugars at the beginning of the storage, where the contents of mannose remained unchanged, whereas the other sugars decreased. Through electron transmission microscopy, it was not possible to visualize the apparent advantage that the treatment with 5% sodium chloride presented in keeping the integrity of the cell wall, specially that of the median lamella

* Major Professor Adimilson Bosco Chitarra

1 INTRODUÇÃO

A manga é uma fruta tropical de grande importância econômica pertencente à família Anacardiaceae, ao gênero *Mangifera*, e à espécie *Mangifera indica* L. O fruto é uma drupa carnosa, achatado lateralmente, com variações conforme o tipo, tamanho, forma, coloração, presença de fibras, aroma e sabor. As formas mais comuns são: arredondada, ovalada, cordiforme e elíptica (Silva, 1996).

Os portugueses foram os primeiros a introduzirem a manga na América do Sul, provavelmente no Brasil, no início do século XVIII e os espanhóis introduziram-na no México por volta de 1779. Hoje é cultivada em quase todo o território nacional, excluindo-se as regiões mais frias do extremo sul ou de altitudes elevadas (Pinto, 1996).

Apesar do aumento das exportações nos últimos anos, a ocorrência da desordem fisiológica conhecida como “internal breakdown”, “soft-nose”, “spongy tissue”, “coração mole” ou “colapso interno”, tem causado grandes perdas. Segundo Subramanyam et al. (1971) as perdas devidas a esta desordem podem variar de 30% a 80% em mangas da cultivar Alphonso, produzidas no sul da Índia, dependendo da localização, idade da planta e maturidade.

As cultivares têm comportamento diferenciado em relação ao problema. As fibrosas, como ‘Espada’ e ‘Coquinho’ são pouco ou quase nada afetadas, ao contrário das cultivares melhoradas, a exemplo da ‘Tommy Atkins’, ‘Kent’, ‘Irwin’ e ‘Keitt’.

Esta desordem tem recebido atenção especial dos pesquisadores nos últimos vinte anos e sua peculiaridade está na dificuldade de se verificar sintomas externos aparentes, durante o desenvolvimento do fruto. O tecido afetado é visível somente quando o fruto é cortado, diferenciando-se do sadio por sua cor amarela

pálida, textura mole ou esponjosa, com ou sem bolsas de ar, acompanhada de sabor e odores estranhos (Subramanyam et al., 1971; Katrodia, 1988). Esta desordem foi relatada inicialmente por Cheena e Dani em 1934, citado por Katrodia (1988), em frutos de mangueira da cultivar Alphonso. Entretanto, a causa exata e medidas de controle ainda são desconhecidas, citando-se como hipótese mais provável o desequilíbrio nutricional causado pela escassez de cálcio e agravado pelo excesso de nitrogênio (Cunha et al., 1993).

Objetivos

Geral:

- Verificar o comportamento de frutos da cv. Tommy Atkins tratados na pré-colheita com cloreto de cálcio e armazenados sob refrigeração.

Específicos:

- Avaliar as características de qualidade dos frutos através das análises físicas, físico-químicas, químicas, bioquímicas e a incidência de "Internal Breakdown".

- Caracterizar as transformações de composição da parede celular.

- Comparar a estrutura da parede celular dos frutos sadios e com "Internal Breakdown", através de microscopia eletrônica de transmissão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Nutrição da mangueira

A mangueira desenvolve-se satisfatoriamente em uma grande variedade de solos e quando comparada a outras plantas frutíferas é bastante tolerante a solos com baixa fertilidade e a seca, mas produz melhor em solos mais férteis (Guimarães, 1982).

Apesar da importância desta cultura poucas informações estão disponíveis sobre suas necessidades de nutrientes em relação aos diversos períodos de crescimento e desenvolvimento (Guimarães, 1982; Castro Neto, 1995), bem como as proporções destes nutrientes nas diversas partes da planta (folhas, frutos, caule e raízes) (Guimarães, 1982). Os elementos absorvidos em maior quantidade pela planta, em ordem crescente, são: nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn) e cobre (Cu) (Guimarães, 1982; Pinto, 1984).

Não só a escassez de nutrientes, mas também o excesso, podem causar fitotoxidez e o desequilíbrio entre dois nutrientes causa desordens fisiológicas, levando a sérias consequências tanto no desenvolvimento quanto na produção. Plantas deficientes em cálcio mostram inicialmente seus sintomas nas folhas novas que tornam-se amareladas, enquanto as folhas mais velhas mostram sintoma típico de queima nas margens do limbo. Este nutriente é considerado de pouca mobilidade ou quase imóvel na planta, embora desempenhe papel importante na constituição da lamela média da parede celular, na ativação enzimática, no desenvolvimento das raízes e na germinação do grão de pólen (Pinto, 1984). Plantas desprovidas deste elemento têm redução no porte (Cunha et al., 1993) e a análise de folhas deficientes em cálcio mostra um teor de cobre 3 vezes inferior ao de folhas normais (Pinto, 1984).

Uma das mais importantes relações entre nutrientes é a do nitrogênio com o cálcio. Adubações pesadas com nitrogênio, sem que haja uma suplementação adequada de cálcio, promovem uma desordem fisiológica caracterizada pelo amolecimento de polpa, colapso interno de polpa ou 'soft-nose' (Pinto, 1984; Cunha et al., 1993). Esta desordem fisiológica acentua-se ainda mais quando os teores de N estão acima de 1,45%, determinados nas folhas antes do período de colheita, principalmente sob condições de solo arenoso (Young, 1957). Neste caso, o teor de cálcio inferior a 2,6% já seria suficiente para o fruto apresentar sintomas de amolecimento de polpa (Pinto, 1984).

Além do desequilíbrio nutricional, o colapso interno da polpa está também condicionado à função genética, uma vez que nas mesmas condições de ambiente e tratos culturais, as variedades diferem entre si na suscetibilidade à desordem .

Em muitas regiões produtoras de manga, no Brasil e no mundo, os teores de N e Ca, detectados nas folhas antes da colheita, apresentam-se altamente propícios ao sintoma de amolecimento de polpa (Pinto, 1984).

Nas mesmas condições de adubação, clima e solo, a cv. Rosa apresenta em Teresina-PI pequena incidência de colapso interno quando comparada à cv. Tommy Atkins, apesar de apresentar um teor três vezes menor de Ca nas folhas (Pinto, 1984). Uma maior absorção e distribuição dos nutrientes, principalmente do Ca junto à lamela média, aliado ao seu teor de fibra na polpa podem ser duas características genéticas ligadas à cultivar Rosa o que a diferencia da 'Tommy Atkins'.

Chaudhary e Nauriyal (1988) notaram um aumento no teor de K e decréscimo no de N em folhas deficientes em Ca. O alto teor de K nestas folhas confirma o antagonismo entre K e Ca. Os teores de P e Mg não se mostraram diferentes em folhas controle e deficientes em cálcio.

Há uma relação antagônica entre K, Ca e Mg, na ordem em que a absorção de K é reduzida com o aumento da disponibilidade de Ca e Mg no solo, sendo o contrário também verdadeiro (Pinto, 1984).

Koo e Young (1972) citam que, dependendo da idade e da posição das folhas nos brotos e da redistribuição dos nutrientes, as folhas da mangueira têm composição química variável. Com exceção de P e K, os demais nutrientes aumentam da base para o ápice do broto.

Estudos realizados por Young e Koo (1971) mostraram variações expressivas na composição foliar entre as cultivares Tommy Atkins, Kent e Keitt, cultivadas em regiões distintas na Flórida-USA. Pelos resultados obtidos verificou-se que as folhas da cv. Kent possuem mais N e Ca que a das demais cultivares. No entanto, Hiroce et al. (1986) não encontraram variações significativas entre as principais cultivares de manga produzidas no Estado de São Paulo.

Chadha et al. (1980) verificaram diferenças na composição química de folhas de mangueira da cultivar Chausa, produzida na Índia, de acordo com a idade da planta. Do primeiro ao décimo segundo mês de idade notou-se um aumento nos teores de Ca com a idade, enquanto os de N e Mg não variaram e os de P e K diminuíram.

Quaggio (1996) elaborou uma tabela com sugestões para a interpretação dos resultados de análise foliar de mangueira. Os teores dos nutrientes foram agrupados em: **deficiente**, quando foi encontrado na literatura algum relato sobre sintomas de deficiência, ou alguma desordem fisiológica como por exemplo, baixo teor de Ca nas folhas e “soft-nose” nos frutos; **adequado**, quando considerados normais; e **finalmente excessivo**, quando relatado algum caso de toxidez (Tabela 1).

TABELA 1. Sugestões para interpretação dos resultados das análises de folhas para a cultura da mangueira.

Nutrientes g. 100g ⁻¹	Deficiente	Adequado	Excessivo
N	<0,80	1,20-1,40	>1,60
P	<0,05	0,08-0,16	>0,25
K	<0,25	0,50-1,00	>1,20
Ca	<1,50	2,00-3,50	>5,00
Mg	<0,10	0,25-0,50	>0,80
S	<0,05	0,08-0,18	>0,25

Quaggio (1996)

Resultados de análises de solos de pomares de diversas fruteiras têm demonstrado grande desequilíbrio entre nutrientes, provocado tanto por excesso de aplicação de fertilizantes como por acidez excessiva. Esses fatores além de prejudicarem a produção dos frutos, comprometem muito a qualidade e os resultados econômicos da adubação.

Existem hoje métodos de análise de solo que são capazes de identificar e distinguir, com precisão, os teores de nutrientes, altos e baixos, na grande maioria dos solos brasileiros. Assim, juntamente com a análise foliar, é possível estabelecer programas mais racionais de adubação para as fruteiras, visando a melhor produção, qualidade dos frutos e resultados econômicos com a adubação (Quaggio, 1996).

2.2. Transformações da manga com a maturação

2.2.1. Textura

Durante o desenvolvimento, os frutos passam por diferentes estádios fisiológicos. No início ocorrem sucessivas divisões celulares e alargamento celular, seguidos da pré-maturação, maturação, amadurecimento e finalmente a senescência. Muitas mudanças físicas, físico-químicas e químicas ocorrem nestes estádios, fazendo com que os frutos adquiram qualidade desejável para serem consumidos.

A textura é um dos atributos de qualidade de maior importância em frutos e hortaliças. Pode ser avaliada tanto por métodos subjetivos, através da compressão do produto com o polegar ou por um painel de análise sensorial, como por métodos objetivos que correspondem a uma expressão numérica das características da firmeza com auxílio de instrumentos, entre os quais, penetrômetros, pressurômetros e testadores da compressão, como cisalhamento e tensão (Chitarra e Chitarra, 1990).

Kane et al. (1982) verificaram a textura de mangas 'Francisque' armazenadas a 4°C e 12°C, em umidade relativa de 60%, 80% e 100%. Utilizando o texturômetro "Instron", observaram maior decréscimo na firmeza à 4°C. Nas duas temperaturas utilizadas, os frutos permaneceram mais firmes quando a umidade relativa era maior.

Um decréscimo na firmeza de 81,39 N para 13,73 N foi observado por Somsrivichai et al. (1989), em mangas 'Keaw Sawoey' armazenadas a temperatura ambiente (28-33°C) por 9 dias; entretanto, a 13°C houve menor perda de firmeza (57,86 N). Nesse trabalho os pesquisadores utilizaram para as leituras um "Effigi fruit firmness tester".

O estágio de maturação dos frutos exerce influência na perda de firmeza. Isto foi verificado por Seymour et al. (1990) com mangas 'Kent', colhidas em três

estádios de maturação e armazenadas a 12°C por 21 dias. Frutos colhidos imaturos apresentaram uma perda de firmeza de 56,48 N para 8,43 N, enquanto os maduros de 50,50 N para 6,57 N. Nesse trabalho foi utilizado o “Pulp rupture force”.

Mangas ‘Lippens’ e ‘Smith’, colhidas no estágio pré-climatérico e armazenadas a 12°C e umidade relativa 85-90% por 19 dias, apresentaram uma diminuição na firmeza de 69,23 N para 16,67 N e de 71,87 N para 36,87 N, respectivamente (Marin e Cano, 1992).

As substâncias pécicas são os principais componentes químicos dos tecidos responsáveis pelas mudanças de textura em frutos e hortaliças.

Quimicamente, a pectina corresponde a uma cadeia linear de ácido poligalacturônico, unida por ligações α , 1-4, na qual os grupos carboxílicos podem estar parcialmente esterificados com metanol.

Quando os grupos carboxílicos encontram-se ligados ao cálcio, formam o pectato de cálcio, que é insolúvel e também designado como protopectina. Com o amadurecimento há a liberação do cálcio, solubilização da protopectina das paredes celulares, ocorrendo assim a modificação da textura com conseqüente amaciamento do fruto.

2.2.2. Acidez, pH e sólidos solúveis

A acidez diminui durante o amadurecimento de mangas; no entanto, existem algumas variedades com elevado teor de acidez quando maduras, como por exemplo a ‘Alphonso’, que apresenta 3% de acidez titulável. Entretanto, a maioria das cultivares apresenta baixo teor de acidez (0,5 a 1,0%), com predominância do ácido cítrico, seguido pelo málico e oxálico (Lakshminarayana, 1980).

Bleinroth et al. (1985), avaliando 22 cultivares de mangas produzidas no Estado de São Paulo, observaram a menor percentagem de acidez expressa em ácido cítrico, para a cultivar Zill (300 mg.100g⁻¹), e a maior para Torrinha (1100 mg.100g⁻¹). A cultivar Tommy Atkins apresentou 380 mg.100g⁻¹ de acidez.

Asceno et al. (1981), ao analisarem 19 cultivares de mangas produzidas em Moçambique, constataram uma variação na acidez total de 150 mg.100g⁻¹ a 720 mg.100g⁻¹.

A temperatura de armazenamento exerce influência nos teores de acidez dos frutos. Medlicott et al. (1986), trabalhando com mangas 'Tommy Atkins' armazenadas por 10 dias a 12°C, 17°C, 22°C, 27°C, 32°C e 37°C, encontraram maior teor de acidez para os frutos mantidos a 12°C, e menor para os mantidos a 37°C.

O pH aumenta com a maturação dos frutos. Medlicott e Thompson (1985) verificaram um aumento de 3,1 para 4,3 para mangas 'Keitt', armazenadas a 22°C por 9 dias. Este aumento no pH também foi observado por Chaplin et al. (1990) em mangas 'Harumanis', analisadas em 5 estádios de maturação com valores iniciais de 3,9 e 5,5 no final.

O pH varia de cultivar para cultivar e é bastante influenciado pela temperatura de armazenamento. Asceno et al. (1981) observaram esta variação quando avaliaram diferentes cultivares de mangas maduras e encontraram resultados entre 4,2 e 5,2 para cultivares produzidas em Moçambique. Esta diferença no pH também foi observada por Bleinroth et al. (1985) em 22 cultivares produzidas no Brasil, onde o menor valor foi para a cultivar Regina (3,40) e o maior para a Pele de moça (4,34). Mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 12°C, 17°C, 22°C, 27°C, 32°C e 37°C, apresentaram valores de pH mais elevados nas temperaturas mais altas (27°C, 32°C e 37°C) (Medlicott et al., 1986).

Os teores de sólidos solúveis em mangas podem variar entre diferentes cultivares. Esta variação foi confirmada por Bleinroth et al. (1985,) ao analisarem 22 cultivares de manga madura e obtendo 12,10%, 18,80% e 19,00% para as cultivares Irwin, Ubá e Zill, respectivamente. Chaplin et al. (1990), também encontraram para as cultivares Haden, Kensigton, Harumanis e Mulgoa, valores de 13,0%; 13,0%; 19,0% e 12,0%, respectivamente. Algumas cultivares apresentam teores mais baixos, como a 'Tommy Atkins, cujo teor de sólidos solúveis é de aproximadamente 13,0%. No entanto, as cultivares Dashehari, Fazli, Langra e Chowsa, apresentam teores de sólidos solúveis acima de 20,0% (Lakshminarayana, 1980; Medlicott et al., 1986).

O estágio de maturação também influencia os teores de sólidos solúveis. Medlicott et al. (1988), trabalhando com mangas 'Tommy Atkins' em três estádios de maturação e armazenadas nas mesmas condições (25°C/ 7 dias), verificaram limitado desenvolvimento dos sólidos solúveis em frutos imaturos.

2.2.3. Amido e açúcares

O amido que se acumula durante o crescimento do fruto é rapidamente degradado durante o amadurecimento. Esta diminuição é evidente no cloroplasto, onde os grânulos de amido tornam-se menores e praticamente desaparecem no fruto maduro. A hidrólise do amido, durante o amadurecimento da manga, tem sido associada com a atividade da α e β amilase e, como consequência, ocorre um aumento dos açúcares totais durante o amadurecimento (Fuchs et al., 1980; Lizada, 1993).

Os teores de açúcares nestes frutos variam em função da variedade, do solo, das condições climáticas, do estágio de maturação e da temperatura de armazenamento. Os principais açúcares presentes são glicose, frutose e sacarose.

O teor de açúcares totais em mangas 'Carabao' maduras é o mais alto já relatado, com valores excedendo a 20,0%. Entretanto, o baixo teor de açúcar encontrado em outras cultivares tal como 'Golek', pode ser função do grau de maturação quando a ótima qualidade comestível é obtida (Lizada, 1993). Os açúcares constituem 91% dos sólidos solúveis do mesocarpo da manga 'Ngowe', onde os não redutores aumentam no último estágio de maturação (Brinson et al., 1988).

Os resultados sobre as modificações nos açúcares redutores e não-redutores, durante amadurecimento de manga são conflitantes. Vazquez-Salinas e Lakshminarayana (1985), trabalhando com cultivadas na Flórida-USA, observaram uma redução gradual nos teores de glicose e frutose e aumento contínuo no de sacarose, durante o amadurecimento. Lakshminarayana (1980) verificou que os teores de glicose e frutose permaneceram estáveis, enquanto os de sacarose aumentaram de três a quatro vezes. Tem sido sugerido que a doçura da manga é atribuída à concentração de sacarose presente nos frutos. Medlicott e Thompson (1985) também relatam que a sacarose é o açúcar predominante no amadurecimento de mangas 'Keitt'.

Castrillo et al. (1992), trabalhando com mangas 'Haden' produzidas na Venezuela e armazenadas a $20,3 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ por 16 dias, observaram que o açúcar predominante, durante o amadurecimento era a sacarose. Os níveis deste açúcar aumentaram rapidamente entre o 6º e o 8º dia, e permaneceu relativamente constante até o final do armazenamento. A quantidade de amido era baixa no início do amadurecimento e diminuiu gradualmente durante os 16 dias. A frutose era a hexose dominante, e dobrou sua concentração durante os primeiros 8 dias de amadurecimento, enquanto a glicose diminuiu nesse período.

Frutos da cv. Haden, armazenados às temperaturas de 16°C, 18°C, 20°C, 22°C e 28°C, apresentaram, quando maduros, variações de 0,9% a 1,3% para

glicose, de 2,2% a 3,2% para a frutose e de 8,6% a 13,3% para a sacarose. No entanto, os da cv. Keitt, armazenados nas mesmas condições, apresentaram menores teores de glicose (0,2% a 0,9 %) e teores mais elevados de frutose (3,7% a 4,9%) e sacarose (13,2% a 0,9 %), conforme o que havia sido verificado por Vazquez-Salinas e Lakshminarayana (1985).

Miller et al. (1983) observaram aumento nos teores de frutose, sacarose e açúcares totais e, desaparecimento da glicose, em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 12°C por 14 dias, seguido por armazenamento a 21°C até amadurecimento total.

2.2.4. Vitamina C

As mangas quando verdes são adstringentes, ácidas e ricas em vitamina C. Entretanto, quando amadurecem são doces, ricas em pró-vitamina A, moderadas em vitamina C e altamente aromáticas (Lakshminarayana, 1980).

Para uma mesma fruta há uma grande variação nos teores de vitamina C (Thomas e Oke, 1980; Ashraf et al., 1981; Yadaw et al., 1984 e Kohli et al., 1987). O solo, o clima, o regime pluvial, as práticas culturais, o grau de maturação e a temperatura de armazenamento influenciam na composição vitamínica do alimento (Salunke et al., 1991).

O teor de vitamina dos frutos varia de cultivar para cultivar, dependendo de sua origem. As cultivares indianas contêm de 13,2 mg.100g⁻¹ a 80,3 mg.100g⁻¹ de vitamina C. Mangas cultivadas na Flórida-USA apresentam uma variação nos teores de vitamina de 5,14 mg.100g⁻¹ a 19,7 mg.100g⁻¹, entretanto, cultivares do oeste da Índia apresentam teores de 9,3 mg.100g⁻¹ a 130,0 mg.100g⁻¹. Mangas venezuelanas contêm de 5,0 mg.100g⁻¹ a 70,0 mg.100g⁻¹, e as de Porto Rico, de 3,0 mg.100g⁻¹ a 63,0 mg.100g⁻¹ (Lakshminarayana, 1980).

Thomas e Oke (1980) analisaram os teores de vitamina C na polpa de mangas das cultivares Dasherri, Langra e Pairi, cultivadas em diferentes regiões, e verificaram que dependendo da cultivar, a casca continha de 2 a 6 vezes mais vitamina do que a polpa, sendo o máximo de $590 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, na casca da cultivar Langra. Entre as cultivares analisadas a Langra mostrou o mais alto teor vitamínico, tanto na casca quanto na polpa. A cultivar Daherri apresentou os mais baixos níveis, $130 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ e $30 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$. na casca e na polpa, respectivamente.

A temperatura de armazenamento também exerce influência nos teores de vitamina C, tanto na casca quanto na polpa. Em todas as cultivares a máxima retenção foi observada nos frutos armazenados a 20°C , enquanto aqueles amadurecidos sob temperatura ambiente elevada ($29\text{-}33^{\circ}\text{C}$), como o praticado comercialmente, demonstraram altas perdas.

Ashraf et al. (1981) verificaram aumento nos teores de vitamina C, quando trabalharam com mangas 'Langra', 'Chaunsa', 'Dusehri' e 'Anwar Ratual', armazenadas a temperatura ambiente por 7 dias. O nível máximo de vitamina variou entre $77,4 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ e $128,2 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$.

Yadaw et al. (1984) verificaram variação nos teores de vitamina C, em frutos de 10 cultivares de manga analisados, onde, o maior teor foi para a 'Dashehari' ($16,15 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$) e o menor para a 'Fazil White' ($10,5 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$).

Esta variação nos teores de vitamina C dos frutos das diferentes cultivares também foi observada por Kohli et al. (1987), quando avaliaram 9 cultivares de manga, observando valores entre $14,0 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ e $57,0 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ para 'Safeda' e 'Langra', respectivamente, e por Laborem et al. (1992), com valores entre $0,17 \text{ mg.}100\text{mL}^{-1}$ e $0,61 \text{ mg.}100\text{mL}^{-1}$ para 'Glenn' e 'Edward' respectivamente.

Os teores de vitamina C diminuem com o amadurecimento dos frutos. Medlicott et al. (1986), trabalhando com mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 12 °C, 17 °C, 22 °C, 27 °C, 32 °C e 37 °C, notaram uma diminuição nos teores de ácido ascórbico no final do armazenamento, proporcional à elevação da temperatura. Comportamento diferente foi observado por Thomas e Joshi (1988) que verificaram um aumento nos teores de vitamina C, para mangas 'Alphonso' armazenadas a 15 °C, 10 °C e 5 °C, sendo o valor máximo obtido nos frutos à 10 °C.

2.2.5. Fenólicos

Os fenólicos polimerizados são largamente distribuídos, tanto entre as espécies, como em relação à sua localização dentro do fruto, pois são mais concentrados na casca do que na polpa (Lakshminarayana, 1980; Chitarra e Chitarra, 1990).

A adstringência dos compostos fenólicos esta relacionada ao grau de polimerização e ocorre em compostos com peso molecular entre 500 e 3000. Os compostos fenólicos simples, como os ácidos hidroxí-cinâmicos, catequinas e antocianinas não são adstringentes. Os dímeros e oligómeros apresentam esta característica, que é reduzida com o aumento do grau de polimerização.

Durante a maturação dos frutos há aumento gradual na condensação, ao mesmo tempo que a adstringência diminui.

Fez-se um estudo quantitativo no teor de polifenóis totais (taninos) em frutos de cultivares de manga Haden, Irwin, Keitt, Kent, Sensation, e Zill, produzidas na Flórida-USA verificando-se variações de 31 mg.100g⁻¹ a 75 mg.100g⁻¹ nos frutos maduros. Os teores de taninos comportaram-se de maneira diferente, mostrando aumentos e decréscimos durante o

amadurecimento. Em geral observou-se que frutos pequenos tinham mais taninos que os grandes (Lakshminarayana, 1980).

As cultivares Pico e Carabao contêm mais de 0,1% de fenólicos totais, que não são adstringentes quando os frutos estão maduros e não apresentam decréscimo no teor de fenólicos durante o amadurecimento (Lizada, 1993). Selvaraj e Kumar (1989) relataram diferenças no teor de taninos em cultivares indianas, embora todas tivessem mostrado declínio com o amadurecimento.

Kalra e Tandon (1983) colheram mangas 'Dashehari' em 3 épocas diferentes, aos 85, 90 e 95 dias após a floração, e notaram menores teores de taninos quando os frutos foram colhidos com 90 dias. Os frutos colhidos nas três épocas foram armazenados, por 9 dias, à temperatura ambiente (31,5-37,5°C). Verificou-se uma diminuição nos teores de taninos no 6º dia de armazenamento, com elevação no final do armazenamento, colhidos nas duas primeiras épocas, enquanto na última época de colheita a diminuição deu-se no 3º dia, com elevação no final.

Joshi e Roy (1985-a) notaram uma diminuição nos teores de taninos de 185,2 mg.100g⁻¹ para 76,0 mg.100g⁻¹ durante o amadurecimento de mangas 'Alphonso'.

2.2.6. Enzimas

A parede celular de frutos tem recebido considerável atenção, devido às mudanças que ocorrem durante a maturação e o amadurecimento. O amaciamento de frutos durante o amadurecimento é freqüentemente atribuído a um grande número de enzimas hidrolíticas de parede celular que atuam principalmente no rompimento de ligações glicosídicas de polissacarídeos (Pressey e Avants, 1982).

O amadurecimento de mangas é caracterizado pelo amaciamento do fruto, acompanhado pela solubilização de pectinas e envolvendo a ação das enzimas

poligalacturonase (PG), pectinametilesterase (PME), e celulase (Abu-Sarra e Abu-Goukh, 1992).

A poligalacturonase (PG), que é encontrada na maioria dos frutos, catalisa a hidrólise das ligações α -1,4 do ácido poligalacturônico, no interior da cadeia de pectina. Esta enzima é classificada em dois grupos, com base na sua ação sobre o substrato. A endo-PG com típico rompimento aleatório das ligações glicosídicas e a exo-PG com rompimento terminal (Konno et al., 1983).

A PME catalisa a desesterificação dos resíduos de galacturonosil, presentes no polímero de homogalacturonanas, no qual o grupo carboxílico encontra-se metil esterificado (Cheftel e Cheftel, 1976; Braverman, 1980; Abu-Sarra e Abu-Goukh, 1992).

Abu-Sarra e Abu-Goukh (1992), trabalhando com mangas das variedades Kitchner, Dr Knight e Abu-Samaka, verificaram uma elevação progressiva na atividade das enzimas PG e celulase durante o amadurecimento dos frutos, com uma alta correlação entre o aumento na atividade destas enzimas e a perda de firmeza dos frutos. Este mesmo comportamento foi observado por Mitchan e McDonald (1992) e El-Zoghbi (1994) quando trabalharam com outras variedades de manga.

Roe e Bruemmer (1981) notaram aumento na atividade da PG e da PME durante o amadurecimento de mangas 'Keitt' armazenadas a 21°C. Houve uma alta correlação entre o aumento progressivo da atividade de PG e a perda de textura dos frutos. Esta relação mantém a opinião de que o amaciamento em manga é resultado da degradação e da despolimerização das pectinas da parede celular. Quando se armazenou mangas 'Keitt', a 4°C, em sacos de polietileno por seis semanas, notou-se um aumento na atividade da PG e da celulase e diminuição na PME. O aumento na atividade da celulase mostrou correlacionamento mais alto com a perda de firmeza do que com a PG, nas condições experimentais.

Selvaraj e Kumar (1989) verificaram a atividade da PG e da PME durante o amadurecimento de frutos de sete cultivares de mangas armazenados a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$. As cultivares Banganapalli e Fazli apresentaram uma diminuição na atividade de PG, enquanto as demais apresentaram um aumento no início do amadurecimento e diminuição no final.

A atividade de PME, durante amadurecimento de mangas, apresentou três comportamentos distintos. Nas cultivares Alphonso e Totapuri sua atividade aumentou gradualmente durante o amadurecimento e diminuiu quando o fruto estava maduro. Nas cultivares Dasherri, Fazli, Langra e Suvamorrkah a atividade apresentou aumento até o segundo dia de armazenamento com diminuição no restante de período. A cultivar Banganapalli mostrou diminuição na atividade do início ao final do armazenamento (Selvaraj e Kumar, 1989).

Lazan et al. (1990), trabalhando com mangas 'Harumanis', verificaram uma elevação na atividade da PG, durante o armazenamento à temperatura ambiente ($24-28^{\circ}\text{C}$). Notaram, também, que o tecido próximo ao caroço era mais macio e apresentava maior atividade de PG do que o tecido mais próximo a casca.

A ação da PME, em promover sítios de ligação para o Ca^{++} é, importante para a concentração deste íon na parede celular e lamela média, mas a ação de outras enzimas que degradam a parede celular e a lamela média, tais como PG, β -galactosidase e outras, também é importante. Em tomates, a PG cliva polímeros de alto peso molecular da parede celular e lamela média, resultando no amaciamento dos frutos (Burns e Pressey, 1987).

Ashraf et al. (1981) verificaram as modificações na atividade da PME na casca e polpa de quatro cultivares de manga, durante o amadurecimento. Assim que colhidos, os frutos das cultivares Langra e Anwar Ratual mostraram alta atividade da PME tanto na casca quanto na polpa. A atividade da PME foi mais

alta na casca que na polpa, em todos os estádios de maturação e em todas as variedades avaliadas. A cv. Chaunsa apresentou menor atividade da PME na casca, enquanto a 'Dusehri' apresentou maior atividade na polpa.

Substâncias pécticas, ligadas de forma inter ou intra molecular com o cálcio, são grandemente responsáveis pela rigidez do tecido, e o aumento da estabilidade do complexo poderia limitar sua vulnerabilidade ao ataque pela PG. O pectato de cálcio é resistente à degradação pela PG. Substâncias pécticas são facilmente degradadas pela PG em tecidos deficientes de cálcio, quando comparados aos normais. O cálcio inibe o amaciamento do fruto na presença de PG (Buescher e Hobson, 1982). A remoção do cálcio desestabiliza a matriz da pectina (modelo *egg-box*) resultando na perda de coesão entre células (Huber, 1983).

O tomate tornou-se um sistema modelo para estudar o amadurecimento de frutos, mais particularmente das mudanças que levam ao amaciamento (Fischer e Bennett, 1991). A atividade da PG aumenta durante o amadurecimento do tomate, e uma correlação entre a atividade PG e o amaciamento do pericarpo tem sido demonstrada em frutos de muitas cultivares (Ahrens e Huber, 1990). Trabalhos recentes demonstram claramente que a PG não pode ser a enzima limitante do amaciamento de tomate, pois bloqueando-se a expressão para a PG, com um gene anti-sense para a mesma, não houve prevenção no amaciamento do fruto (Carrington et al., 1993).

Outras enzimas pécticas também têm sido estudadas e relacionadas ao amaciamento dos frutos .

A perda de certos açúcares neutros, especialmente galactose, foram observados durante amadurecimento de frutos, tais como morango, tomates e maçãs (Pressey, 1983). Uma enzima capaz de catalisar este declínio é a β -galactosidase (Pressey, 1983; Carrington e Pressey, 1996). Esta enzima pode

contribuir significativamente para o amaciamento do fruto e modificações na parede celular (Ranwala et al., 1992).

Em mangas, não só a PG e a celulase aumentam suas atividades com o amadurecimento, mas também a β -galactosidase, e este aumento é associado ao aumento da solubilidade e despolimerização das pectinas. As isoformas de β -galactosidase que ocorrem, podem ser distribuídas de modo diferenciado no tecido. Sua atividade muda durante o amadurecimento (Ali et al., 1995). Esta enzima hidroliza as ligações cruzadas de galactana e causa a degradação dos poliuronídeos da parede celular (Wallner, 1978).

Bartley (1974) encontrou β -galactosidase em maçãs, a qual degrada galactanas e sua atividade aumenta durante o amadurecimento. Tomates também contêm β -galactosidase, em três isoenzimas, sendo que uma delas hidrolisa as galactanas (Gross e Wallner, 1979).

Gross e Wallner (1979) citam que o efeito do declínio das galactanas de parede celular na perda de firmeza de tomates, é menor. O amaciamento inicial do tomate normal, antes da solubilização dos poliuronídeos, é limitado. É possível que as galactanas ou arabinogalactanas possam regular a atividade da PG, restringindo seu acesso ao substrato. Os sítios de ação da PG são os ácidos galacturônicos, os quais contêm poucos resíduos de açúcares neutros. O decréscimo no teor de arabinose e galactose pode ocorrer sem solubilização de poliuronídeos, mas a solubilização sem a perda de açúcares neutros, não tem sido demonstrada.

Foram detectadas atividades de β -D-glicosidase, α -L-arabinose, α -D-manosidase, α -D-galactosidase e β -D-galactosidase, em extrato de manga cv. Harumanis durante o amadurecimento. Entre elas, observou-se predominância da β -galactosidase, cujo aumento de atividade contribui para o decréscimo da firmeza.

Retardando-se o amaciamento durante o armazenamento, sob atmosfera modificada ou a baixa temperatura, retarda-se o aumento da atividade da PG e da β -galactosidase.

Em mangas maduras podem existir três isoformas de β -galactosidase, I, II e III, sendo que a β -galactosidase I, aparentemente, é a forma predominante. A β -galactosidase foi encontrada em manga tendo atividade de galactanase (Ali et al., 1995). A perda de resíduos galactosil, arabinosil e ramosil da parede celular de manga, durante o amadurecimento, tem sido bem estudada (Mitchan e McDonald, 1992). Tal perda de açúcares neutros pode ser atribuída à hidrólise de galactanas e arabinogalactanas pela β -galactosidase com atividade galactanase (Ali et al., 1995).

Durante o armazenamento de maçãs 'McIntosh' a 3,3°C, 10°C e 18,3°C, notou-se um aumento na atividade de β -galactosidase com diminuição da firmeza, sendo a atividade tanto maior, quanto maior a temperatura de armazenamento. A 3,3°C o amaciamento e a atividade de β -galactosidase não foram observados (Wallner, 1978).

Ao determinar a atividade da β -galactosidase, em quatro cultivares de maçãs, York Imperial, Lodi, MacIntosh e Golden Delicious, Wallner (1978) notou aumento na atividade em todas as cultivares, sendo maior na York Imperial e menor na Lodi. Com relação a perda de firmeza, a cultivar Lodi apresentou a maior textura, enquanto que a York Imperial a menor.

Um aumento na atividade da β -galactosidase II também foi observado por Carrington e Pressey (1996) em frutos de cultivares de tomate Roma e Rutgers. A atividade da β -galactosidase I e III foi alta e não variou durante o amadurecimento. A perda de galactose, na fração solúvel em CDTA (ácido ciclohexanodiamino tetracético), foi mínima, sendo notada somente no final do amadurecimento, enquanto que na fração solúvel em Na_2CO_3 esta perda ocorre no

início e parece ser o alvo da β -galactosidase II. A perda de galactose na parede celular é catalisada pela β -galactosidase II, e ocorre em estádios diferentes de maturação em ambas as cultivares.

Em kiwi, a perda de galactose da parede celular é um dos primeiros eventos durante o amaciamento do fruto (Redgwell et al. 1990). Foi relatado um aumento de cinco vezes na atividade de β -galactosidase durante a maturação até a colheita. Após a colheita há pouca mudança na atividade desta enzima (Wegrzyn e MacRae, 1992).

A reação de escurecimento ocorre em muitos frutos quando os mesmos são injuriados, descascados ou feridos. Esta reação é devida a conversão de compostos fenólicos a quinonas, pela polifenoxidase (PFO), as quais sofrem polimerização originando pigmentos escuros denominados melaninas. Esta enzima atua em compostos o-difenóis, mas não em monofenóis, e tem sua atividade máxima em pH entre 5,6 e 6,0 (Park et al., 1980).

Durante o amadurecimento a atividade de PFO aumenta nos tecidos da casca de frutos como a maçã, o abacate e a manga, entretanto, nos tecidos da polpa de maçã diminui, em abacate aumenta, e em manga não foi detectada em nenhum estágio de amadurecimento (Prabha e Patwardhan, 1986). Gupta et al. (1985) verificaram atividade de PFO na polpa de mangas 'Alphonso', apesar dela ser baixa. Quando o fruto apresentou a injúria "spongy tissue", a atividade da PFO aumentou em até três vezes, quando comparada ao tecido sadio.

Selvaraj e Kumar (1989) observaram declínio na atividade desta enzima durante o amadurecimento dos frutos de varias cultivares indianas, incluindo a 'Alphonso', enquanto Lizada (1993) verificou aumento na atividade, durante o amadurecimento de mangas 'Malgoa' e 'Harumanis'.



2.3. Parede celular

2.3.1. Composição

A parede celular de plantas superiores é composta das paredes primária e secundária, separadas pela lamela média. A estrutura química e física da parede varia grandemente entre os grupos de planta, como também entre os tipos de célula.

A lamela média une células adjacentes agindo como uma espécie de cimento entre elas. É composta principalmente por substâncias pécticas e tem influência decisiva na textura (Fischer et al., 1994). Devido ao tipo de polímero que a compõe, a lamela média é uma camada amorfa. Adjacente à lamela média está a parede celular primária, que é depositada durante o crescimento celular, controlando a velocidade de crescimento e formando a estrutura básica das células e tecidos. Tem um grau de organização mais alto do que a lamela média, e contém principalmente pectinas, celulose, hemicelulose e proteínas (Brett e Waldron, 1990). É bifásica, constituída de uma fase microfibrilar e uma matriz. A fase microfibrilar, com alto grau de cristalinidade e composição relativamente homogênea, consiste de moléculas de celulose alinhadas paralelamente em feixes que, agrupados, constituem as microfibrilas, que se agregam numa malha altamente estruturada e estável ao redor da qual se organizam os outros polímeros, que compõem o gel da matriz (Brett e Waldron, 1990).

Em sua maioria, os polímeros que constituem a matriz da parede celular são moléculas polihidroxiladas, hidrofílicas, poli-iônicas e, no tecido vivo, altamente hidratadas. No entanto, a matriz é insolúvel em água e bastante consistente. Isto sugere a existência de associações entre polímeros, tornando-os insolúveis (Fry, 1986). As associações podem ser químicas ou covalentes, físicas ou não covalentes, ou de ambos os tipos (Bacic et al., 1988).

A natureza polihidroxílica dos principais polímeros possibilita a formação de inúmeras pontes de hidrogênio na parede celular (Brett e Waldron, 1990). Estas ligações tornam-se estruturalmente importantes quando ocorrem em grande quantidade entre duas macromoléculas como nas microfibrilas de celulose. O grande número de pontes de hidrogênio que se formam entre a superfície das microfibrilas e as hemiceluloses é um dos principais fatores que as mantém na matriz.

As substâncias pécticas são constituídas por um esqueleto básico de α -1,4-galacturonana entremeado com resíduos de rarnnose em ligações 2- e 2,4-. Os resíduos de rarnnose podem servir de pontos de ramificação, onde se ligam cadeias laterais de açúcares neutros, principalmente arabinose e galactose. Mais da metade dos grupos carboxílicos C6, dos resíduos de ácido galacturônico encontram-se esterificados com grupos metil. As carboxilas livres desses resíduos podem estar ainda envolvidas em ligações inter ou intra-polímeros por pontes de cálcio (Gross, 1990; Hobson e Grierson, 1993).

Entre as substâncias pécticas encontram-se ainda homopolímeros como homogalacturonanas, galactanas e arabinanas, estes últimos altamente ramificados. Arabinogalactanas, compostas por cadeias de galactanas com ramificações curtas de arabinanas, podem existir na parede como moléculas independentes ou como cadeias laterais das rarnnogalactoronanas.

Alguns resíduos de arabinose e galactose podem ligar-se ao ácido ferúlico e envolver-se em ligações cruzadas na parede celular (Brett e Waldron, 1990).

As cadeias laterais de açúcares neutros tendem a formar blocos que resultam em regiões muito ramificadas e ligam pectinas com hemicelulose (Mangas et al., 1992).

Os polímeros pécticos da lamela média diferem dos da parede celular primária. Na lamela média, eles são essencialmente lineares, com cadeias laterais

curtas e com grau de esterificação global, alto. As regiões não esterificadas são mantidas unidas por ligações iônicas com cálcio (Brett e Waldron, 1990). Na parede primária, os polímeros pécticos são mais altamente ramificados, as cadeias laterais são mais longas, e o grau de esterificação da ramnogalacturonana é menor (Selvendran, citado por Fisher et al., 1994). Tanto na lamela média quanto na parede primária, segmentos de homogalacturonana podem alternar-se com a ramnogalacturonana na mesma molécula.

As ramnogalacturonanas são polissacarídeos aniônicos de reconhecida capacidade de formar gel. Em solução, o esqueleto de galacturonana assume a conformação de dupla hélice, que permite que íons cálcio se liguem de maneira cooperativa a grupos carboxílicos de segmentos não esterificados e não ramificados de cadeias adjacentes. A zona de junção formada, em modelo denominado *egg-box*, estabiliza o gel (Fry, 1986; John e Dey, 1986; Bacic et al., 1988).

Resíduos de ramnose interrompem as zonas de junção através da alteração na conformação da cadeia, e a esterificação dos grupos carboxílicos impede a formação das pontes de cálcio (Bacic et al., 1988).

A desesterificação enzimática das galacturonanas, que resulta na formação de blocos não esterificados favorece a formação das zonas de junção. São necessários sete ou mais grupos carboxílicos livres ao longo de cada face participante da junção (Knee e Bartley, 1981; Markovic e Kohn, 1984).

A parede celular secundária é derivada da primária por células que param de crescer e estão diferenciando-se em células com função especializada. Muitas células contêm somente parede primária, e assim, a síntese líquida de parede cessa quando a planta para de crescer. Algumas células especializadas (fibras, traqueídeos e vasos) continuam depositando material de parede adicional na parte externa da superfície celular e assim a parede celular secundária é formada, sendo

mais espessa e mais rígida do que a parede primária e possivelmente sem a capacidade de extensão (Brett e Waldron, 1990).

As paredes celulares contêm diversas proteínas, muitas das quais são glicosiladas. As proteínas mais abundantes são ricas em hidroxiprolina, um aminoácido pouco comum que não é encontrado nas proteínas do protoplasto. A extensina é a glicoproteína mais bem estudada de parede celular, contendo aproximadamente 40% de hidroxiprolina junto com serina e lisina.

Além da extensina existem as glicoproteínas ricas em glicina e prolina, as lectinas e as proteínas arabinogalactanas (Showalter, 1993).

2.3.2. Modificações durante o amadurecimento dos frutos

O amaciamento de frutos frescos ocorre inicialmente devido as modificações na parede celular. Em mangas, as informações sobre o comportamento bioquímico da parede celular durante o amadurecimento e armazenamento são limitadas (Brinson et al., 1988; Mitchan e McDonald, 1992).

Roe e Bruemmer (1981) estudaram as mudanças bioquímicas que ocorrem na parede celular de mangas 'Keitt' durante o amadurecimento. Observaram uma diminuição significativa na fração insolúvel em álcool, e que aproximadamente 40% da perda de peso desta fração são devidos ao decréscimo dos ácidos urônicos combinados, presumidamente presentes como galacturonanas.

Os açúcares mais encontrados na parede celular de manga 'Ngowe' são galactose, glicose e arabinose. Durante o amadurecimento nota-se uma perda de arabinose, galactose e ácido galacturônico. Os polissacarídeos solúveis em água e álcali diminuem com o amadurecimento. Na fração solúvel em água, o fruto maduro contém aproximadamente 90% de ácido galacturônico, enquanto o verde apenas 7%, destacando-se a galactose e a arabinose. A fração solúvel em álcali

(hemicelulose e algumas pectinas) tem altos níveis de xilose, e é encontrada em proporção similar em frutos verdes e maduros. Os outros monossacarídeos (galactose, manose, rarnose e arabinose) estão presentes em similar proporção na fração alcalina dos dois estádios de maturação. No entanto, a glicose diminui e o ácido galacturônico aumenta. A hemicelulose sofre poucas mudanças durante o amadurecimento quando comparada às pectinas solúveis em água (Brinson et al., 1988).

Mitcham e McDonald (1992) verificaram as modificações na parede celular de mangas 'Keitt' e 'Tommy Atkins' durante o amadurecimento, observando teores mais elevados do material de parede na cultivar Tommy Atkins do que na 'Keitt', embora tenha havido diminuição durante o amadurecimento, em ambas as cultivares. Os teores de uronídeos solúveis aumentaram em ambas as cultivares, sendo que a 'Keitt' acumulou duas vezes mais que a 'Tommy Atkins'. Mangas 'Keitt' continham mais açúcares neutros não-celulósicos em todos os estádios de maturação avaliados, embora tenham diminuído em ambas as cultivares com o amadurecimento. Arabinose, galactose e xilose foram os açúcares neutros mais abundantes, representando 45%, 20% e 19%, respectivamente. Os resíduos arabinosil, galactosil e rarnosil diminuíram com o amadurecimento, em ambas as cultivares, embora a 'Keitt' tenha apresentado maior teor de arabinose e galactose. A xilose aumentou de $63 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ para $83 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ na 'Tommy Atkins', enquanto que na 'Keitt' praticamente não variou ($80 \pm 4 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$). A manose e a glicose não apresentaram grandes variações entre cultivares, nem entre estádios de maturação.

A fração solúvel em alcali diminuiu com o amadurecimento na 'Tommy Atkins' e na 'Keitt' não variou. A fração hemicelulósica diminuiu e a celulósica aumentou, em ambas as cultivares, durante o amadurecimento.

Mangas 'Keitt' apresentaram uma textura mais firmes que a 'Tommy Atkins' ao longo do período de armazenamento.

Ollé et al. (1996) analisaram os polissacarídeos solúveis em frutos das cultivares Amélie, Palmer, M'Bingue e Tête de Chat e encontraram teores de polissacarídeos equivalentes a 0,7%, 0,8%, 0,5% e 0,6%, respectivamente. Estes polissacarídeos solúveis são essencialmente pectinas, por causa do alto teor de ácidos urônicos (~ 50-60%), onde os açúcares neutros predominantes foram arabinose e galactose. Os polissacarídeos solúveis da 'Amélie' e da 'Palmer' continham maiores níveis de galactose que a 'M'Bingue' e a 'Tête de Chat'. O maior teor de arabinose foi encontrado em 'M'Bingue' (4,6%), e o menor em 'Tête de Chat' (2,1%). Os teores de rannose, fucose e xilose foram baixos e não diferiram entre as cultivares. A cultivar Palmer apresentou 3% de glicose, enquanto que a 'M'Bingue' e a 'Tête de Chat' apresentaram 0,4% e 0,3%, respectivamente. A maior percentagem de manose foi observada em 'M'Bingue' (1,9%) sendo que nas outras cultivares foi muito baixa ($0,2 \pm 1\%$).

2.4. Armazenamento

2.4.1. Temperatura

A temperatura utilizada durante o armazenamento é de grande importância, pois exerce influência na taxa de transpiração dos frutos. Excesso de transpiração pós-colheita resulta no enrugamento do fruto, desenvolvimento desuniforme da cor, amadurecimento irregular, afetando também as características sensoriais.

Mangas verde-maturas, das cultivares Nang Klarngwun e Tommy Atkins, deixadas à temperatura ambiente por uma semana perderam 12% e 9% de peso, respectivamente. Mangas maduras 'Irwin', 'Nam Dorkmai' e 'Keaw' deixadas a 30°C, perderam 11%, 14% e 20% do peso inicial, respectivamente. Entretanto a

variedade Nam Dorkmai, quando colhida verde-matura perdeu 23% de seu peso original em 10 dias. A baixa temperatura reduz a taxa de transpiração, como o verificado para mangas 'Carabao' armazenadas a temperatura ambiente, 25 °C e 10°C por 6 dias, com 15,0%; 7,5% e 2,0% de perda de massa, respectivamente (Pantastico et al., 1984). Mangas 'Dusehri' amadurecidas a temperatura entre 25,9 °C e 33,8 °C apresentaram perda de massa correspondente a 18,96%, após 12 dias (Bhullar et al., 1984).

O uso de baixas temperaturas durante o armazenamento faz com que os frutos tenham uma vida pós-colheita mais longa, permitindo sua exportação por meios de transporte mais demorados, cujo frete seja de custo menor, possibilitando sua competição no mercado internacional, com os demais frutos existentes na época (Sampaio, 1983).

O fruto atinge sua melhor qualidade quando o amadurecimento ocorre na faixa de 19 °C a 21°C (Medlicott et al., 1986), porém, o período de conservação após a maturação não excede 3 dias (Bleinroth, 1981).

Para se conservar mangas por duas a três semanas, as melhores condições são o emprego de temperatura ao redor de 13°C e umidade relativa de 85-90%, quando colhidas no estágio pré-climatérico, embora os frutos de algumas cultivares não se conservem bem dessa maneira (Bleinroth, 1981).

A temperatura de armazenamento de manga varia e depende, principalmente, da cultivar. Cultivares produzidas na Flórida conservam-se bem a 12°C, por um período de 14 a 21 dias, sem apresentar sintomas de "chilling". Frutos da cultivar Alphonso podem ser armazenados por sete semanas, numa faixa de temperatura de 7°C a 9°C. Tem sido verificado que a resposta da manga ao armazenamento sob baixa temperatura não depende somente da cultivar, mas também da maturidade do fruto, da hora e da estação de colheita (Seymour et al., 1990). A condição limitante à utilização de baixas temperaturas no

armazenamento de manga é a sua suscetibilidade ao “chilling”, cujos sintomas incluem amadurecimento irregular, incompleto desenvolvimento da cor e do “flavor”, aumento da suscetibilidade a doenças, descoloração da casca, e, em casos severos, escurecimento de polpa (Thomas e Oke, 1983; Sankat et al., 1994).

Thomas e Oke (1983) trabalhando com frutos da manga cv. Alphonso, colhidos no estágio pré-climatérico, não observaram sintomas de “chilling” após 30 dias de armazenamento a 10°C e subsequente amadurecimento à temperatura ambiente (27-32°C). Quando armazenados a 4°C e 7°C, os sintomas foram notados após 2 e 3 semanas, respectivamente.

2.4.2. Tratamento fitossanitário

A manga é atacada por numerosos fungos, os quais causam infecções durante o transporte e o armazenamento, levando a grandes perdas neste período.

A antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, é uma das doenças mais importantes da mangueira. Há menção de grandes perdas por esta doença na Índia, Filipinas, Austrália, África, América do Sul e Caribe. No Brasil, ela se acha amplamente disseminada por todas as regiões produtoras, embora não cause danos expressivos nas regiões semi-áridas do nordeste brasileiro (Cunha et al., 1993).

Na pós-colheita de mangas esta doença é tida como o maior problema fitossanitário, aparecem manchas circulares ou irregulares, marrom-escuras, muitas vezes cobrindo todo o fruto e chegando, às vezes, a atingir sua parte interna (Chalfoun, 1982; Cunha et al., 1994; Ploetz et al., 1994).

Poucas variedades apresentam tecidos resistentes à doença, cuja incidência é favorecida pelo clima chuvoso e úmido (Chalfoun, 1982; Cunha et al., 1993). As cultivares Tommy Atkins, Van Dyke e Keitt são moderadamente

resistentes à antracnose, a 'Haden', a 'Palmer' e a 'Sensation' são suscetíveis, e a 'Irwin' altamente resistente (Ploetz et al., 1994).

Inúmeros são os tratamentos testados para mangas na pós-colheita. A imersão dos frutos em solução fungistática, à temperatura ambiente, não tem produzido efeito na destruição dos esporos dos fungos, devido à sua resistência.

O contínuo uso de Benomyl para controlar antracnose em manga tem resultado em desenvolvimento de patógenos resistentes a este pesticida (Mathews e Litz, 1992). Outros fungicidas tais como Maneb e Mancozeb, têm produzido resultados no controle da doença, mas estes produtos são de uso proibido para a manga, nos Estados Unidos, o que torna inviável seu uso para frutos que serão exportados para aquele país.

O uso de água quente surtiu maiores efeitos no controle das moléstias pós-colheita. Passam (1982), trabalhando com mangas 'Doodooth', que é altamente suscetível a antracnose, verificou redução na incidência da desordem depois de tratar os frutos com água quente ($52 \pm 2^\circ\text{C}$) contendo 500 ou 1000 mg.L⁻¹ de Benomyl, por 5 minutos. Resultado semelhante foi obtido por Sampaio (1983), com mangas 'Bourbon' produzidas no Estado de São Paulo, onde obteve bom controle de antracnose imergindo os frutos em água quente (55°C /5 min) contendo 0,025 ou 0,050% de Benomyl. Evangelista e Goldoni (1994) também observaram redução na incidência de antracnose quando trataram mangas 'Tommy Atkins' e 'Haden' com água quente ($53^\circ\text{C}/5\text{min.}$) contendo 0,1% de Benomyl. Observou-se que o fungicida mais água quente, associado ao armazenamento a baixa temperatura, diminuiu a porcentagem de podridões causadas por antracnose nas duas cultivares avaliadas.

Cuidados devem ser tomados com a temperatura utilizada e com o tempo de imersão dos frutos, pois podem levar os frutos a escaldaduras, alterações na qualidade e aceleração na maturação (Bleinroth, 1992).

2.5. Cálcio

Nos últimos anos, as pesquisas voltadas para a interação cálcio-planta têm mostrado a importância desse nutriente no retardamento do amadurecimento e da senescência, além de influenciar diretamente a qualidade de frutos e hortaliças.

O cálcio é normalmente absorvido pelas raízes e translocado para a parte superior da planta através dos vasos xilemáticos, num processo passivo, (Menguel e Kirkby, 1982). Nas folhas e frutos, a absorção declina rapidamente com a maturidade, mesmo com uma taxa de transpiração constante. Como o fruto apresenta baixa relação superfície/volume, a transpiração nesse órgão é mínima e, portanto, deficitária na absorção de cálcio, quando comparada com as que ocorre nas folhas, que contém uma grande relação superfície/volume (Goodenough e Atkins, 1981; Ricardo, 1983).

Freqüentemente, os problemas ligados à má suplementação de cálcio para a planta surgem nos frutos após a colheita e durante o armazenamento (Ricardo, 1983).

O cálcio ocorre nos tecidos na forma livre, ou ligado a grupos carboxílicos, fenólicos ou fosforilados. Na parede celular está associado com os grupos carboxílicos livres das pectinas e satura a maioria dos seus sítios (Menguel e Kirkby, 1982). O citoplasma celular contém um grande número de compostos solúveis, não membranosos, os quais são capazes de se ligar ao cálcio, tais como, proteínas, adenina, nucleotídeos, fosfatos inorgânicos, oxalatos e citratos. Em contraste, os vacúolos e outras organelas acumulam grandes quantidades de cálcio. O cálcio vascular está na forma de quelatos e precipitados insolúveis de ácidos orgânicos, tais como oxalatos e fosfatos (Hepler e Wayne, 1985).

A maior parte do cálcio dos tecidos se encontra imobilizado no apoplasto (parede celular e espaços intercelulares), bem como nos vacúolos, em associação com as membranas e certas organelas citoplasmáticas, como as mitocôndrias e o retículo endoplasmático, onde é sequestrado como sais de fosfato e de vários ácidos orgânicos (Poovaiah, 1985, 1988). No citoplasma, sua concentração é extremamente baixa. Uma concentração elevada de cálcio no citoplasma seria incompatível com o funcionamento normal da célula, por interferir com as funções do Mg^{2+} e diminuir excessivamente a atividade do fosfato. Tem-se de fato observado que o cálcio tem um efeito inibitório geral, sobre as enzimas da respiração e do metabolismo intermediário (Rigney e Wills, 1981; Ricardo, 1983).

Concentrações milimolares (1-5mM) de cálcio extracelular são necessárias para uma conveniente função de membrana e para proteger a célula contra condições adversas de pH, íons tóxicos e desequilíbrio nutricional. Sem essa proteção, a membrana falha na discriminação entre íons, a bomba de prótons perde a função, e a senescência é acelerada (Poovaiah, 1985). Fotomicrografias de elétrons mostram que o cálcio foi efetivo em preservar a parede celular e, em particular, a região da lamela média que é rica em poliuronídeos. Parece servir como um agente de ligação intermolecular, que estabiliza os complexos pectina-proteína da lamela média. Estudos prévios das mudanças composicionais da parede celular de maçãs indicam que um aumento no teor de poliuronídeos solúveis ocorre quando o tecido do fruto torna-se macio. Os íons cálcio inibem o processo de solubilização desses poliuronídeos, reduzindo com isso a taxa de amaciamento dos frutos (Glenn et al., 1988).

Muitos autores reportam que o cálcio está envolvido no processo de amadurecimento e senescência de frutos e hortaliças tais como: manga (Yuniarti e Suhard, 1992; Yuen et al., 1993; Singh et al., 1993; Zambrano e Manzano,

1995); tomates (Suwwan e Poovaiah, 1978; Wills et al., 1977); pêssego (Singh et al., 1982); cereja (Lidster et al., 1978; Anderson e Campbell, 1995); abóbora (Izumi e Watada, 1995); cenoura (Izumi e Watada, 1994); figo (Aksoy e Anaç, 1994); abacate (Tingwa e Young, 1974; Chaplin e Scott, 1980); e melões (Lester e Dunlap, 1985; Lester, 1996). Este efeito tem sido amplamente estudado em pera (Richardson e Al-Ani, 1982a; Richardson e Al-Ani, 1982b; Wills et al., 1982; Raese e Drake, 1991, 1992 e 1993) e em maçã (Raese e Drake, 1993; Seung e Chang, 1993; Stow, 1993; Beavers et al., 1994; Siddiqui e Bangerth, 1995).

O cálcio tem recebido atenção, nos últimos anos, não somente em relação às desordens fisiológicas, mas também por causa de seu efeito desejável, particularmente em frutos, onde pode reduzir a taxa respiratória, retardar o amadurecimento, prolongar a vida pós-colheita, aumentar a firmeza e o teor de vitamina C, e reduzir as podridões durante o armazenamento (Bangerth, 1979).

Yuniarti e Suhardi (1992) verificaram a influência do cálcio no amadurecimento de mangas 'Harumanis'. Os frutos foram imersos em solução de CaCl_2 a 2%, 4%, 6% e 8%. A menor perda de massa foi observada no tratamento com CaCl_2 a 6%, o maior teor de sólidos solúveis a 8% e a textura mais firme a 4%. As diferentes concentrações de CaCl_2 não influenciaram no amadurecimento dos frutos, que se tornaram maduros após 9 dias à temperatura ambiente.

Infiltraram-se soluções de CaCl_2 a 2%, 4%, 6% e 8%, sob pressão positiva de 115 K Pa.2 min⁻¹ e vácuo parcial de 32 K Pa, em mangas 'Kensington Pride' maduras, para verificar o efeito do cálcio no amadurecimento e no aparecimento de injúrias na casca. Os resultados mostraram que a pressão e a infiltração a vácuo, combinadas com várias concentrações de cálcio, atrasaram o amadurecimento por aproximadamente 12 e 8 dias, respectivamente. As concentrações de cálcio tiveram pouco efeito na injúria da casca, quando

aplicadas sob pressão ou a vácuo; no entanto, frutos infiltrados a vácuo, quando maduros, tinham notas médias de injúria de 2,2 e os com infiltração por pressão, 2,8 (Yuen et al., 1993).

Mangas 'Dashehari' foram tratadas com nitrato de cálcio (1 e 2% de Ca^{2+}) e cloreto de cálcio (0,6 e 1,2% de Ca^{2+}), 20 e 10 dias antes da colheita. Após a colheita, os frutos foram armazenados a temperatura elevada ($35 \pm 3^\circ\text{C}$) e umidade relativa de $65 \pm 5\%$. Todos os tratamentos com cálcio retardaram o amadurecimento e mostraram efeito favorável na qualidade dos frutos durante o armazenamento. Os frutos tratados tinham altos níveis de cálcio na casca e na polpa, baixa perda de massa e reduzida taxa respiratória quando comparados ao controle. Nos tratamentos com CaCl_2 a 1,2% e 0,6% foram observadas as maiores concentrações de cálcio na casca ($753 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e polpa ($87 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), respectivamente. Após 10 dias de armazenamento os frutos tratados com CaCl_2 apresentaram maiores teores de sólidos solúveis e acidez mais elevada do que os frutos controle (Singh et al., 1993).

Zambrano e Manzano (1995) verificaram a influência do CaCl_2 (0, 4 e 6%) na maturação e conservação de mangas 'Haden', quando aplicado pós-colheita. Notou-se aumento nos teores de sacarose e açúcares totais nos três tratamentos, no entanto, os frutos tratados com CaCl_2 a 6%, apresentaram os menores teores. Os teores de vitamina C diminuíram, mas houve menor perda nos frutos tratados com CaCl_2 a 6%. A aplicação de cálcio pós-colheita retardou de maneira significativa o processo de amadurecimento.

As desordens fisiológicas e patológicas em frutos e vegetais armazenados estão relacionadas com a quantidade de cálcio depositada nos mesmos. A cultivar, a maturidade e a permeabilidade da casca afetam a absorção de cálcio pelos tecidos dos frutos, tanto antes quanto após a colheita. Embora o cálcio aplicado pós-colheita provavelmente penetre nos frutos pelas lenticelas, as fendas

na cutícula e epiderme também podem ser importantes vias, especialmente quando o fruto é colhido tardio.

2.6. “Internal breakdown” (IB)

Os frutos apresentam grande variedade de desordens, dentre as quais destacam-se “bitter pit”, “water core” e “internal fresh breakdown”, em maçã; o “blossom end rot”, em tomate e melão; a descoloração do mesocarpo em abacate, e vários tipos de colapso interno em manga. Os frutos de diversas cultivares de mangueira são suscetíveis ao colapso interno. “Soft-nose”, “stem end breakdown”, “jelly seed”, “tip pulp”, “insidious fruit rot”, “yeasty fruit rot” e “spongy tissue” são os termos usualmente utilizados para a mesma desordem fisiológica de manga. A razão para tantos nomes é a descrição que cada pesquisador faz da desordem, mas as semelhanças sugeriram a necessidade de uniformização da terminologia. Assim sendo, por conveniência, a literatura tem utilizado o termo “internal breakdown” (colapso interno de polpa) para se referir a essa desordem, que é o resultado de um desbalanço no metabolismo, induzido por algum fator ou fatores na pré ou pós-colheita que levam ao colapso das células, e ao aparecimento de áreas aquosas ou áreas escuras em alguma parte do fruto (Wainwright e Burbage, 1989; Burdon e Moore, 1991).

A mais extensa descrição da desordem fisiológica em manga é dada por Malo e Campbell (1982), citado por Wainwright e Burbage (1989), onde os diferentes estádios do colapso interno são descritos para a cultivar Tommy Atkins, produzida na Flórida.

O colapso da polpa inicia-se aparentemente no sistema vascular, entre o pedúnculo e o endocarpo (caroço) que começa a se soltar quando o fruto ainda está preso a árvore. A cavidade desenvolve-se próxima ao sistema vascular e a polpa na área do colapso é mais pálida que o tecido sadio. Winston (1986),

também citado por Wainwright e Burbage (1989), refere-se a este estágio como “stem end breakdown” ou “stem end cavity”. Em casos avançados o tecido seca ou torna-se necrótico. Externamente a cor da casca desenvolve-se formando áreas brilhantes na região dorsal. Quando o colapso da polpa está num estágio avançado, um aprofundamento externo aparece na área basal, como uma cavidade. A fibra ao redor do caroço pode desintegrar-se completamente, havendo o acúmulo de substância gelatinosa na área do colapso interno, denominada “jelly seed”. As “stem end cavity” pode ser detectada na colheita, pela ausência de látex e facilidade com que o pedúnculo se solta, o que é diferente de um fruto sadio (Wainwright e Burbage, 1989).

A incidência de colapso da polpa foi relatada em muitas mangas produzidas em todas as partes do mundo, incluindo Austrália, Flórida, Malásia, Venezuela, África do Sul, Índia, Brasil e Senegal (Wainwright e Burbage, 1989).

As perdas causadas por esta desordem fisiológica são variáveis, podendo atingir 30% na cv. Alphonso, no sul da Índia (Subramanyam et al. 1971; Krishnamurthy, 1982).

Na Flórida, a cultivar Tommy Atkins pode apresentar entre 5% e 20% de perda, mas tem atingido 50% quando os frutos amadurecem na planta. As cultivares Sensation e Keitt apresentam entre 30-40% e 20-50% de perdas, respectivamente. A incidência pode variar para uma mesma cultivar, a exemplo da ‘Sensation’ que colhida no início do período de colheita não apresenta a injúria, mas quando colhida mais tardiamente pode apresentar 80% de perda (Van Lelyveld e Smith, 1979).

As cultivares mostram-se diferentes quanto a sua suscetibilidade ao colapso interno. Young (1957) mostra que o “soft-nose” é restrito a cultivares indianas ou aquelas com linhagem indiana, tais como: Haden, Kent, Sensation, Keitt, Irwin e Zill. Contudo, nas Ilhas Canárias, as cultivares Kent e Ameeris são

sensíveis ao “soft-nose” (Saúco et al. 1984), e as cultivares Pairi, Kesar, Doodhpeda, Neelum e Dashehari não o são (Rane et al., 1976).

Algumas cultivares, principalmente as poliembrionicas, parecem ser mais resistentes ao “internal breakdown” como ocorre com a ‘Turpentine’, que é poliembrionica e fibrosa, e não apresenta a injúria, ao contrário da ‘Kanerunga White’, também poliembrionica e fibrosa, que é suscetível (Wainwright e Burbage, 1989).

Fazendo-se estudos com taxa nutricional, verificou-se que altos níveis de nitrogênio nas árvores era associado com aumento de IB em mangas ‘Keitt’, enquanto que, altos níveis de cálcio retardavam o desenvolvimento da desordem.

Em solos ácidos arenosos, pobres em cálcio e com baixo teor de nitrogênio, o IB nas plantas testemunha, que era de 7%, aumentou para 78% quando os níveis de nitrogênio foram maiores. Aumentando-se os níveis de cálcio, diminui-se a desordem. O cálcio mantido a níveis foliares de 2,5%, ou ligeiramente superiores, reduz a incidência do “soft-nose” independente do nível de nitrogênio. O cálcio é importante para manter a estabilidade da membrana da célula e conferir rigidez à parede celular do fruto. Não há correlação entre a incidência de IB e os teores de fósforo, potássio e magnésio nas folhas (Wainwright e Burbage, 1989).

O teor de cálcio em tecidos de mangas ‘Alphonso’, na parte afetada é baixo quando comparado com os sadios. Em alguns estudos foi verificado que o teor de cálcio é menor nas proximidades da ponta do fruto e do caroço, coincidente com a posição de maior ocorrência do IB (Gunjate et al., 1979a; Burdon e Moore, 1991). No entanto, Krishnamurty (1981) não observou diferença significativa nos níveis de cálcio em “spongy tissue” em mangas ‘Alphonso’, onde o nível de potássio era baixo. Já Subramanyam et al. (1971) verificaram baixo teor de cálcio e alto de fósforo em tecidos com desordem , ao

passo que Gautam e Lizada (1984) encontraram altas concentrações de cálcio no tecido com desordem.

Gunjate et al. (1979a) analisaram o teor de cálcio em polpa de mangas 'Alphonso', sadias, parcialmente não afetada e afetada por "spongy tissue" e encontraram 98,12 mg.100g⁻¹; 88,08 mg.100g⁻¹ e 76,12 mg.100g⁻¹ de peso fresco, respectivamente.

Gunjate et al. (1979b) observaram uma diminuição na ocorrência de tecido esponjoso em mangas 'Alphonso', quando as mesmas foram tratadas com cálcio antes da colheita. O tratamento com CaCl₂ foi mais efetivo que com Ca(NO₃)₂, independentemente da concentração utilizada. A maior percentagem de cálcio (103,33 mg.100g⁻¹) foi observada no tratamento onde se usou CaCl₂ a 2%. Krishnamurty (1982) não observou redução no IB quando aplicou CaCl₂ pós-colheita. Os níveis de cálcio no fruto variaram de 280 a 350 ppm, mas não aumentaram significativamente com os tratamentos pré e pós-colheita com cálcio. Concluiu que a desordem em manga não foi afetada pelo tratamento com cálcio e que outros estudos seriam necessários para entender e explicar o problema.

A literatura mostra que o teor de minerais em mangas com desordem é extremamente variável, dependendo principalmente das diferentes metodologias aplicadas (Wainwright e Burbage, 1989).

A tentativa de se isolar patógenos e relacioná-los com a desordem não tem tido sucesso. Alguns pesquisadores isolaram bactérias de "Spongy tissue" em mangas 'Alphonso', mas não observaram patogenicidade. Acredita-se que a anormalidade fisiológica do tecido predispõe o fruto à infecção. Sintomas semelhantes ao IB foram observados em mangas 'Alphonso', 'Rajapuri', 'Totapuri', 'Sardar', 'Dadamiya', 'Kesar', 'Janadar' e 'Badami' quando metabólitos de bactérias *Bacillus sp.* foram injetados em frutos parcialmente maduros, e somente a cultivar Badami mostrou-se resistente. Os baixos valores

de pH e altos de acidez, na polpa afetada, são altamente desfavoráveis ao crescimento do *Bacillus* (Rane et al., 1976; Katrodia , 1988).

Um desbalanço nutricional, em particular deficiência de cálcio, pode ser uma das causas de IB em mangas, como é a causa de desordens fisiológicas em outros frutos. Evidências, entretanto, são necessárias para as diferentes localizações, estações e culturas e conclusões não são ainda possíveis (Wainwright e Burbage, 1989).

A ligação entre a deficiência de cálcio e o IB necessita ser mais firmemente estabelecida antes de se fazer recomendações apropriadas para o controle. Entretanto, o problema tem sido minimizado em mangas 'Alphonso' cultivada em solos ácidos, com aplicação de CaCO_3 no solo ou pulverizações foliares com $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. O CaCl_2 tem sido mais efetivo que $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, mas imersão pós-colheita em solução de cálcio não reduziu significativamente a incidência de 'IB' (Gunjate et al., 1979b).

Infiltração a vácuo com CaCl_2 foi efetiva no retardamento do amadurecimento de mangas . Aumentando-se o teor de cálcio no fruto pode-se prolongar sua vida pós-colheita e obterem efeito positivo no controle das desordens fisiológicas (Tirmazi e Wills, 1981).

O cálcio pode estabilizar a parede celular através de ligações com os grupos carboxílicos livres dos polímeros poligalacturonatos, resultando num aumento de coesão entre as células que é necessário para retardar a solubilização enzimática de poliuronídeos da lamela média da parede celular (Conway e Sams, 1983).

Finalmente, tem sido sugerido que em vegetais muitos processos fisiológicos estejam sob controle do cálcio, sendo este o segundo mensageiro trans-membrana sinalizado por hormônios, luz e outros estímulos do meio ambiente (Poovaiah, 1985 e 1988). A ação de hormônios na regulação do

crescimento e senescência pode ser modulada pela presença de cálcio, mas efeito inibitório pode ocorrer com altas concentrações no citoplasma (Wainwright e Burbage, 1989).

2.7. Microscopia eletrônica de transmissão

Através de microscopia eletrônica de transmissão (TEM) é possível observar as modificações na lamela média e na parede celular, que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos. Ben-Arie et al., (1979) avaliaram as modificações em maçãs e peras. Observaram que quando os frutos estão imaturos (firmes) o material da lamela média mostra-se como uma massa compacta, escura. A parede celular dos frutos macios mostra quebra e dispersão das fibras, formação de espaços vazios e a região da lamela média desintegra-se.

A fim de verificar o efeito da PG e da celulase na parede celular de maçã e pera BenArie et al., (1979) aplicaram estas enzimas nos tecidos destes frutos. Eles observaram através de TEM que em ambos os frutos a aplicação de PG levou à destruição da lamela média e ao aparecimento de espaços vazios. Em maçã a aplicação de celulase causou extensiva dissolução do material fibrilar, enquanto em pera o efeito foi menor.

Glenn et al., (1988) e Glenn e Poovaiah (1990) utilizaram microscopia eletrônica de transmissão para observar a parede celular de maçãs tratadas com cálcio. Uma visível degradação ocorreu na lamela média dos frutos controle. Em algumas células a lamela média apresentou pontos brancos, sugerindo a extensa degradação que ocorreu, enquanto que em outras regiões as quebras foram menores. A modificação na orientação das microfibrilas era visível na região da parede celular adjacente à lamela média dos frutos controle. A lamela média dos frutos tratados permaneceu escura, indicando a presença de material intercelular. As microfibrilas permaneceram paralelas.

Utilizando-se TEM foi possível observar as modificações na parede celular de ameixas 'Songold'. O material da parede celular, na época da colheita, era escuro, tendo uma massa densa e microfibrilas arranjadas, mas no final do armazenamento, ele foi dissolvido e desenvolveu uma aparência granular (Taylor et al.; 1993).

Mudanças ultraestruturais de tomates sensíveis e resistentes ao "chilling", foram estudadas. Nos tomates sensíveis, as células mostraram uma degradação dos grânulos de amido após dois dias de armazenamento. No sétimo dia, as células apareceram vesiculadas, o retículo endoplasmático apareceu dilatado e os ribossomos foram perdidos. Após 14 dias, poucas organelas citoplasmáticas permaneceram reconhecidas. O cloroplasto apareceu deformado. Nos tomates resistentes, a membrana plasmática permaneceu intacta e o retículo endoplasmático estava presente e não vesiculado. Ao contrário das células do tomate sensível, as do resistente mostraram pouca ou nenhuma modificação ultraestrutural durante armazenamento em temperaturas que provocam "chilling", menor que 10°C (Marangoni et al., 1989).

As mudanças estruturais na parede celular do pêssego tomaram-se aparentes durante o amaciamento, devido à dissolução da lamela média e desintegração do material fibrilar, observados através de TEM. Os pêssegos apresentavam pontos farináceos no mesocarpo. Este tecido farináceo é atribuído à presença de substâncias pécticas com baixa metoxilação (insolúveis) e alto peso molecular que são formados pela ação da pectinaesterase durante o "chilling" (Luza et al., 1992).

Frutos frescos de cherimoya, analisados por TEM, apresentaram parede celular intacta e a lamela média era marcadamente visível como uma densa região entre células adjacentes. Havia poucos grânulos de amido embebidos no amiloplasto, e as membranas plasmalema e tonoplasto eram contínuas. Após seis

dias a 22°C, as células estavam desintegradas. A lamela média foi dissolvida e a fibra de celulose não exibia estrutura definida, demonstrando uma aparência sinuosa. A parede celular de frutos armazenados a 4°C por 6 dias não rompeu e a lamela média era claramente visível (Gutiérrez et al., 1992).

Em mangas, poucas pesquisas para identificação de modificações na parede celular, por métodos microscópicos, têm sido realizados.

A parede celular de mangas controle e tratadas com água quente (45°C/30 minutos) foram avaliadas por TEM. Os tecidos dos frutos não tratados estavam túrgidos, as células do parênquima estavam fechadas e alinhadas umas ao lado das outras e os grânulos de amido não eram visíveis. Entretanto nos tratados, as células do parênquima estavam enroladas com a parede celular e grossas em alguns lugares. Os grânulos de amido estavam presentes e livres dentro das células (Jacobi e Gowanlock, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento e condições do pomar

O experimento foi conduzido com frutos de mangueiras (*Mangifera indica* L.) cultivar Tommy Atkins, produzidos na região de Ibirá, oeste do Estado de São Paulo. É uma região com temperatura média anual de 23°C, e precipitação pluviométrica média anual de 1300mm.

Foram utilizadas plantas produtivas, com 18 anos de idade, cultivadas em espaçamento de 8 m por 7 m. A aplicação de calcário (2 toneladas/hectare) no solo é realizada em anos alternados, sendo que em 1995, ano da coleta dos frutos para o experimento, não houve aplicação no pomar.

3.2 Condução do experimento no campo

Antes da floração (final de julho de 1995) o pomar, contendo 920 plantas, foi pulverizado com mapim (fósforo + nitrogênio) na concentração de 0,5%, zinco (0,3%) e boro (0,1%). Foram feitas aplicações de enxofre (0,3%), nos dias 9 e 26 de junho de 1995 e de cobre (0,15%), nos dias 6 e 26 de junho. Para controle de antracnose foram realizadas aplicações de Benomil (0,1%), e após 21 dias, aplicou-se Mancozeb (0,16%). Após 15 dias repetia-se o Benomil, e este era reaplicado após longo período de chuva. Em 1992, 1993 e 1994 fizeram pulverizações utilizando cálcio quelatizado (0,2%) e cloreto de cálcio (0,2%). A aplicação repetia-se a cada 15 dias intercalando os dois produtos. O tanque utilizado para fazer as aplicações dos produtos no pomar tem capacidade para 2000 litros, quantidade utilizada em aproximadamente 150 plantas.

Em uma única fileira deste pomar contendo vinte e uma plantas, o experimento foi conduzido adotando-se aplicações nutritivas através de pulverizações com CaCl_2 nas concentrações 2,5% e 5,0%. Cada tratamento foi

aplicado em 5 plantas, com um intervalo de três plantas entre os mesmos, onde as 5 plantas finais constituiram o controle. A primeira aplicação foi realizada no dia 14 de setembro (± 40 dias após a floração) com os frutos ainda pequenos, a segunda no dia 4 de outubro (± 60 dias após a floração) e a terceira no dia 4 de novembro (± 90 dias após a floração), sendo os frutos colhidos dia 6 de dezembro no ponto de maturação utilizado pelo produtor para exportação.

3.3. Colheita, classificação e transporte

Os frutos foram colhidos manualmente, levados para o barracão onde foram imersos por 5 minutos em um tanque com água à temperatura ambiente (exigência feita pelos importadores) contendo sportak ($5L.2400L^{-1}$). Após a imersão, os frutos foram secos ao ar e classificados por tamanho. No experimento foram utilizados frutos dos tamanhos 8, 9 e 10 (nº de frutos por caixa). Após a classificação, os frutos foram embalados em caixas de papelão utilizadas para exportação e transportados, no mesmo dia, para o Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Pós-colheita de Frutos e Hortaliças, do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras- UFLA .

3.4 Preparo e acondicionamento das amostras

No laboratório, os frutos foram selecionados, eliminando-se os que apresentavam injúrias e defeitos. Após a seleção, amostras de 8 frutos por parcela foram novamente embalados em caixas de papelão e armazenados em câmara fria a $10 \pm 1^{\circ}C$ e 80-90% UR, por um período de 35 dias. Semanalmente, foram retirados 4 frutos de cada tratamento, perfazendo um total de 6 amostragens. Os demais foram utilizados somente para substituir frutos que apresentassem injúria (“internal breakdown”). Quando o fruto era cortado e apresentava escurecimento

interno ao redor do caroço, era substituído por outro armazenado na mesma caixa e nas mesmas condições.

3.5. Avaliações

3.5.1. Análise foliar

As folhas das mangueiras utilizadas no experimento foram coletadas separadamente (5 plantas por tratamento) na região mediana das plantas no dia da colheita dos frutos. Os macro (N, P, K, Ca e Mg) e micronutriente (B) foram determinados segundo Malavolta et al. (1989).

3.5.2. Análise de solo

Foram coletadas duas amostras do solo (podzolizado) de cada região submetida aos diferentes tratamentos, perfazendo um total de 6 amostras, a uma profundidade de 20 cm. As análises de P, K, Ca e Mg foram realizadas segundo Vettori (1969). O boro foi determinado segundo Dible et al. (1954).

3.5.3. Análises físicas, físico-químicas e químicas

3.5.3.1. Perda de massa

Os frutos foram pesados semanalmente em balança semi-analítica Mettler modelo PC 2000, sendo os resultados expressos em percentagem. A perda de massa foi determinada considerando-se a diferença entre o massa inicial do fruto e aquela obtida a cada intervalo de tempo de amostragem (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias).

3.5.3.2. Textura

A textura foi medida nos frutos inteiros, utilizando-se penetrômetro Magness-Taylor modelo 30A (valor máximo de leitura 30 lb) com “plunger” de

ponta cônico (diâmetro de 0,86 cm e comprimento de 0,67 cm) aplicado às regiões equatoriais (2 determinações por fruto) da superfície do fruto após remoção de pequena porção de casca.

As leituras, em lb, foram multiplicadas por 4,4482 para expressar os resultados em Newtons (N). Valores mais elevados correspondem a frutos mais firmes.

Para as determinações da acidez total titulável (ATT), do pH e dos sólidos solúveis totais (SST), 30 gramas de polpa foram trituradas em homogeneizador de tecido, por cerca de 3 minutos, com 120 ml de água destilada e filtrado em organza de algodão.

O restante da polpa foi acondicionado em saco de polietileno totalmente impermeável, congelado em nitrogênio líquido e mantido a -18°C para a realização das demais análises.

3.5.3.3. Acidez total titulável (ATT)

Foi obtida por titulação do filtrado (diluição 1:5) com NaOH a 0,1N, segundo técnica estabelecida pelo Instituto Adolfo Lutz (1985) e expressa em mg de ácido cítrico por 100g de suco.

3.5.3.4. pH

O pH foi medido em potenciômetro digital, conforme o recomendado pela AOAC (1992).

3.5.3.5. Sólidos solúveis totais (SST)

A leitura do teor de sólidos solúveis totais foi realizada em refratômetro digital, modelo PR-100 Palette (Atago Co., Japão), conforme o recomendado pela A.O.A.C. (1992). Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.5.3.6. Açúcares totais, redutores e sacarose

Os açúcares redutores foram determinados a partir de 1g da amostra triturada em meio alcalino e doseados pelo método descrito por Somogyi e adaptado por Nelson (1944). A sacarose, foi determinada como açúcares redutores totais pelo método da Antrona (Dische, 1962). O resultado encontrado foi multiplicado pelo fator 0,95 foi então correspondente à porcentagem de sacarose. Pela diferença entre o teor de açúcares solúveis totais e o de sacarose, obteve-se o teor de açúcares redutores, sendo os resultados expressos em porcentagem.

3.5.3.7. Vitamina C

Os tecidos proveniente da polpa dos frutos de cada tratamento foram homogeneizado em ácido oxálico a 0,5%, em homogeneizador de tecidos modelo Tissumizer por 1 minuto a 4°C e depois centrifugados a 500 x g. O centrifugado foi avaliado por colorimetria a partir da condensação com DNPH (2-4 dinitro fenilhidrazina), segundo o método de Strohecker e Hemming (1967). Os resultados foram expressos em mg.100g⁻¹ de polpa.

3.5.3.8. Compostos fenólicos

A extração foi feita conforme o preconizado por Goldstein e Swain (1963) e a determinação foi realizada pelo método de Follin-Denis, conforme o recomendado pela A.O.A.C. (1992).

3.5.3.9. Cálcio total

O pericarpo dos frutos foi liofilizado e homogeneizado em gral . O teor de cálcio total foi determinado, após digestão nitroperclórica, por espectrofotometria de absorção atômica, segundo metodologia estabelecida por Sarruge e Haag (1974). Os resultados foram expressos com base no teor de matéria seca

3.5.4. Análises bioquímicas

3.5.4.1. Polifenoloxidase (PFO)

A extração desta enzima foi realizada pelo método preconizado por Matsumo e Uritani (1972) e sua atividade foi expressa em unidades por grama de tecido fresco por minuto, segundo o método proposto por Teisson (1979).

3.5.4.2. Pectinametilesterase (PME)

Sua atividade foi determinada de acordo com a técnica descrita por Jen e Robinson (1984). O substrato usado foi uma solução de pectina cítrica a 1% (citrus; grau 150) dissolvida em NaCl a 0,1 M pH 7,0, à temperatura ambiente. A taxa de desmetilação da pectina, adicionada ao extrato enzimático, foi medida pela titulação da mistura com NaOH a 0,025 N, mantendo o pH 7,0 por 10 minutos.

Uma unidade de atividade da PME foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente a um micromol de NaOH por minuto, nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos em unidades por grama de peso fresco.

3.6.4.3. Poligalacturonase (PG)

Sua atividade foi determinada pela medida dos grupos redutores liberados do ácido poligalacturônico (Orange; Sigma). O ácido poligalacturônico foi usado como substrato a uma concentração de 0,25%, dissolvido em tampão acetato de sódio a 37,5 mM, pH 5,0 (Pressey e Avantes, 1973). A atividade enzimática foi determinada pela incubação do extrato enzimático com o substrato por 3 h, a 30°C. A reação foi interrompida pela colocação das amostras em banho fervente por 3 minutos. Os grupos redutores foram medidos segundo a técnica descrita por Nelson (1944) e modificada por Somogyi (1951), sendo a glicose anidra usada como padrão.

Uma unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 nanomol de açúcar redutor por minuto, sob as condições de ensaio.

3.5.4.4. β -galactosidase

A determinação da atividade desta enzima foi feita segundo a metodologia de Ali et al. (1995). O tecido fresco (5,0 g) foi homogeneizado em citrato de sódio (0,1M e pH 4,6) contendo NaCl, PVP 40T e 2-mercaptoetanol. Após homogeneização, a mistura ficou em repouso por 30 min. e em seguida foi centrifugada a 17000 g.20 min⁻¹. Separou-se o sobrenadante para determinar a atividade da enzima. Para a determinação, misturou-se citrato de sódio (0,1 M e pH 4,1), BSA (soro albumina bovina) (0,1 %) e p-nitrofenil β -D-galactopiranoside (13,0 mM) como substrato. Esta mistura foi incubada a 37°C por 10 min. e depois adicionou-se 0,30 ml de amostra. A atividade da enzima foi analisada por 10, 20, 30 e 40 min. a temperatura ambiente. Para interromper a reação, nos 4 tempos analisados, utilizou-se Na₂CO₃ a 0,2 M. O p-nitrofenol

formado foi medido a 415 nm. Fez-se uma curva padrão utilizando-se 4-nitrofenol (Reagen-Químibras Industrias Químicas S.A.). Os resultados foram expressos em ng.kg^{-1} de peso fresco.

3.5.5. Extração e doseamento dos compostos de parede celular

3.5.5.1. Extração

A parede celular foi extraída da polpa como descrito por Mitcham e McDonald (1992) com algumas modificações. A polpa (120 g) foi triturada em homogeneizador de tecidos (Polytron- Tekmar Company) com tampão fosfato a 0,1 M e pH 7,5 (300 ml) com adição de 0,02 % de azida sódica, 1% de dodecil-sulfato de sódio (SDS) e 1% de 2- mercaptoetanol. Após homogeneização, o extrato foi deixado a 40°C por 2h e depois filtrado. O resíduo foi lavado com o mesmo tampão fosfato a 0,1M e pH 7,5 e filtrado a vácuo. Adicionaram-se 200 ml da mistura fenol:ácido acético:água (2:1:1) e manteve-se em repouso por 20 min. Lavou-se novamente o resíduo com o tampão fosfato. O resíduo foi ressuspenso em 150 ml de dimetil sulfóxido (DMSO) 9:1, aquecido a 100°C, e deixado em repouso por 24 horas a temperatura ambiente. Após homogeneização, filtração e lavagem com cerca de 150 ml de tampão acetato (0,1 M, pH 5,0), seguida de lavagem extensiva com água destilada, filtrou-se a vácuo. O resíduo contendo a parede celular isolada foi ressuspenso em 100 ml de solução de amiloglucosidase em tampão acetato de sódio, pH 4,5, e incubado a 55°C por 2h. Em seguida, procedeu-se à lavagem com cerca de 500 ml de água destilada e filtragem. A parede celular assim separada foi submetida a teste com solução de KI/I_2 para verificar a ausência de amido. Em seguida foi ressuspenso em uma mistura de clorofórmio:metanol (1:1) e filtrada, seguida de três lavagens com 200 ml de acetona. O resíduo, após secagem à temperatura ambiente, constituiu o material de parede celular.

3.5.5.2. Doseamento de cálcio ligado

Determinado por técnica de absorção atômica, empregada para análise de cálcio total. Os resultados foram expressos em porcentagem de cálcio (p/p) no material de parede celular.

3.5.5.3. Doseamento dos açúcares totais não-celulósicos

O teor de açúcares totais não-celulósicos de parede celular foi avaliado pelo método de antrona (Southgate, 1991). O material de parede celular isolado foi submetido ao tratamento com TFA (ácido trifluoroacético) 2 N a 121°C/1 hora. Evaporou-se o TFA e o resíduo foi submetido a três lavagens sucessivas utilizando-se 1 mL de água destilada e centrifugação. Os três sobrenadantes obtidos (lavagem I, II e III) foram utilizados para determinar o teor de açúcares totais não-celulósicos e os resíduos utilizados para determinar os teores de celulose.

3.5.5.4. Doseamento de açúcares neutros não-celulósicos

O material de parede celular foi hidrolisado a açúcares simples, por meio de ácido trifluoroacético contendo inositol. Em seguida, os monossacarídeos foram metilados e reduzidos aos seus alditóis correspondentes por reação com boroidreto de sódio, e a derivatização dos alditóis foi feita por acetilação com anidrido acético (Albersheim et al., 1967).

As amostras derivatizadas foram diluídas com 200 µL de acetona e injetadas, (2 µL) em cromatógrafo a gás Intralab modelo 3300 com coluna capilar OV-DB 225, 0,25 mm de diâmetro interno e 25 m de comprimento, acoplado a Integrador Intralab Mod 4290.

Os gases utilizados foram o hidrogênio como gás de queima, ar sintético como mantenedor da chama, e o “make up” uma mistura de hidrogênio e nitrogênio ($30 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$). A pressão da coluna foi de 21 psi, o fluxo da coluna de $3,0 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e gás de arraste de $30 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. Foram utilizadas as seguintes temperaturas: coluna 210°C , injetor 250°C e detector 300°C .

Utilizou-se como padrão uma mistura de açúcares ramnose, fucose, arabinose, xilose, manose, galactose, glicose e inositol (padrão interno), todos na concentração de $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ($200 \mu\text{g}\cdot 0,2\text{mL}^{-1}$)

3.5.5.5. Celulose

O resíduo de parede celular proveniente da determinação de açúcares totais foi submetido a hidrólise com ácido sulfúrico 72% (v/v) em banho de gelo. Os açúcares liberados foram determinados colorimetricamente pelo reagente de antrona, conforme Sauthgate (1991). Utilizou-se como padrão celulose microcristalina. Os resultados foram expressos em porcentagem do material de parede celular.

3.5.5.6. Uronídeos totais

Foi empregado o procedimento descrito por Ahmed e Labavitch (1977). O material de parede celular foi dissolvido em ácido sulfúrico a 67% (v/v), em banho de gelo, e os ácidos urônicos liberados foram determinados colorimetricamente, após reação com carbazol. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido galacturônico no material de parede celular.

3.5.5.7. Grau de esterificação das pectinas

Foi empregado o método modificado por Lurie et al. (1994), segundo o qual se determinam as quantidades de ácido galacturônico na parede celular, antes e depois da incubação com boroidreto de sódio.

Primeiramente foi feita a determinação do teor de ácido galacturônico no material de parede celular. Em seguida, uma outra alíquota de amostra foi incubada com solução alcoólica de boroidreto de sódio. Com essa incubação, os resíduos esterificados de ácido galacturônico foram reduzidos. Depois de neutralizada, a mistura de reação foi evaporada, lavada e ressuspensa em ácido sulfúrico a 67% (v/v). Na solução sulfúrica foi feita novamente a determinação colorimétrica de ácido galacturônico. Por diferença, obteve-se a porção não esterificada.

O grau de esterificação foi definido como a porcentagem de ácido galacturônico esterificado em relação ao total.

3.5.6. Avaliação do ‘Internal breakdown’ (IB)

Após descascamento manual a polpa dos frutos era cortada ao meio, próximo ao caroço para verificar se ocorreu incidência de “internal breakdown”. Para comparação da incidência de IB foram coletados 24 frutos em pomar sem aplicação de cloreto de cálcio, os quais foram armazenados nas mesmas condições anteriormente citadas.

Para avaliar o IB utilizou-se a escala subjetiva proposta por Miccolis e Saltveit (1995) com notas de 1 a 5, em que:

- 1- Ausência;
- 2- Ligeiro (0-10% de área afetada);
- 3- Moderado (10-30% de área afetada);

4- Severo (30-50% de área afetada);

5- Extremo (> 50% de área afetada).

Os frutos dos tratamentos com notas igual ou superior a 2 foram descartados e substituídos por outros sadios armazenados nas mesmas condições.

3.5.7. Microscopia eletrônica de transmissão

Foi feita em pequenos pedaços de manga dos frutos dos três tratamentos no dia em que foram colhidos e após 35 dias de armazenamento, como também em um fruto que apresentava IB.

Utilizou-se a metodologia descrita por Jacobi e Gowanlock (1995) com algumas modificações. Para a fixação, pequenos pedaços de manga foram imersos em glutaraldeído a 2,5%, paraformaldeído a 2% tamponado em cacodilato de sódio a 0,05 M, por 19 horas, após o que se efetuou quatro lavagens, de 15 min. cada, com o tampão cacodilato de sódio a 0,05 M. O tecido foi pós-fixado em tetróxido de ósmio a 1%, por 3 horas, e em seguida lavado com quatro porções de água destilada, colocado em acetato de uranila a 0,5%, por uma noite. Após este tratamento o tecido foi desidratado em acetona a 30%, 50%, 70%, 90% e 100%. Após desidratação, foi embebido em resina Epon mais acetona (1:1) por três horas e meia, Epon mais acetona (2:1) por 3 horas, Epon puro por uma noite e Epon em forminhas a 60°C, por 48 horas. Após o material se tornar firme fez-se a toaleta e cortou-se o mesmo em seções ultra finas, utilizando um micrótomo-Reichert Jung. As seções foram coradas com acetato de uranila e levadas ao microscópio eletrônico de transmissão- Electron Microscope EM-301 Philips para serem fotografadas. As fotos foram feitas utilizando-se ampliações variadas, dependendo da nitidez do material.

3.6. Delineamento estatístico

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com esquema fatorial 3x6 (três tipos de tratamento: testemunha e duas concentrações de CaCl_2 ; seis pontos de amostragem pós-colheita). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas através de teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Fez-se regressão para as análises nos tempos de armazenamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Aspectos nutricionais da planta

Teores de N nas folhas inferiores a $0,80 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ indicam deficiência na planta. Os resultados obtidos (Tabela 2) são superiores a este, no entanto, inferiores aos citados na literatura como adequados (1,20-1,40). O teor é considerado deficiente quando alguma desordem fisiológica é notada nos frutos. A adubação nitrogenada, apesar de aumentar a produção da mangueira, pode aumentar também a incidência de colapso interno dos frutos, principalmente em solos ácidos e com pouco cálcio (Quaggio, 1996).

Young e Miner (1961) verificaram que diferentes combinações de N, P, K e Mg podem influenciar na incidência de “soft-nose” em mangas ‘Keitt’. Em solos ácidos, o aumento da dose de N de $0,35 \text{ kg}$ para $2,40 \text{ kg}$ por planta aumenta a percentagem de frutos com colapso interno de 10% para 76%, independentemente das doses de P e K. Por outro lado, em solos ricos em cálcio, aumentos nas adubações com N não provocaram aumento na incidência de “soft-nose”. É importante observar as variações nas concentrações de cálcio e da relação N/Ca nas folhas da mangueira para os dois tipos de solo. Esses pesquisadores concluíram que a incidência de “soft-nose” aumenta quando a relação N/Ca é superior a 0,5.

Pode-se observar que esta relação é maior nas folhas do tratamento testemunha, e a medida que a concentração de cálcio aumenta, esta relação diminui (Tabela 2).

As concentrações de K no solo assim como nas folhas tanto para os grupos tratados como para o testemunha, são consideradas satisfatórias (médio e alto). Os resultados indicam também, concentrações adequadas de Mg, tanto no

TABELA 2. Análises do solo e foliares das mangueiras da cultivar Tommy Atkins, produzidas na região de Ibirá, oeste do estado de São Paulo.

Trat.	Tipo de análise	Nutrientes ¹						Relação N/Ca
		N %	P ppm	K ppm	Ca meq.100cc ⁻¹	Mg meq.100cc ⁻¹	B ppm	
Cont.	solo ²	—	2B	74A	1,9M	0,9M	0,33	
	folha ³	0,95	0,07%	0,73%	1,85%	0,13%	13,24	0,51
CaCl ₂ a 2,5%	solo	—	4B	56M	1,7M	1,1M	0,26	
	folha	0,86	0,07	0,84%	1,91%	0,13%	19,10	0,45
CaCl ₂ a 5,0%	solo	—	4B	82A	1,7M	1,0M	0,35	
	folha	0,88	0,07	0,74%	2,05%	0,15%	27,74	0,43

¹ A= alto; B= baixo; M= médio

² resultado médio de 2 amostras

³ resultado médio de 5 amostras

solo como nas folhas. Entretanto, o teor de P está aquém da dose ideal no solo, e muito próximo do limite de deficiência nas folhas.

As concentrações de cálcio encontradas, tanto para o solo como para as folhas, estão acima da concentração ideal (1,5%).

O boro é um nutriente que, em quantidades inadequadas, tem causado distúrbios fisiológicos em frutos. Na Índia, Ram e Sirochi (1989), citados por Quaggio (1996), associaram uma anomalia em mangas com a deficiência de boro, denominando-a de “internal fruit necrosis”, necrose interna diferente cujos sintomas são semelhantes ao “soft-nose”. Segundo estes autores, é necessário que os teores de boro sejam superiores a 70ppm e 20ppm, nas folhas e frutos, respectivamente, para se evitar a incidência de colapso interno.

Apesar do boro ter sido aplicado antes da floração, como rotina, os dados obtidos são inferiores aos indicados por estes pesquisadores. Verifica-se também que a medida que a concentração de cálcio aplicada aumenta, ocorre aumento também na de boro.

4.2. Modificações durante o amadurecimento

4.2.1. Perda de massa e textura

Tanto a perda de massa quanto a textura apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento com CaCl_2 a 5,0% apresentou a menor perda de massa (2,98 %) e textura mais firme (99,44 N) (Tabela 3). Houve um aumento progressivo da perda de massa durante o período de armazenamento e uma diminuição da textura de 123,83 N para 53,94 N (Figuras 1 e 2).

A perda de massa observada é baixa quando comparada com os resultados obtidos por Evangelista et al. (1996), quando trabalharam com mangas

TABELA 3. Valores médios de perda de massa (%) e de textura (N) de mangas da cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ \text{C}$ e 80-90% UR.

Tratamentos	Determinações	
	Perda de Massa (%)	Textura (N)
Controle	3,54 a	83,23 b
CaCl ₂ a 2,5 %	3,27 ab	89,87 ab
CaCl ₂ a 5,0 %	2,98 b	99,44 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância

‘Tommy Atkins’ enceradas com cera “Sta-fresh” e armazenadas a $10 \pm 1^\circ \text{C}$. Nesse trabalho, a perda média observada foi de 5,49%.

Os resultados obtidos para a perda de massa no sétimo dia de armazenamento (Figura 1), são inferiores aos encontrados por Pantástico et al. (1984) para mangas ‘Carabao’ armazenadas por 6 dias a 10°C , com 2,0 % de perda.

Os tratamentos com CaCl₂ tiveram efeito positivo na redução da perda de massa dos frutos (Tabela 3). Mesmo os frutos da testemunha apresentaram perda inferior à encontrada por Evangelista et al. (1996) quando utilizaram cera.

Houve diminuição da textura dos frutos ao longo do armazenamento (Figura 2), porém, no período final o valor médio observado (53,94 N) foi cerca de três vezes superior ao citado por Lima (1997) para a mesma cultivar, de apenas $\pm 20 \text{ N}$ após 28 dias de armazenamento.

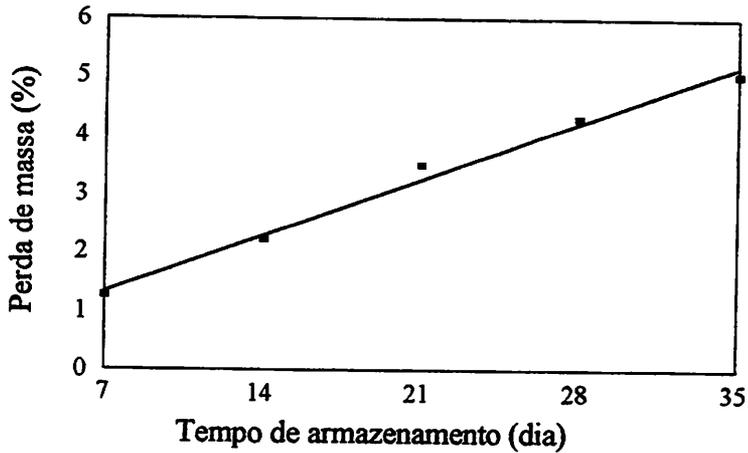


FIGURA 1. Valores médios de perda de massa (%) de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.
 $(Y = 0,370917 + 0,137857 X; R^2 = 0,9903)$

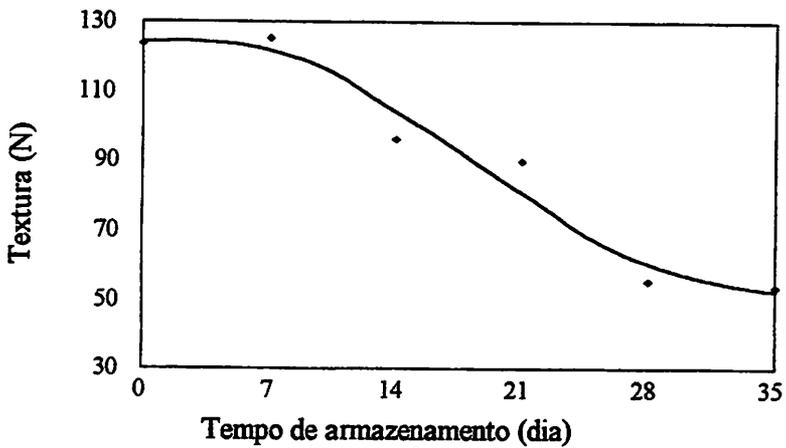


FIGURA 2. Valores médios de textura na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.
 $(Y = 1124,407673 + 1,165460 X - 0,247822 X^2 + 0,004459 X^3; R^2 = 0,9617)$

Anderson e Campbell (1995) verificaram em cerejas 'Montmorency' que a aplicação de cálcio na pré-colheita proporcionou maior manutenção da textura bem como maior integridade da membrana plasmática. Concluíram que a aplicação pré-colheita de CaCl_2 produziu cerejas mais firmes e diminuiu as perdas por impacto.

Hudson e Buescher (1985) sugerem que o cálcio reduz o amaciamento dos tecidos pois protege as macromoléculas rígidas de pectina da desmetilação. Além disso, Sams e Conway (1984) enfatizam que a manutenção da integridade da parede celular e da firmeza de frutos tratados com cálcio resulta na redução da despolimerização conduzindo a formação de ligações entre grupos carboxílicos livres nos polímeros poligalacturonatos na parede celular e lamela média.

Outro fato importante, que influencia no amaciamento é a perda d'água. A alta umidade protege a integridade da célula, pois reduz o estresse causado pela desidratação (Díaz-Sobac et al., 1997). Esta condição tem alta correlação com amaciamento em limão (Ben-Yehoshua et al., 1983) e em manga (Miller et al., 1984). A perda de água durante armazenamento pode influenciar a perda de firmeza pois a água ajuda a manter a estabilidade estrutural e a integridade da membranas.

4.2.2. pH e acidez total titulável (ATT)

Houve diferença significativa entre os valores médios obtidos para o pH da polpa dos frutos dos diferentes tratamentos; onde o maior valor foi observado nos frutos testemunha (3,64) (Tabela 4).

Ao longo do período de armazenamento o pH médio aumentou de 3,49 para 3,65 (Figura 3).

Resultados semelhantes foram obtidos por Medicott et al. (1986) para mangas desta mesma cultivar, armazenadas à 12 °C, 17 °C e 22 °C, ao passo que,

no armazenamento a temperaturas mais altas (27°C, 32°C e 37°C), os valores de pH foram superiores aos observados (4,9, 4,8 e 4,6, respectivamente).

Existem variedades que apresentam pH de polpa superior ao obtido como por exemplo a 'Pele-de-moça' com pH 4,34, enquanto em outras variedades o pH varia entre 3,0 e 4,0 (Bleinroth et al., 1985).

Não se observou diferença significativa nos teores de ATT nem entre os tratamentos nem durante o período de armazenamento (Tabela 4).

Durante o amadurecimento de frutos nota-se um aumento no pH e diminuição na acidez (Vazquez-Salinas e Lakshminarayana, 1985; Medicott et al., 1986). No entanto, isto não ocorreu nos frutos deste experimento, ou seja, houve pequeno aumento no pH e a acidez permaneceu elevada.

TABELA 4. Valores médios de pH e de acidez total titulável (mg.100g⁻¹) da polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a 10 ± 1°C e 80-90% UR.

Tratamentos	Determinações	
	pH	ATT (mg.100g ⁻¹)
Controle	3,64 a	750,69 a
CaCl ₂ a 2,5 %	3,55 ab	833,63 a
CaCl ₂ a 5,0 %	3,54 b	870,77 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

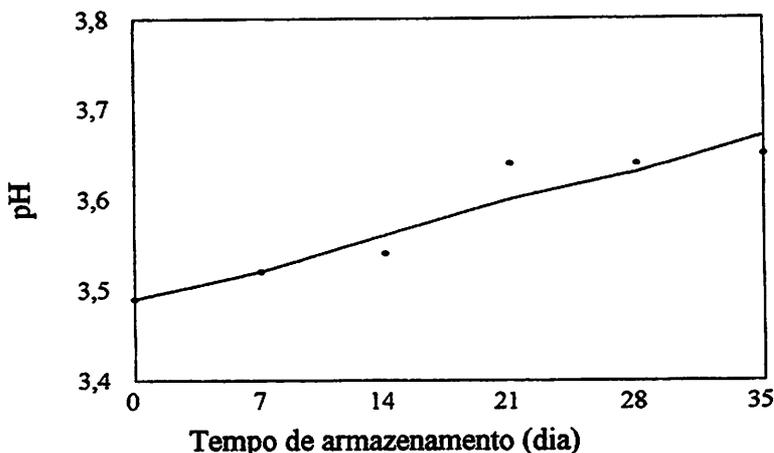


FIGURA 3. Valores médios de pH da polpa de manga cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR. ($Y = 3,491191 + 0,005122 X$; $R^2 = 0,9047$)

Outros pesquisadores (Vazquez-Salinas e Lakshminarayana, 1985; Medlicott et al., 1986) também notaram que baixas temperaturas de armazenamento tendem a produzir frutos mais ácidos que em temperaturas mais elevadas.

Aumento nos teores de acidez foram observados por Gerasopoulos et al. (1996), em kiwi, e por Raese e Drake (1993) em maçãs, quando aplicaram, na pré-colheita, diferentes concentrações de CaCl_2 . Após a colheita, os frutos foram armazenados a baixas temperaturas. Observou-se que quanto maior o número de aplicações de cálcio na pré-colheita, maior era a acidez. No entanto, Singh et al. (1993) constataram diminuição nos teores de acidez quando aplicaram na pré-colheita, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e CaCl_2 em mangas 'Dashehari' que foram armazenadas a $35 \pm 3^\circ\text{C}$. Sankat et al. (1994) verificaram um aumento nos teores de acidez e diminuição no pH, quando trabalharam com mangas 'Julie' armazenadas a 6°C e 10°C , comportamento este diferente do observado neste trabalho.

4.2.3. Sólidos solúveis totais (SST), açúcares redutores, não-redutores e totais

Não houve diferença significativa entre os teores médios obtidos para sólidos solúveis totais na polpa dos frutos nos três tratamentos realizados, notando-se apenas que, quanto maior a concentração aplicada de cálcio, menor a percentagem de SST (Tabela 5).

Houve um aumento na percentagem média de SST de 6,85 para 13,37% do primeiro ao último dia de armazenamento para os três tratamentos (Figura 4).

Estes dados são similares aos previamente relatados para outras cultivares de mangas, tais como 'Lippens' e 'Smith' (Marin e Cano, 1992). No entanto são inferiores aos obtidos por Yadaw et al., (1984) para diferentes cultivares, entre elas, 'Fazali', 'Ratual', 'Safeda', 'Dashehari', 'Chausa' 'Langra', e por Ramana et al. (1984), para mangas 'Alphonso'.

Um aumento nos teores de SST também foi observado por Yuniarti e Suhardi (1992), com mangas 'Arumanis' tratadas com diferentes concentrações de CaCl_2 . Notou-se apenas diferença significativa entre o controle e o tratamento com CaCl_2 a 8,0%.

Não houve diferenças significativas entre os valores médios obtidos para os teores de açúcares redutores, não-redutores e totais da polpa dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos (Tabela 5), no entanto, ao longo do período de armazenamento houve diferença significativa entre as percentagens de açúcares redutores e totais (Figura 5).

TABELA 5. Valores médios de SST (%), de açúcares redutores (%), não-redutores e totais na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

Tratamentos	Determinações			
	SST (%)	Açúcares Redutores (%)	Açúcares não-Redutores (%)	Açúcares Totais (%)
Controle	10,68 a	3,90 a	3,64 a	7,74 a
CaCl ₂ a 2,5%	10,57 a	3,95 a	3,63 a	7,80 a
CaCl ₂ a 5,0%	10,20 a	3,85 a	3,82 a	8,87 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

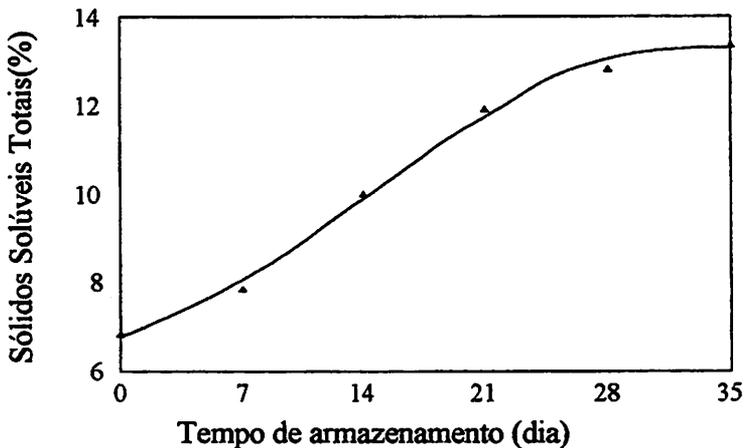


FIGURA 4. Valores médios de sólidos solúveis totais na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

$$(Y = 6,785761 + 0,119002 X + 0,011124 X^2 - 0,000263 X^3; R^2 = 0,9959)$$



Os frutos testemunha e tratados com CaCl_2 a 5,0%, apresentaram elevação nos teores de açúcares redutores somente até o 21º dia de armazenamento, ao contrário dos frutos tratados com CaCl_2 a 2,5% que apresentaram aumento até o final (Figura 5).

Durante o período de armazenamento notou-se elevação na percentagem de açúcares não-redutores (sacarose) na polpa de mangas, de 1,57% para 6,59% (Figura 6). Este aumento nos teores de sacarose também foi observado por Medlicott e Thompson (1985) e por Castrillo et al. (1992) durante o amadurecimento de mangas 'Keitt' e 'Haden', respectivamente.

Krishnamurty e Subramanyan (1973), Tandon e Kalra (1983), verificaram que a glicose e frutose predominam até a maturidade, e, com o avanço da maturação, a sacarose aumenta repentinamente, fato semelhante ao observado nos frutos avaliados neste experimento.

Houve aumento nos teores de açúcares totais ao longo do armazenamento e, apesar das diferenças entre os tratamentos terem sido significativas, eles se comportaram de maneira semelhante (Figura 7). Os frutos testemunha apresentaram a menor percentagem de açúcares totais no final do armazenamento (10,48%), enquanto os frutos do tratamento com CaCl_2 a 2,5% a maior (11,84%). Os teores de açúcares totais são semelhantes aos observados por Miller et al. (1983) para esta mesma cultivar quando os frutos foram armazenados a 12°C e por Kapse et al. (1985) para a cv. Totapuri armazenada a $10 \pm 1^\circ\text{C}$.

Percentagens superiores às obtidas para açúcares redutores e totais foram observadas por Zambrano e Manzano (1995) em mangas 'Haden' tratadas com CaCl_2 em diferentes concentrações. O CaCl_2 foi aplicado por imersão e infiltração, não havendo diferença significativa entre os teores de açúcares em função do modo de aplicação do cálcio.

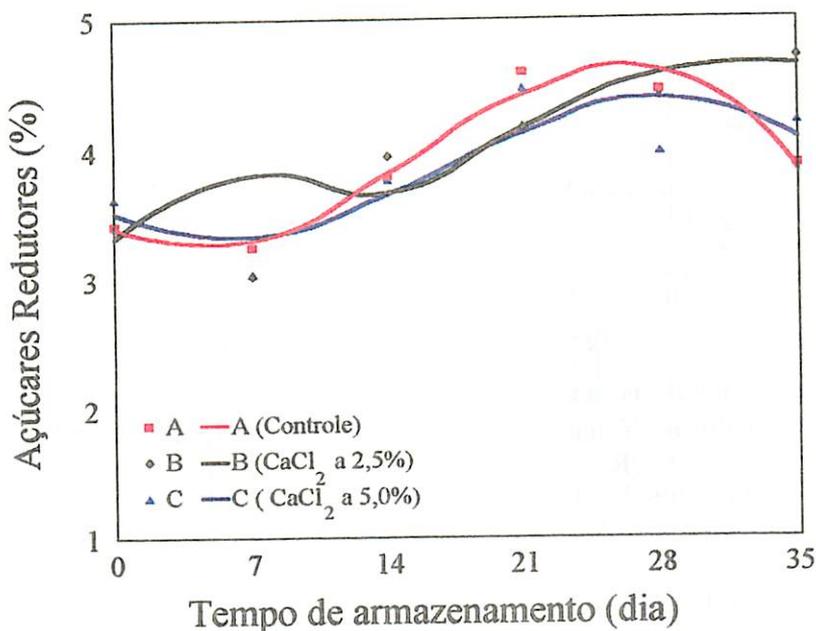


FIGURA 5. Valores médios de açúcares redutores na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.
 (A \rightarrow $Y = 3,398175 - 0,081067 X + 0,011473 X^2 - 0,000251 X^3$; $R^2 = 0,9622$)
 (B \rightarrow $Y = 3,335635 - 0,042985 X + 0,006408 X^2 - 0,000117 X^3$; $R^2 = 0,9051$)
 (C \rightarrow $Y = 3,523631 - 0,080137 X + 0,008840 X^2 - 0,000174 X^3$; $R^2 = 0,6713$)

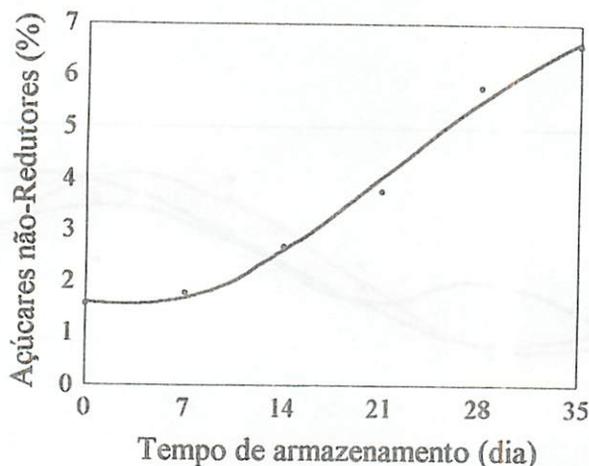


FIGURA 6. Valores médios de açúcares não-redutores na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.
 $(Y = 1,614524 - 0,068755 X + 0,012863 X^2 - 0,000193 X^3; R^2 = 0,9928)$

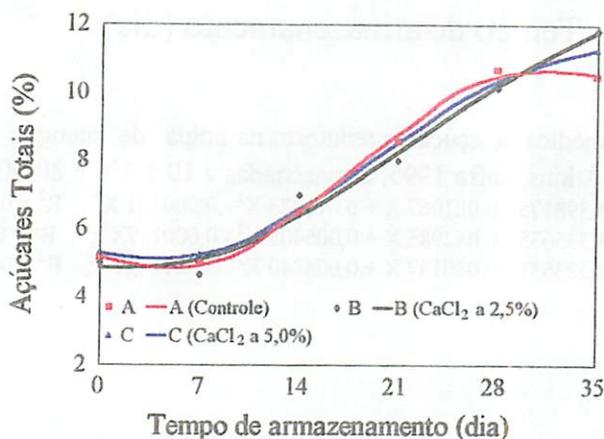


FIGURA 7. Valores médios de açúcares totais na polpa de mangas da cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.
 $(A \rightarrow Y = 5,187183 - 0,222886 X + 0,030632 X^2 - 0,000568 X^3; R^2 = 0,9974)$
 $(B \rightarrow Y = 4,870000 - 0,058529 X + 0,015129 X^2 - 0,000222 X^3; R^2 = 0,9841)$
 $(C \rightarrow Y = 5,297381 - 0,139920 X + 0,021601 X^2 - 0,000363 X^3; R^2 = 0,9998)$

4.2.4. Vitamina C

Não houve diferença significativa entre os teores médios de vitamina C na polpa dos frutos, submetidos aos diferentes tratamentos (Tabela 6). Os teores obtidos são superiores aos encontrados por Kohli et al. (1987) em frutos de diferentes cultivares de manga, 14 mg.100g⁻¹ a 57 mg.100g⁻¹, mas inferiores aos obtidos por Vazquez-Salinas e Lakshminarayana (1985) em frutos de diferentes cultivares Haden, Irwin e Kent, com 98,3 mg.100g⁻¹, 86,1 mg.100g⁻¹ e 242,8 mg.100g⁻¹, respectivamente. Porém assemelham-se a maioria dos teores relatados na literatura que podem variar de 13,2 mg.100g⁻¹ a 80,3 mg.100g⁻¹ (Lakshminarayana, 1980). O solo, o clima, o regime pluvial, o grau de maturação, a temperatura, a cultivar e a região de origem influem na composição vitamínica dos frutos (Fonseca et al. 1969) fazendo com estas variações sejam observadas.

Durante o amadurecimento há diminuição nos teores de ácido ascórbico (Thomas e Oke, 1980; Lakshminarayana, 1980). Nos frutos utilizados neste experimento ocorreu o inverso, ou seja houve aumento de 52,33 mg.100g⁻¹ para 98,98 mg.100g⁻¹ do início ao 28º dia, com diminuição no 35º dia para 92,43 mg.100g⁻¹ (Figura 8). Estes dados diferem dos obtidos por Lima (1997) que observou diminuição nestes teores com avanço da maturação. Todavia um acúmulo de ácido ascórbico em mangas armazenadas a 10°C também foi constatado por Thomas e Joshi (1988) quando trabalharam com a cultivar Alphonso e por Veloz et al. (1977) que encontraram aumento no teor de ácido ascórbico em mangas 'Kent' armazenadas a 8°C, 10°C e 13°C.

Frutos amadurecidos à temperatura ambiente (29-33°C) apresentaram altas perdas no teor desta vitamina. O declínio no teor de vitamina C pode ser explicado pelo aumento da atividade da ácido ascórbico oxidase (AAO) (Thomas e Oke, 1980).

TABELA 6. Valores médios de vitamina C ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e de compostos fenólicos (taninos- $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

Tratamentos	Determinações	
	Vitamina C ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$)	Compostos Fenólicos ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$)
Controle	77,33 a	93,10 a
CaCl_2 a 2,5 %	76,50 a	101,77 a
CaCl_2 a 5,0 %	75,98 a	65,75 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

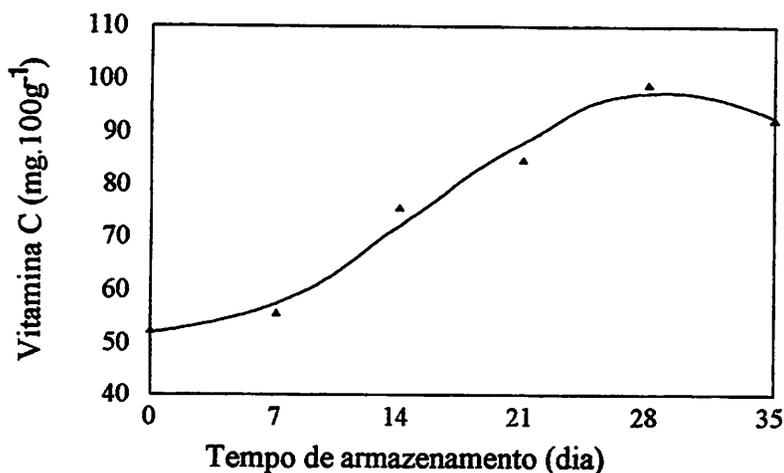


FIGURA 8. Valores médios de vitamina C de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.
 $(Y = 51,944750 - 0,217856 X + 0,170870 X^2 - 0,003753 X^3; R^2 = 0,9844)$

Islam et al. (1993) notaram aumento no teor de ácido ascórbico em mangas expostas ao sol e atribuíram o fato a alta temperatura que pode inativar a AAO, causando acúmulo de precursores de ácido ascórbico. Entretanto, tal entendimento é difícil quando os frutos são mantidos a baixa temperatura

A glicose e a 1 galactona-1,4-lactona são os principais precursores na síntese de ácido ascórbico. Acredita-se que a formação de altos níveis destes precursores, indicado pelo nível de sólidos solúveis totais, possa iniciar o acúmulo de ácido ascórbico em frutos. Uma explicação similar tem sido sugerida para a batata (Islam et al., 1993).

Além da temperatura, o cálcio pode ter exercido influência no teor de vitamina C. Singh et al. (1982) observaram aumento no teor de vitamina C em pêssegos tratados com nitrato de cálcio a 1,0% e 1,5% o que também foi observado por Poovaiah (1986, 1988) em maçãs tratadas com cálcio.

Vários trabalhos (Tingwa e Young, 1974; Lee e Dewey, 1981; Richardson e Al-Ani, 1982 b; Wills et al., 1982; Poovaiah, 1986; El-Ansary et al., 1994) confirmam que o cálcio reduz a taxa respiratória e a produção de etileno. A glicose é o principal açúcar utilizado na respiração dos frutos. Com a redução da respiração pelo cálcio, pode haver acúmulo de glicose que pode ser utilizada para a síntese do ácido ascórbico.

4.2.5. Compostos fenólicos (taninos)

Houve diferença significativa entre os valores médios de compostos fenólicos na polpa dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos (Tabela 6). Os tratamentos com CaCl_2 a 5,0% e 2,5% apresentaram o menor e o maior valor, respectivamente. Os dados obtidos são superiores aos citados por Lakshminarayana (1980), no qual os compostos fenólicos em frutos maduros variaram de 31 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ a 75 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Joshi e Roy (1985 b) encontraram

altos valores de compostos fenólicos em mangas ‘Alphonso’ quando verdes (140 mg.100g⁻¹ a 85 mg.100g⁻¹); no entanto, quando maduras, estes teores diminuíram para valores variando entre 56 mg.100g⁻¹ e 76 mg.100g⁻¹.

Comparados com resultados observados para outras cultivares de manga, os valores médios obtidos no tratamento com CaCl₂ a 2,5%, aproximam-se de dados obtidos para frutos verdes, enquanto que, a 5,0% de frutos maduros.

Com o avanço da maturação notou-se uma elevação nos teores de compostos fenólicos até o 21º dia de armazenamento, seguido de diminuição após esse período (Figura 9).

Uma elevação nos taninos também foi observado por Kalra e Tandon (1983) quando armazenaram mangas ‘Dashehari’ à temperatura ambiente, no entanto difere do observado por Selvaraj e Kumar (1989), que relataram diferenças no teor de taninos em cultivares de mangas indianas, embora todas mostrassem declínio durante o amadurecimento. Galotaninos, que são detectados na casca e na polpa de mangas verdes, apresentaram teores desprezíveis em frutos maduros.

Os compostos fenólicos são importantes na determinação da cor e “flavor” de mangas. Mangas ‘Carabao’, permanecem adstringentes até o estágio maturo, e a perda progressiva da adstringência está associada com a perda no teor de fenólicos totais. Mangas ‘Pico’ contêm mais que 0,1% de fenólicos totais, e não são adstringentes, e não apresentam decréscimo no teor de fenólicos durante amadurecimento. Os níveis de fenólicos, variam extensivamente e são dependentes da espécie e/ou cultivar, do estágio fisiológico e da localização (Lizada, 1993).

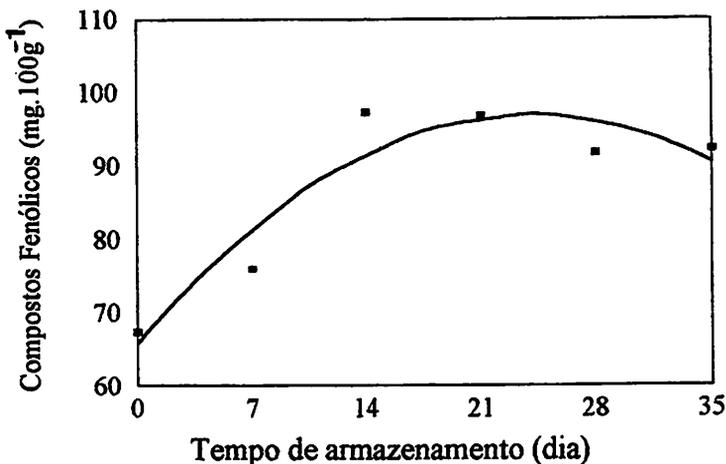


FIGURA 9. Valores médios de compostos fenólicos de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR. ($Y = 65,934195 + 2,563796 X - 0,053272 X^2$; $R^2 = 0,8862$)

Em mangas tem sido observada a predominância de compostos fenólicos hidrolizáveis, do tipo galotaninos, ácido m-digálico e mangiferina. Estes fenólicos não causam escurecimento quando ocorre perda de compartimentalização (Lakshminarayana, 1980). Os taninos condensáveis (fenólicos ácidos) responsáveis pela adstringência e escurecimento em outros tipos de frutos, também podem estar presentes em mangas (Park et al., 1980).

4.2.6. Cálcio total

Os teores de cálcio total da polpa não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, no entanto os da casca apresentaram diferença onde o tratamento com CaCl_2 a 5,0% apresentou o maior teor (Tabela 7).

Estes resultados diferem dos observados para peras em que se verifica que quanto maior a concentração de CaCl_2 aplicada, maior o teor de cálcio na polpa (Wills et al., 1982).

TABELA 7. Valores médios de cálcio da polpa e da casca de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

Tratamentos	Teor de Cálcio (mg.100g de peso seco ⁻¹)	
	Polpa	Casca
Controle	290,80 a	395,79 b
CaCl ₂ a 2,5 %	290,83 a	514,33 a
CaCl ₂ a 5,0 %	299,68 a	573,02 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

No pomar onde o experimento foi conduzido aplicou-se cálcio durante vários anos antes da montagem do experimento, fato que pode ter influenciado os valores de cálcio observados nos frutos controle, cujos teores não diferiram dos demais tratamentos.

O valor médio obtido foi duas vezes maior que o encontrado por Lima (1997), para esta mesma variedade, em frutos onde não se aplicou CaCl₂.

Os teores de cálcio em mangas são bastante variáveis e estas diferenças podem ser atribuídas não só às cultivares, como também ao local de cultivo e à diversificação das metodologias utilizadas (Gunjate et al., 1979 a). Estes autores trabalhando com mangas 'Alphonso' obtiveram teores de cálcio na casca próximos aos observados neste trabalho, mas na polpa os resultados foram inferiores.

Os teores médios de cálcio foram duas vezes maiores na casca e quatro vezes maiores na polpa de que os observados por Bissoli Jr. (1992), com frutos desta mesma cultivar, mas, produzidos na região de Mossoró, RN, e que receberam diferentes concentrações de cálcio. Já Sing et al. (1993) citam teores

de cálcio na casca ligeiramente superiores (664-753 mg.100g⁻¹) e na polpa três vezes inferiores (67-87 mg.100g⁻¹) aos observados neste trabalho.

Os dados obtidos demonstram que houve absorção do cálcio tanto pela casca como pela polpa, apesar da proteção natural oferecida pelas ceras naturais e pela epiderme do fruto..

O teor de cálcio foi duas vezes maior na casca do que na polpa. Este fato é facilmente compreensível quando se considera que as células da polpa por conterem grandes porções vacuolares, organelas de reserva e grandes porções citoplasmáticas, contém menos Ca²⁺, elemento incompatível com as funções citoplasmáticas. Na casca, os tecidos são mais de proteção com células menores e proporcionalmente mais parede celular, justificando essa diferença entre a polpa e casca (Gunjate et al., 1979 a).

Os teores médios de cálcio na polpa, se elevaram de 283,09 mg.100g⁻¹ para 322,90 mg.100g⁻¹ (Figura 10). No entanto, o teor de cálcio da casca apresentou diminuição de 617,13 mg.100g⁻¹ para 435,56 mg.100g⁻¹ ao longo do período de armazenamento(Figura 11), indicando ter havido absorção de cálcio pela polpa. Aumento nos teores de cálcio na polpa também foi observado por Seung e Chang (1993) em maçãs 'Fuji' quando trataram os frutos com CaCl₂.

Apesar do aumento no teor de cálcio na polpa, notou-se perda de firmeza nos frutos conforme o mostrado na Figura 2. O aumento na atividade das enzimas PG e β-galactosidase (Figuras 12 e 14) pode ter influenciado a perda de firmeza, uma vez que estas enzimas estão relacionadas com o amaciamento dos frutos.

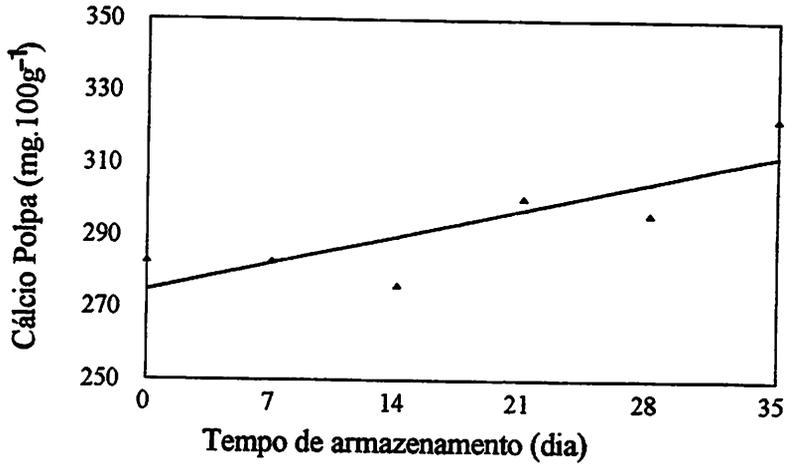


FIGURA 10. Valores médios de cálcio na polpa de manga cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR. ($Y = 274,976626 + 1,074045 X$; $R^2 = 0,6909$)

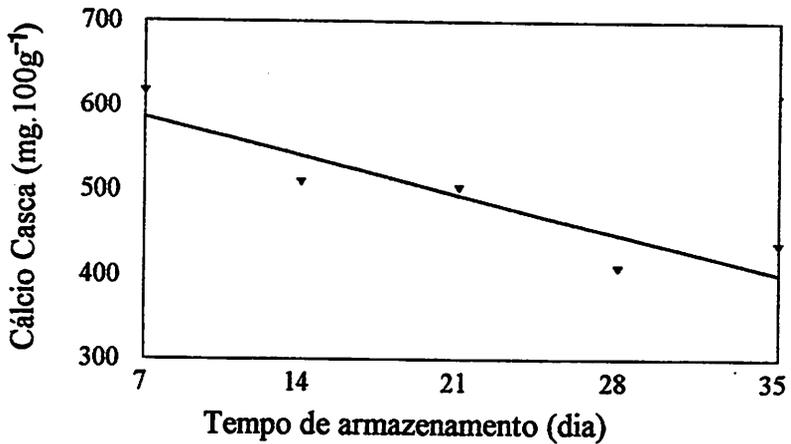


FIGURA 11. Valores médios de cálcio na casca de mangas da cultivar Tommy Atkins, safra 995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR. ($Y = 633,512440 - 6,625333 X$; $R^2 = 0,8203$)

4.3. Enzimas

A atividade da pectina metilesterase (PME) não foi detectada, em nenhum dos tratamentos nos diferentes estádios de maturação. No entanto, Roe e Bruemmer (1981) e Flores et al. (1971) observaram que a atividade da PME em mangas verdes é baixa, aumenta com a idade fisiológica e diminui no fruto maduro.

Não foi observada diferença significativa entre os valores médios da atividade da poligalacturonase (PG) nos frutos que receberam os três tratamentos (Tabela 8), embora tenha ocorrido elevação na atividade da PG ao longo do período de armazenamento (Figura 12), como previamente observado por outros pesquisadores (Roe e Bruemmer, 1981, Selvaraj e Kumar, 1989, Abu-Sarra e Abu-Goukh, 1992 e Díaz-Sobac et al., 1997), em mangas armazenadas sob diferentes condições.

TABELA 8. Valores médios para atividade das enzimas poligalacturonase (PG), polifenoloxidase (PFO) e β -galactosidase na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

Tratamentos	Determinações		
	Poligalacturonase ($\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\text{g}^{-1}$)	Polifenoloxidase ($\text{U}\cdot\text{min}^{-1}\text{g}^{-1}$)	β -galactosidase ($\text{nk}\cdot\text{mg}^{-1}$)
Controle	136,59 a	28,00 a	523,00 a
CaCl ₂ a 2,5%	130,41 a	27,81 a	460,19 ab
CaCl ₂ a 5,0%	127,97 a	24,44 b	437,90 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

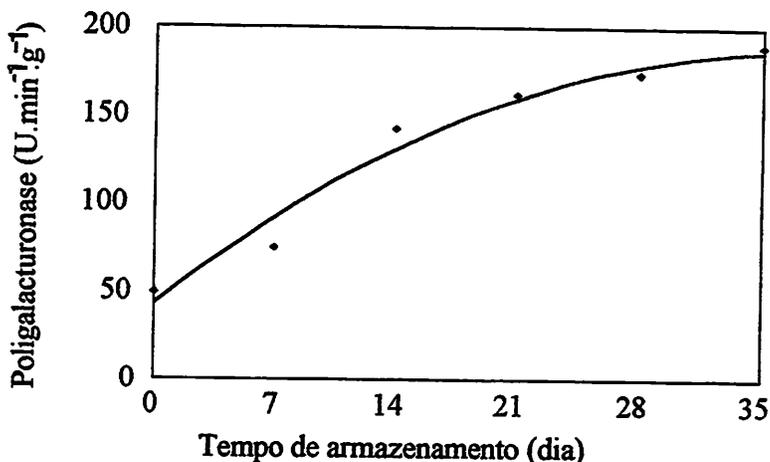


FIGURA 12. Valores médios para a atividade da enzima poligalacturonase da polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.
 $(Y = 43,115059 + 7,659511 X + 0,101301 X^2; R^2 = 0,9688)$

A poligalacturonase e a celulase são provavelmente as enzimas degradativas responsáveis pelo amaciamento de mangas durante o amadurecimento (Roe e Bruemmer, 1981). De acordo com estes autores o aumento da atividade da PG tem alta correlação com a perda de firmeza que ocorre nestes frutos durante o amadurecimento. O aumento observado contribuiu para que houvesse uma diminuição da firmeza dos frutos.

Suwwan e Poovaiah (1978) verificaram que o cálcio influencia no amaciamento e na atividade de PG, em tomates. No mutante *rin* ocorre aumento de cálcio ligado e falta de atividade da PG durante o amadurecimento, podendo contribuir para o aumento da rigidez da parede celular quando comparada ao tomate 'Rutgers'.

Houve diferença significativa entre os valores médios obtidos para a atividade da polifenoxidase (PFO) (Tabela 8). O tratamento com CaCl_2 a 5,0% apresentou os menores valores de atividade enzimática que diferiu dos demais.

Houve diminuição nos valores médios obtidos para a atividade da PFO durante o armazenamento dos frutos submetidos aos três tratamentos, marcadamente após o 21º dia de armazenamento (Figura 13). Estes dados assemelham-se aos obtidos por Selvaraj e Kumar (1989) em mangas ‘Alphonso’, ‘Dasher’, ‘Suvarnarekha’ e ‘Totapuri’ durante armazenamento (8 dias) a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). No entanto, difere do observado por Prabha e Patwardhan (1986) que não detectaram atividade de PFO na polpa de manga ‘Badami’ em nenhum estágio de maturação, e na casca esta atividade aumentou.

Hopfinger et al. (1984) também notaram diminuição da atividade de PFO durante o armazenamento, quando trataram maçãs ‘Golden Delicious’ com CaCl_2 e compararam com os frutos controle e tratados com MgCl_2 . O cálcio também reduziu os sintomas de “Bitter pit”.

Houve diferença significativa entre os valores médios obtidos para atividade de β -galactosidase nos diferentes tratamentos. Quanto maior a concentração de cálcio aplicada, menor a atividade observada (Tabela 8).

A atividade de β -galactosidase, no entanto, aumentou à medida que o fruto tornava-se mais maduro (Figura 14). Este aumento coincide com o observado por Ali et al. (1995) em mangas ‘Harumanis’, por Barret e Gonzales (1994) em cerejas; por Andrews e Li (1994) e Watkins et al. (1988) em tomates e por Lazan e Ali (1993) em mamão.

Entre as glicosidases, a β -galactosidase é a predominante na polpa de mangas, em que a β -galactosidase III aumenta durante o amadurecimento. Esta enzima qual esta intimamente relacionada com o decréscimo na firmeza dos frutos.

Em manga, a perda de galactosil, arabinosil e ramnosil durante o amadurecimento é atribuída à hidrólise de galactanas e arabinogalactanas pela β -galactosidase, com atividade de galactanase (Ali et al., 1995).

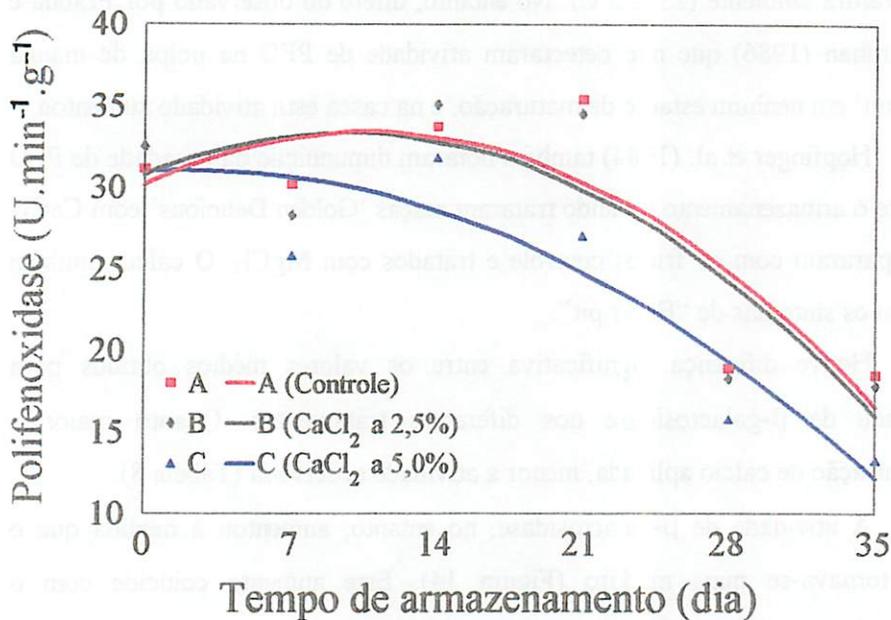


FIGURA 13. Valores médios de atividade da enzima polifenoloxidase na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

$$(A \rightarrow Y = 30,190981 + 0,598667 X - 0,028195 X^2; R^2 = 0,7317)$$

$$(B \rightarrow Y = 30,818661 + 0,518292 X - 0,026885 X^2; R^2 = 0,7017)$$

$$(C \rightarrow Y = 31,034821 + 0,065752 X - 0,017235 X^2; R^2 = 0,8312)$$

Retardando-se o amaciamento, seja por atmosfera modificada ou controlada, por baixa temperatura ou por aplicação de cálcio, retarda-se o aumento na atividade da PG e da β -galactosidase. Este fato pode ser verificado através dos dados apresentados na Tabela 8, onde nota-se que o cálcio influenciou a atividade da β -galactosidase, que apresentou menor atividade em relação à maior concentração de cálcio aplicada.

Siddiqui e Bangerth (1995) também observaram diminuição na atividade da β -galactosidase em maçãs 'Golden Delicious' tratadas com CaCl_2 e armazenadas. O decréscimo na atividade da enzima pelo cálcio pode ser devido à redução da secreção da enzima para a parede, influenciando ou regulando a síntese protéica.

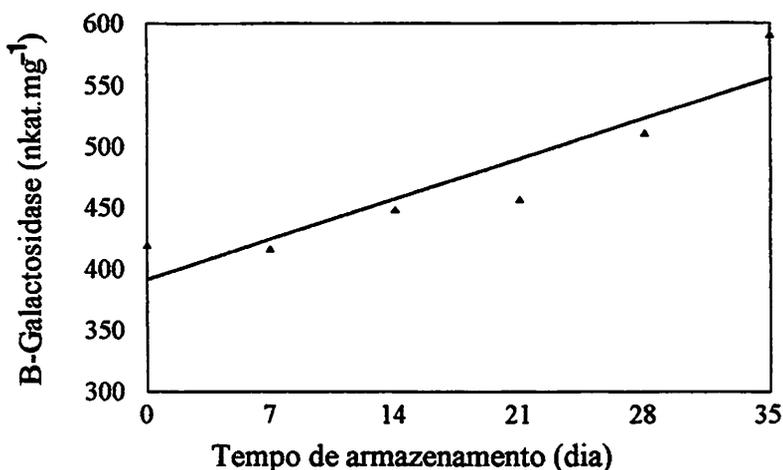


FIGURA 14. Valores médios de atividade da enzima β -galactosidase na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

$$(Y = 391,621160 + 4,690113 X; \quad R^2 = 0,8468)$$

4.4. Compostos de parede celular

4.4.1. Cálcio ligado à parede celular

Não houve variação entre os tratamentos e, ao longo do período de armazenamento, verificou-se pequena elevação nos valores obtidos (Tabela 10). Este comportamento difere do observado por Lima (1997), que constatou queda dos teores de cálcio ligado ao longo do armazenamento e, o maior valor encontrado ($210 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) é inferior aos valores observados neste experimento.

Filgueiras (1996) observou que os teores de cálcio ligado às paredes celulares em tomates mantiveram-se relativamente constantes durante o amadurecimento, a exceção da linhagem TOM-559, que foi o único genótipo que apresentou aumento na quantidade de cálcio ligado no final do amadurecimento.

Abbott et al. (1989) observaram que quanto maior a concentração de CaCl_2 aplicado em maçãs, maior a concentração de cálcio ligado às paredes celulares, diferindo dos resultados obtidos neste trabalho.

TABELA 9. Valores médios de cálcio ligado à parede celular ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR

Tratamentos	Tempo de Armazenamento (Dia)					
	0	7	14	21	28	35
Controle	$280 \pm \text{zero}$	$300 \pm 2,82$	$280 \pm \text{zero}$	$280 \pm 2,82$	$300 \pm 6,36$	$330 \pm 2,82$
CaCl_2 a 2,5%	$240 \pm 3,53$	$250 \pm 3,53$	$280 \pm 1,41$	$280 \pm 4,24$	$300 \pm 3,53$	$330 \pm 0,70$
CaCl_2 a 5,0%	$300 \pm 1,07$	$240 \pm 1,41$	$280 \pm \text{zero}$	$250 \pm 2,07$	$300 \pm 1,41$	$330 \pm 2,12$

Conway et al. (1995) também notaram aumento significativo no teor cálcio total e ligado, quando aplicaram CaCl_2 a 2,0%, em maçãs. No entanto, quando aplicaram CaCl_2 a 4,0% notaram aumento muito maior no cálcio total do que no ligado. Este fato indica que quase todos os sítios com ligação para o cálcio saturaram-se a 2,0%, restando poucos pontos de ligação para a adição de cálcio.

Isto pode ter ocorrido com os frutos utilizados nesse experimento pois não houve diferença entre os tratamentos, mesmo aumentando a concentração de cálcio aplicada.

4.4.2. Açúcares totais não-celulósicos

Observando-se a Tabela 10, nota-se que os teores de açúcares totais aumentaram com o avanço da maturação em todos os tratamentos. Este aumento foi, mais acentuado no tratamento com CaCl_2 a 5,0%.

TABELA 10. Valores de açúcares totais não-celulósicos(%) na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

Trat.	Tempo de Armazenamento (Dia)					
	0	7	14	21	28	35
Cont.	$3,14 \pm 0,24$	$3,47 \pm 0,38$	$5,53 \pm 0,49$	$5,89 \pm 0,22$	$5,45 \pm 0,26$	$6,70 \pm 0,86$
CaCl_2 a 2,5%	$3,61 \pm 0,09$	$3,28 \pm 0,28$	$5,49 \pm 0,51$	$4,94 \pm 0,38$	$7,30 \pm 1,08$	$8,13 \pm 0,19$
CaCl_2 a 5,0%	$3,68 \pm 0,39$	$3,36 \pm 0,04$	$3,86 \pm 0,09$	$3,89 \pm 0,37$	$5,24 \pm 0,07$	$11,56 \pm 0,28$

Estes resultados diferem dos obtidos por Mitcham e McDonald (1992) que detectaram diminuição nos teores de açúcares totais, quando trabalharam com mangas 'Keitt' e Tommy Atkins'. No entanto, os valores obtidos por estes pesquisadores são superiores aos encontrados neste trabalho, e a cultivar Keitt apresenta teores de açúcares totais superiores aos da Tommy Atkins.

Conway et al. (1995) citam que altas concentrações de cálcio estimulam a deposição de parede celular, resultando na deposição de polissacarídeos não-celulósicos e lignina, enquanto a deposição de celulose é totalmente inibida. Os altos teores de cálcio obtidos podem ter influenciado no aumento dos açúcares totais não-celulósicos

4.4.3. Açúcares neutros não-celulósicos de parede celular

Os açúcares neutros predominantes, no início do amadurecimento foram a xilose, a manose e a galactose (Tabela 11). Estes resultados diferem dos observados por Mitcham e McDonald (1992) que encontraram arabinose, galactose e xilose e por Brinson et al. (1988) que encontraram galactose, glicose e arabinose como os açúcares neutros mais abundantes. Os altos níveis de glicose encontrado por estes pesquisadores podem ser devidos a contaminação por amido, já que nenhum tratamento foi feito para removê-lo. Neste trabalho, preocupou-se em remover todo o amido utilizando-se para isto o dimetil sulfóxido (DMSO) e a amiloglicosidase durante o processo de extração, fazendo com que os dados obtidos para este açúcar fossem mais reais.

A xilose e a galactose diminuíram durante o armazenamento, e a manose apresentou pequena variação. Este resultado difere do observado por Mitcham e McDonald (1992) e por Lima (1997) em mangas 'Tommy Atkins'. em que notou-se aumento nos teores de xilose durante o armazenamento.

TABELA 11. Valores médios obtidos para o teor de açúcares neutros não celulósicos na parede celular da polpa de mangas da cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

Tempo de Armazenamento (dias)	Trat.	Açúcares (%)						
		Ramnose	Fucose	Arabinose	Xilose	Manose	Galactose	Glicose
0	T ₁	1,02 ± 0,085	1,39 ± 0,134	1,23 ± 0,071	7,42 ± 0,254	2,43 ± 0,177	7,05 ± 0,318	0,91 ± 0,007
	T ₂	1,08 ± 0,056	1,69 ± 0,064	1,38 ± 0,219	9,62 ± 0,056	2,78 ± 0,141	6,07 ± 0,650	0,83 ± 0,290
	T ₃	1,18 ± 0,011	1,10 ± 0,092	1,85 ± 0,064	3,94 ± 0,120	2,25 ± 0,071	7,58 ± 0,559	0,83 ± 0,269
7	T ₁	0,77 ± 0,035	1,00 ± 0,064	1,76 ± 0,014	8,25 ± zero	2,83 ± 0,219	3,52 ± 0,163	0,55 ± 0,007
	T ₂	0,87 ± 0,778	1,52 ± 0,049	0,46 ± 0,092	4,15 ± 0,170	2,94 ± 0,834	1,87 ± 0,127	0,23 ± 0,007
	T ₃	0,39 ± zero	0,81 ± 0,021	0,48 ± 0,078	3,47 ± 0,205	6,21 ± 0,601	1,27 ± 0,049	0,40 ± 0,014
14	T ₁	0,54 ± 0,014	0,62 ± 0,014	0,66 ± 0,056	3,84 ± 0,127	1,06 ± 0,071	2,28 ± 0,064	0,21 ± 0,014
	T ₂	0,39 ± 0,007	0,81 ± 0,021	0,48 ± 0,078	3,47 ± 0,205	7,38 ± 0,297	1,27 ± 0,049	0,62 ± 0,049
	T ₃	0,22 ± 0,021	0,44 ± 0,035	0,41 ± 0,021	3,35 ± 0,162	3,15 ± 0,007	1,64 ± 0,113	0,15 ± 0,007
21	T ₁	0,27 ± zero	0,54 ± zero	1,52 ± 0,007	6,15 ± 0,106	2,60 ± 0,283	2,47 ± 0,064	0,35 ± 0,042
	T ₂	0,33 ± 0,099	0,38 ± 0,106	0,97 ± 0,396	5,37 ± 0,685	3,89 ± 0,962	1,04 ± 0,028	0,22 ± 0,078
	T ₃	0,32 ± 0,042	0,29 ± 0,007	0,82 ± 0,049	7,37 ± 0,467	3,25 ± 0,007	1,72 ± 0,042	0,19 ± zero
28	T ₁	0,28 ± 0,007	0,48 ± 0,028	0,60 ± 0,056	2,96 ± 0,099	2,83 ± 0,276	0,82 ± 0,141	0,79 ± 0,049
	T ₂	0,52 ± 0,035	0,64 ± 0,290	0,32 ± 0,035	12,4 ± 0,035	2,29 ± 0,262	0,91 ± 0,177	0,43 ± 0,028
	T ₃	0,99 ± 0,035	0,44 ± 0,007	0,51 ± 0,064	2,20 ± 0,056	7,97 ± 0,191	0,82 ± 0,113	0,31 ± zero
35	T ₁	0,17 ± 0,014	0,34 ± 0,191	0,37 ± 0,042	1,49 ± 0,042	2,61 ± 0,544	0,44 ± 0,042	0,42 ± 0,014
	T ₂	0,43 ± 0,007	0,45 ± 0,035	0,57 ± 0,007	5,48 ± 0,785	2,62 ± 0,177	0,46 ± 0,042	0,31 ± 0,035
	T ₃	0,33 ± 0,028	0,71 ± 0,049	0,44 ± 0,021	3,86 ± 0,113	3,43 ± 0,509	0,65 ± 0,445	0,61 ± 0,021

T₁: Controle

T₂ : CaCl₂- 2,5%

T₃: CaCl₂- 5,0%

Os teores de rarnnose, fucose, arabinose, galactose e glicose diminuíram durante o período de armazenamento. Lima (1997) também observou comportamento semelhante a este, quando trabalhou com mangas desta mesma cultivar.

Em manga, a perda de galactosil, arabinosil e ramnosil que ocorre durante o amadurecimento, é atribuída à hidrólise de galactanas e arabinogalactanas pela β -galactosidase, tendo atividade de galactanase (Ali et al., 1995).

A maior atividade de β -galactosidase foi observada nos frutos testemunha (Tabela 8), coincidindo com os menores teores observados para os açúcares galactose, arabinose e rarnnose (Tabela 11).

Os resultados obtidos com os diferentes tratamentos apresentaram pequenas variações entre si. O tratamento que utilizou CaCl_2 a 2,5 % apresentou teores mais elevados de rarnnose, arabinose e xilose, sendo que o tratamento com CaCl_2 a 5,0 %, os maiores teores de fucose, manose, galactose e glicose no final do período de armazenamento.

Os principais componentes dos polissacarídeos pécticos são a rarnnose, a arabinose e a galactose, sendo a xilose, a glicose e a manose os principais componentes da fração hemicelulósica. Observou-se que ambas as frações diminuíram durante o amadurecimento. Este resultado assemelha-se ao observado por Mitcham e McDonald (1992), que detectaram diminuição na fração hemicelulósica, e a celulósica aumentou em mangas 'Tommy Atkins' e 'Keitt'.

Ollé et al. (1996) analisaram os polissacarídeos solúveis de quatro cultivares de mangas, e verificaram tratar-se essencialmente de pectinas por causa do alto teor de ácidos urônicos, cujos açúcares predominantes foram arabinose e galactose, resultado diferente do obtido neste trabalho, onde predominou xilose, manose e galactose.

4.4.4. Celulose

Houve diminuição no teor de celulose com o avanço do amadurecimento, independente do tratamento efetuado (Tabela 12). A degradação de compostos celulósicos envolve a ação hidrolítica de várias enzimas que catalisam a quebra das ligações glicosídicas β (1 \rightarrow 4) entre os resíduos de D-glicose da molécula de celulose ou de seus derivados solúveis. Isto requer um complexo celulolítico envolvendo as enzimas celulase, endoglucanase, exoglucosidase e β -glucosidase (Silva et al., 1997). Babbit et al. (1973) propuseram que talvez o amaciamento se inicie pela ação das celulases no entrelaçamento das microfibrilas, possibilitando que outras enzimas, inclusive a PG, tenham acesso a seus substratos. Em mangas, a atividade da celulase tem sido reportada em várias cultivares indianas (Selvaraj e Kumar, 1989), em cultivares originárias da Flórida (Mitcham e McDonald, 1992), e também em cultivares brasileiras (Lima, 1997).

Os menores e maiores teores para celulose foram observados no tratamento com CaCl_2 a 5.0% e testemunha, respectivamente. Ambos teores são inferiores aos encontrados por Ollé et al. (1996) para diferentes cultivares de manga.

Tobias et al. (1993) verificaram que maçãs com baixos teores de cálcio apresentavam um decréscimo no teor de polissacarídeos não-celulósicos e aumento no de celulose, no entanto, em frutos com altos teores de cálcio as mudanças na composição da parede celular eram geralmente menores. O cálcio mantém a estrutura da parede celular pelo atraso e/ou modificação nas mudanças químicas da parede celular.

TABELA 12. Valores obtidos para os teores de celulose (% de matéria seca de PC) de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

Trat.	Tempo de Armazenamento (Dia)					
	0	7	14	21	28	35
Cont.	$30,71 \pm 1,67$	$23,55 \pm 1,44$	$21,79 \pm 0,37$	$21,00 \pm 1,28$	$19,69 \pm 0,18$	$16,32 \pm 0,65$
CaCl ₂ a 2,5%	$27,40 \pm 2,62$	$26,10 \pm 0,24$	$24,60 \pm 2,49$	$17,22 \pm 1,93$	$13,38 \pm 0,69$	$11,50 \pm 0,87$
CaCl ₂ a 5,0%	$23,02 \pm 2,90$	$22,87 \pm 0,46$	$21,67 \pm 1,56$	$18,46 \pm 1,60$	$15,25 \pm 2,62$	$11,86 \pm 0,73$

4.4.5. Uronídeos totais

Os valores obtidos para ácidos urônicos apresentaram pequenas variações, salientando-se valores mais altos no final do armazenamento para o tratamento com CaCl₂ a 2,5%. Os demais tratamentos não diferiram entre si (Tabela 13).

Os resultados obtidos assemelham-se aos obtidos por Ollé et al. (1996), para as cultivares Amélie, Palmer, M'Bingue e Tête de Chat com valores correspondentes a 17,0%; 13,0%; 24,0% e 13,4%, respectivamente. No entanto, diferem dos observados por Mitchan e McDonald (1992) e Lima (1997), ou seja, diminuição do teor de uronídeos totais à medida que o fruto amadurece.

Os frutos apresentam tendência de despolimerização dos poliuronídeos quando amadurecem. O processo de amolecimento de mangas durante a maturação pode estar relacionado com a atividade de enzimas hidrolíticas da

TABELA 14. Valores de urônídeos totais (%) na polpa de mangas cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

Trat.	Tempo de Armazenamento (Dia)					
	0	7	14	21	28	35
Cont.	12,87 \pm 0,17	12,04 \pm 0,65	13,77 \pm 1,05	12,45 \pm 0,59	13,28 \pm 0,27	13,91 \pm 0,63
CaCl ₂ a 2,5%	12,25 \pm 1,37	11,21 \pm 0,71	12,25 \pm 1,06	13,91 \pm 1,31	13,62 \pm 0,46	14,74 \pm 0,18
CaCl ₂ a 5,0%	12,87 \pm 0,15	13,49 \pm 0,58	13,28 \pm 0,62	11,21 \pm 0,25	13,28 \pm 0,08	13,15 \pm 1,03

poligalacturonase e da pectinametilesterase que ocorre na maioria dos frutos Mitchan e Mc Donald (1992). A atividade destas enzimas nos frutos avaliados neste experimento tiveram pequena variação, a enzima pectinametilesterase não apresentou atividade pelo método utilizado neste trabalho. Esta baixa atividade destas enzimas pode ter influenciado a pequena variação observada nos uronídeos.

4.4.6. Grau de esterificação

Não houve diferença entre os valores obtidos para o grau de esterificação, entre os tratamentos, ou durante o período de armazenamento (Tabela 14).

Os valores obtidos são muito inferiores aos encontrados por El-Zoghbi (1994) e Nwanekezi et al., (1994) para diferentes cultivares de manga.

Saeed et al. (1975) observaram que o grau de esterificação de mangas 'Alphonso' era baixo (58%), e os de 'Kitchener' e 'Abu Samaka' era mais elevado (70 e 75%, respectivamente). Estes valores são superiores aos observados

para as substâncias pécnicas da polpa dos frutos da cultivar pesquisada neste experimento. Grau de esterificação alto, pode dificultar a ligação dos íons cálcio, de acordo com o modelo “egg box”, pois tornam a parede celular mais instável durante o amadurecimento.

Nas substâncias pécnicas com grau de esterificação superior a 40%, o cálcio intramolecular ligado eletrostaticamente apresenta distribuição aleatória, com grau de esterificação inferior a 40%, a ligação eletrostática muda para uma forma mais forte de ligação quelante (Markovie e Kohn, 1984).

O papel do grau de esterificação durante o amadurecimento de frutos e hortaliças tem sido freqüentemente questionado, pois ainda não está claro se o aumento ou diminuição pode explicar o amolecimento e/ou a solubilização de pectinas.

TABELA 14. Valores obtidos para o grau de esterificação (%) das pectinas da polpa de mangas da cultivar Tommy Atkins, safra 1995, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

Trat.	Tempo de Armazenamento (Dia)					
	0	7	14	21	28	35
Cont.	27,41 \pm 0,89	25,08 \pm 0,33	27,45 \pm 0,32	26,80 \pm 0,07	28,28 \pm 0,09	23,86 \pm 0,93
CaCl ₂ a 2,5%	22,04 \pm 0,94	34,52 \pm 0,83	32,02 \pm 0,76	23,94 \pm 0,04	25,35 \pm 0,46	21,17 \pm 0,57
CaCl ₂ a 5,0%	18,95 \pm 0,27	20,00 \pm 0,22	23,42 \pm 0,21	31,50 \pm 1,44	26,34 \pm 0,01	20,69 \pm 0,96

Quando os frutos amadurecem, a atividade da PME aumenta resultando no aparecimento de grupos carboxílicos carregados. O grau de esterificação diminui e a densidade das cadeias de pectina aumentam e, a afinidade pelas ligações com cálcio aumentam (Burns e Pressey, 1987; Roy et al., 1994).

Neste trabalho não foi observada atividade de PME, no entanto, o teor de cálcio ligado foi alto, o que pode ter influenciado no baixo grau de esterificação encontrado.

4.5. 'Internal breakdown' (IB)

Um fruto controle recebeu nota 5 e um do tratamento com CaCl_2 a 2,5% recebeu nota 4. Estes frutos foram substituídos por outros sadios, que haviam sido embalados e armazenados nas mesmas condições, pois utilizaram-se somente frutos sadios para a realização de todas as análises. Notou-se também problemas de abertura e escurecimento do caroço, apenas em alguns frutos, mas a polpa estava sem nenhum sintoma aparente da injúria. Os frutos afetados representaram 2,78% do total, índice considerado baixo quando comparado a outros pomares onde o cálcio não é utilizado.

Para efeito de comparação colheu-se frutos (24) na mesma fazenda utilizada no experimento, só que em outro pomar onde não se utilizava cloreto de cálcio. Verificou-se que no dia da colheita todos os 4 frutos avaliados receberam nota 1 o que corresponde, na tabela, a ausência de IB. Após sete dias de armazenamento os sintomas já começaram a manifestar-se recebendo nota 2 (ligeiramente). No 28º dia de armazenamento a incidência da injúria tornou-se de severa a extrema, onde todos os frutos apresentavam a injúria. Através destes dados é possível verificar a influência do cálcio em reduzir a baixíssimos níveis a incidência de IB.

Outro dado observado foi que após o 21 dias de armazenamento à $10 \pm 1^\circ\text{C}$, os frutos do grupo controle apresentavam-se com pior aparência e com antracnose, ao contrário dos frutos dos demais tratamentos que apresentavam-se firmes e sem antracnose. Aos 35 dias os frutos tratados estavam firmes e não apresentavam característica de super amadurecimento, e os frutos do grupo controle estavam mais macios com antracnose e a podridão peduncular estava bastante avançada.

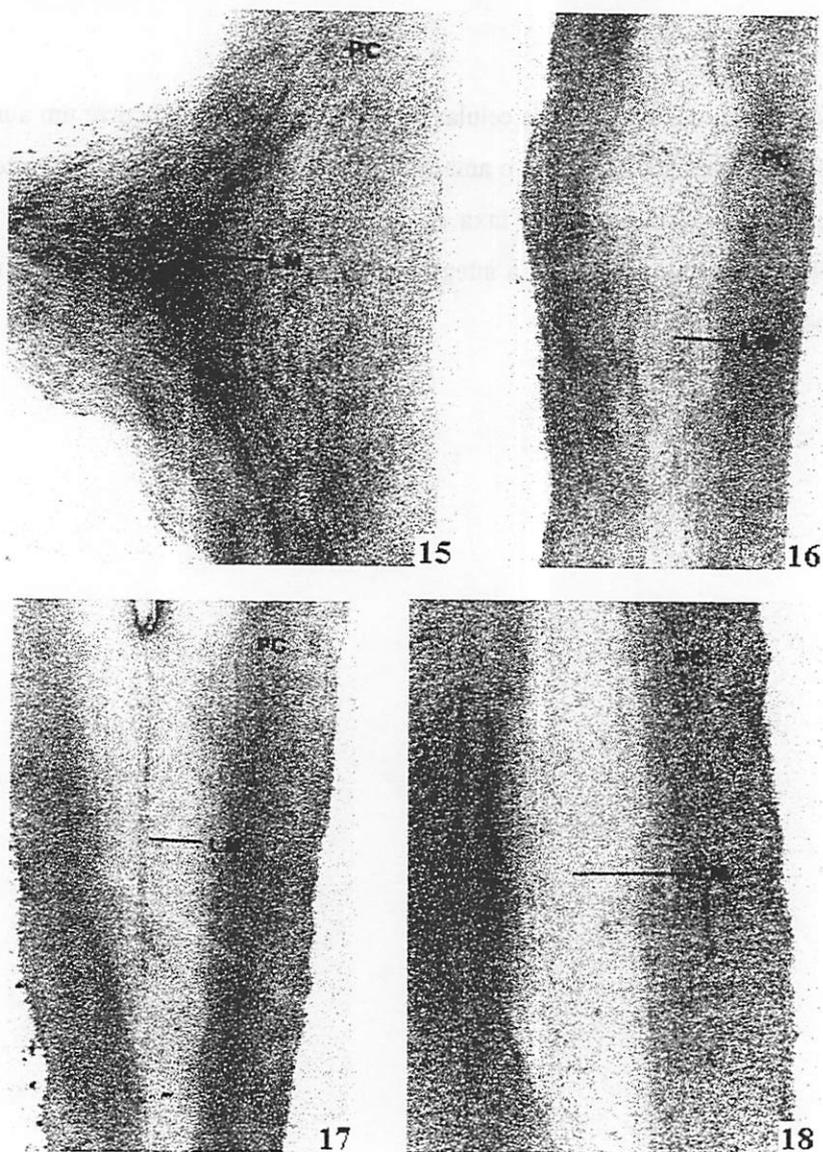
4.6. Microscopia eletrônica de transmissão (TEM)

A parede celular (PC) dos frutos controle (sem aplicação de cálcio), no dia da colheita (Figuras 15, 16, 17 e 18), mostra que a maioria apresenta desestruturação da parede celular e dissolução da lamela média (LM). A degradação da parede celular ocorre inicialmente na lamela média, levando à formação de espaços vazios bastante visíveis. Apenas na Figura 15, nota-se a lamela média íntegra, representada por uma densa região escura. A lamela média foi mantida somente na região da junção entre as células, onde o material celular é mais denso.

Quando os frutos foram tratados com cloreto de cálcio, nas duas concentrações utilizadas (2,5 e 5,0%), nota-se através das Figuras de 19 a 24 que o cálcio foi efetivo na preservação da parede celular, em particular a região da lamela média, rica em poliuronídeos. Quando se utilizou a concentração de 5,0%, verificou-se que as células estavam unidas e a parede celular intacta (Figura 24). A lamela média dos frutos tratados com cálcio permaneceu escura indicando presença de material intercelular.

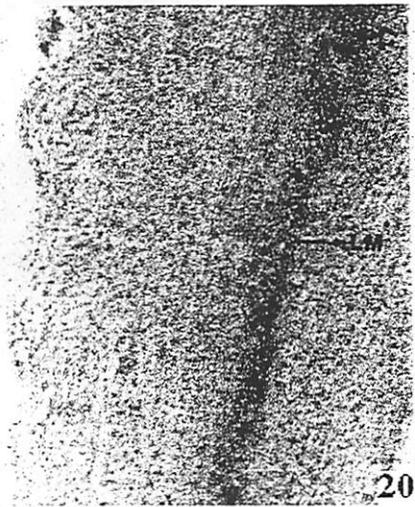
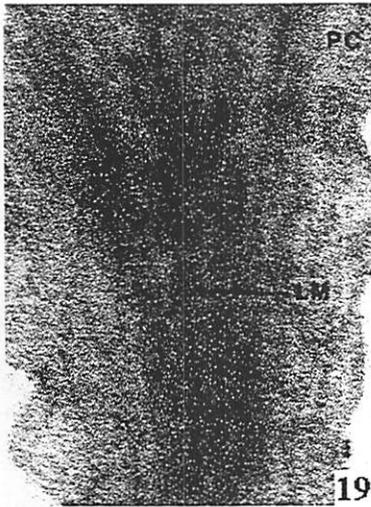
Resultados semelhantes foram observados por Glenn et al. (1988) em maçãs 'Golden Delicious'. O cálcio foi efetivo mantendo a estrutura da parede celular particularmente a lamela média. O cálcio parece servir como um agente de ligação intermolecular, estabilizando o complexo pectina-proteína da lamela

média. Estudos com parede celular de maçãs indicam que ocorre um aumento nos poliuonídeos solúveis com o amaciamento da polpa. O cálcio inibe este processo de solubilização e reduz a taxa de amaciamento do tecido (Glenn e Poovaiah, 1990). O cálcio preservou a integridade estrutural da parede celular e manteve a coesividade das células.

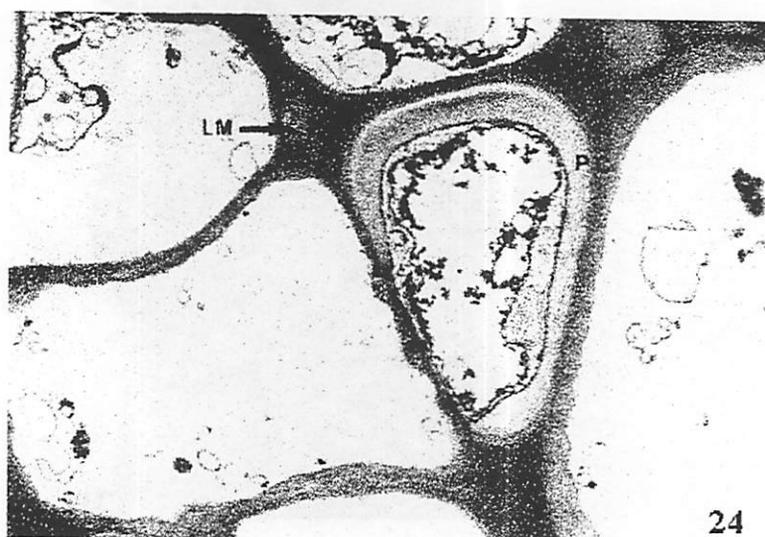
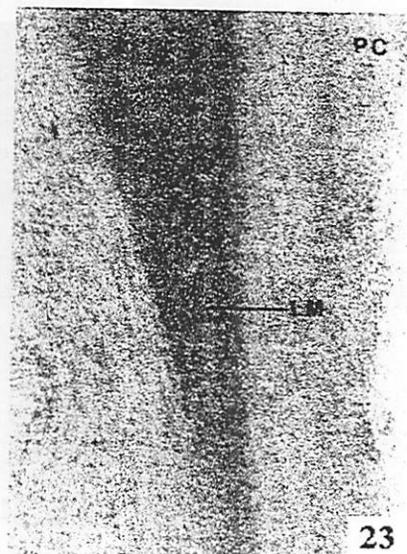
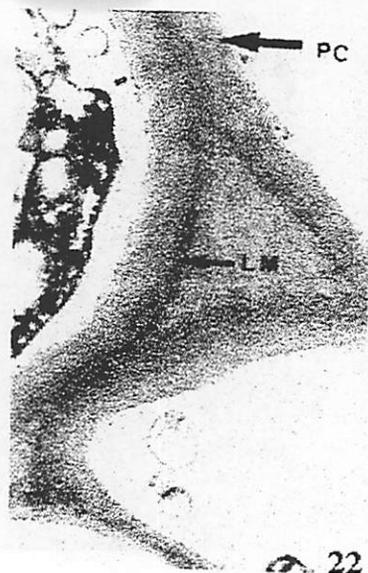


FIGURAS 15 a 18. Microscopia eletrônica de transmissão da parede celular (PC dos frutos controle (não tratados com cálcio) no dia em que foram colhidos.

(Fig. 15. ampliação -36000 vezes) (Fig. 16. ampliação -27500 vezes)
(Fig. 17. ampliação -21000 vezes) (Fig. 18. ampliação -36000 vezes)



FIGURAS 19 a 21. Microscopia eletrônica de transmissão da parede celular dos frutos tratados com CaCl_2 a 2,5%, no dia da colheita.
(Fig. 19. ampliação -27500 vezes) (Fig. 20. ampliação -50000 vezes)
(Fig. 21. ampliação -36000 vezes).



FIGURAS 22 a 24. Microscopia eletrônica de transmissão da parede celular dos frutos tratados com CaCl_2 a 5,0%, no dia da colheita.

(Fig. 22. ampliação -21000 vezes) (Fig. 23. ampliação -50000 vezes)

(Fig. 24. ampliação -10000 vezes)

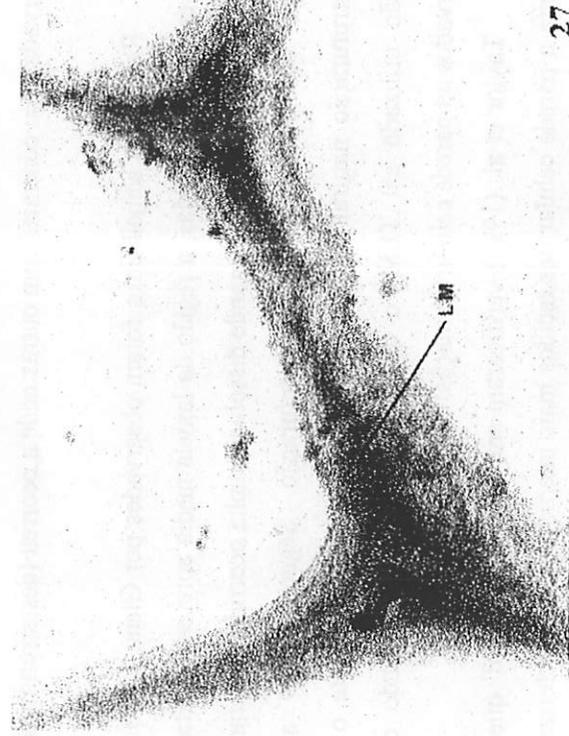
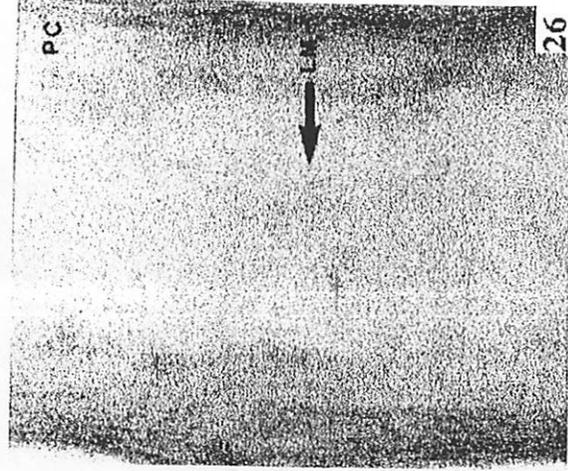
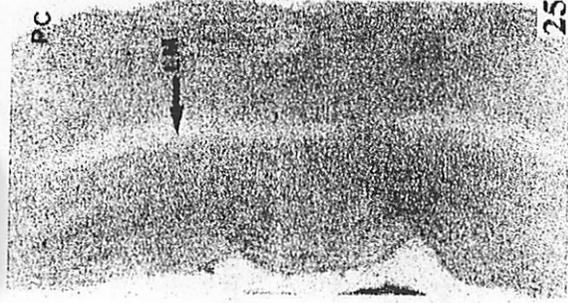
As figuras de 25 a 32 foram feitas da parede celular dos frutos após 35 dias de armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.

Os frutos controle apresentaram uma dissolução ainda maior da parede celular (Figuras 25 e 26) verificando-se contudo, que em alguns pontos a lamela média (Figura 27), foi preservada, mas as fibras entretanto, perderam a orientação.

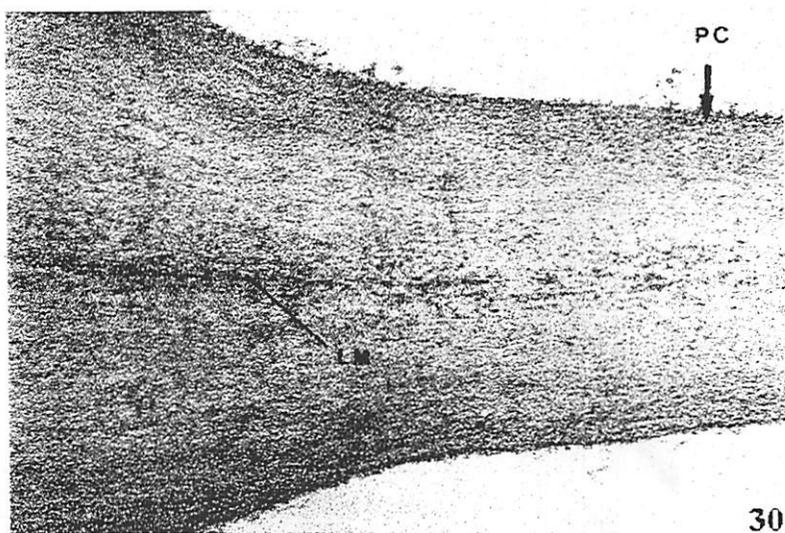
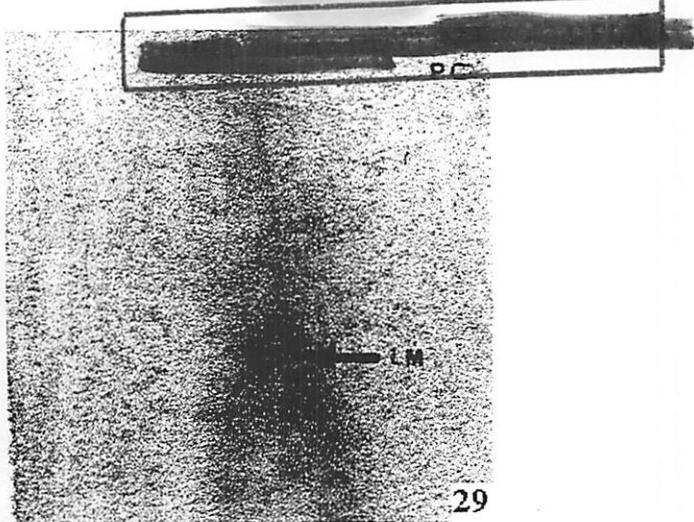
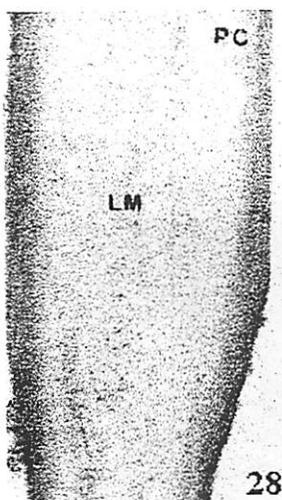
A parede celular dos frutos tratados com cloreto de cálcio (2,5 e 5,0%), mesmo após 35 dias de armazenamento, apresentavam regiões totalmente preservadas, em contraste com outras onde a ocorreu (desestruturação Figuras 28 a 32).

Resultados semelhantes foram observados por Glenn e Poovaiah (1990), onde em algumas células, a região da lamela média apresentava grandes espaços vazios, sugerindo que uma grande dissolução tinha ocorrido, entretanto em outras regiões observou-se menor desestruturação. Segundo estes autores, uma desestruturação natural da lamela média pode ocorrer durante o processo de fixação utilizado em TEM, o que poderia estar modificando os resultados observados na parede celular de maçãs.

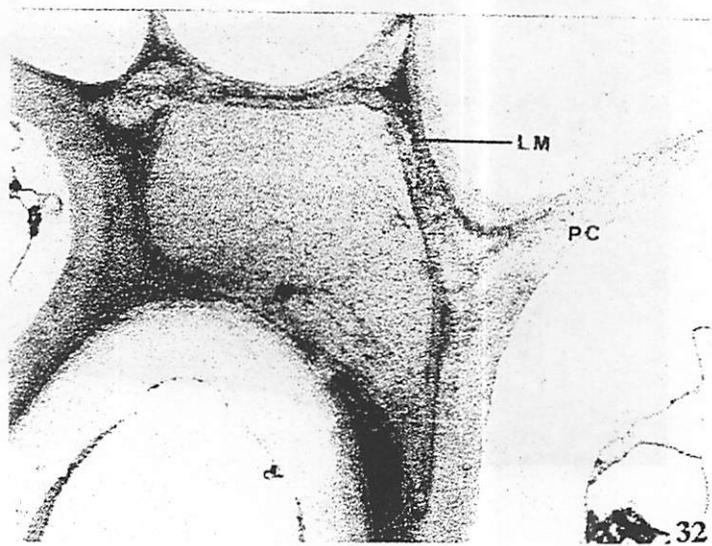
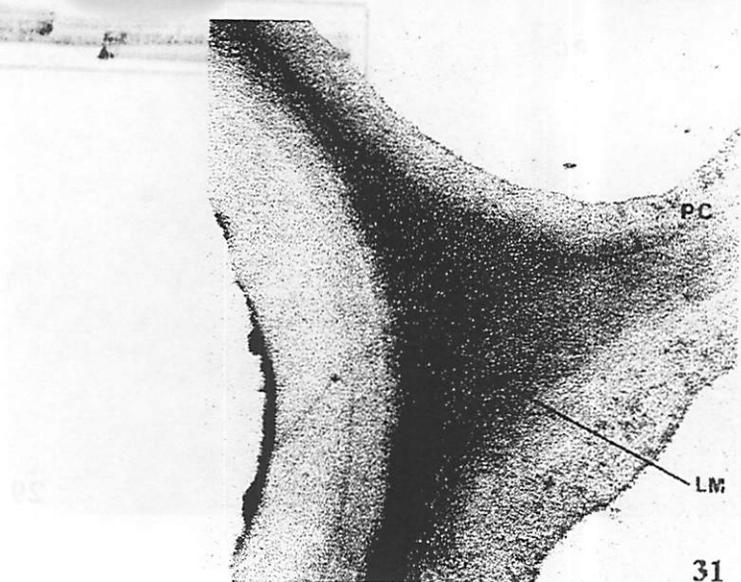
Taylor et al. (1993) verificaram em ameixas 'Songold' que na época da colheita a parede celular dos tecidos mais internos eram caracterizados por uma lamela média bem definida e ausência de espaços vazios, no entanto, os tecidos mais externos já apresentavam uma lamela média desestruturada e tinham espaços intercelulares bem definidos. No final do armazenamento (35 dias) a parede celular de ambos os tecidos, internos e externos, apresentaram-se dissociados e desenvolveram uma aparência granular, mesmo sem apresentar sintomas de 'chilling'.



FIGURAS 25 a 27. Microscopia eletrônica de transmissão da parede celular de frutos controle (não tratados com CaCl_2) após 35 dias de armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR. (Fig. 25. ampliação -27500 vezes) (Fig. 26. ampliação -27500 vezes) (Fig. 27. ampliação -16000 vezes)



FIGURAS 28 a 30. Microscopia eletrônica de transmissão da parede celular de frutos tratados com CaCl_2 a 2,5% após 35 dias de armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.
(Fig. 28. ampliação -16500 vezes) (Fig. 29. ampliação -36000 vezes)
(Fig. 30. ampliação -36000 vezes)

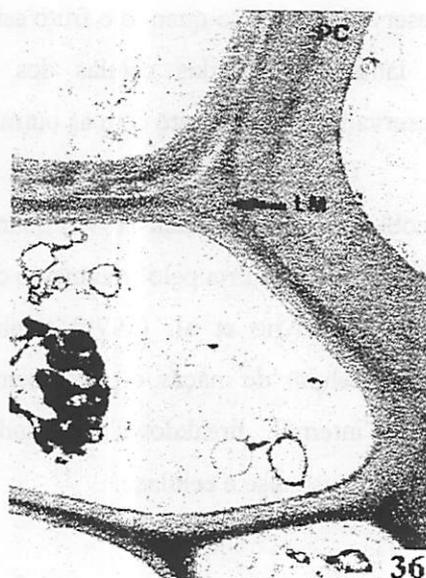
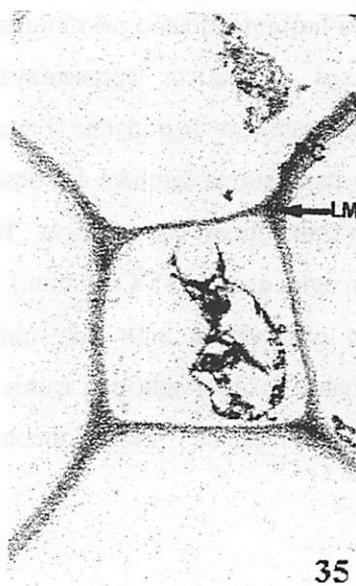
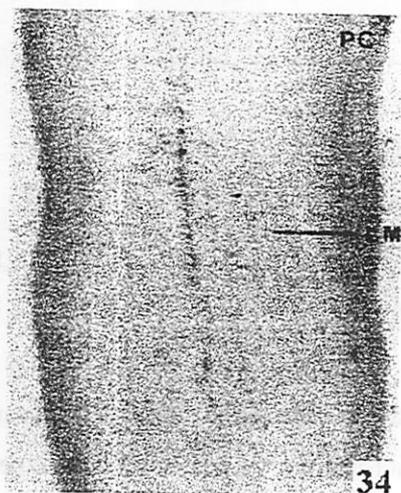
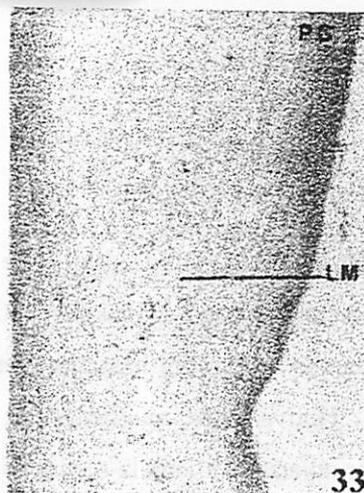


FIGURAS 31 e 32. Microscopia eletrônica de transmissão da parede celular de frutos tratados com CaCl_2 a 5,0%, após 35 dias de armazenamento a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR.. (Fig. 31. ampliação -21000 vezes) (Fig. 32. ampliação -13000 vezes)

As figuras 33, 34, 35 e 36 foram feitas da parede celular de frutos com “internal Breakdown” num estágio bastante avançado da desordem. Observando-se as Figuras 33 e 34, nota-se que a parede celular foi bastante afetada, pois o material fibrilar mostra-se disperso. Houve uma mudança na orientação microfibrilar na região da parede celular adjacente à lamela média. No entanto, a parede celular e a lamela média das células do parênquima (Figura 35) foram preservadas, mesmo quando o fruto estava bastante afetado pela injúria. A região da lamela média das células dos vasos xilemáticos apresentavam regiões preservadas em contraste com as outras parcialmente degradadas (Figura 36).

Uma preservação nas células do parênquima também foi observada por Jacobi e Don Gowanlock (1995) quando trabalharam com mangas ‘Kensington’ que sofreram injúria pelo tratamento com água quente (45°C/30 min.)

Ben-Arie et al. (1979) também observaram uma desestruturação na parede celular de maçãs e peras, semelhante à observada nos frutos controle e com “internal breakdown”, quando as mesmas foram incubadas com poligalacturonase e celulase.



FIGURAS 33 a 36. Microscopia eletrônica de transmissão da parede celular de frutos afetados pela injúria.

(Fig. 33. ampliação -27500 vezes) (Fig. 34. ampliação -27500 vezes)

(Fig. 35. ampliação -10000 vezes) (Fig. 36. ampliação -13000 vezes)

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, os resultados obtidos permitiram concluir que:

- Durante o período de armazenamento observou-se aumento da perda de massa, de pH, dos teores de sólidos solúveis totais, de açúcares redutores, não-redutores e totais, na atividade da enzimas poligalacturonase e β -galactosidase e diminuição da textura e na atividade da enzima polifenoloxidase e não se observou atividade de pectina metil esterase.
- Os frutos submetidos ao tratamento com cloreto de cálcio a 5,0%, apresentaram menor perda de massa e pH, textura mais firme, menor atividade das enzimas poligalacturonase, polifenoloxidase e β -galactosidase e não apresentaram “internal breakdown”.
- Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os teores de acidez total titulável, de sólidos solúveis, de açúcares redutores, não-redutores e totais e de vitamina C.
- O cálcio total da casca foi maior nos frutos que receberam CaCl_2 a 5,0%, e o cálcio da polpa não diferiu entre os tratamentos.
- Os teores de açúcares totais não-celulósicos aumentaram, os de celulose diminuíram e os de uronídeos totais e grau de esterificação não apresentaram diferenças ao longo do período de armazenamento.
- Xilose, galactose e manose foram os açúcares predominantes nos frutos no início do amadurecimento, onde os teores de manose permaneceram inalterados e os demais açúcares diminuíram.

- **Através da microscopia eletrônica de transmissão, foi possível visualizar a distinta vantagem que o tratamento com cloreto de cálcio a 5,0% teve em manter a integridade da parede celular em especial a região da lamela média.**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, J.A.; CONWAY, W.S.; SAMS, C.E. Postharvest calcium chloride infiltration affects textural attributes of apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.114, n.6, p.932-936, 1989.

ABU-SARRA, A.F.; ABU-GOUKH, A.A. Changes in pectinesterase, poligalacturonase and cellulase activity during mango fruit ripening. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.67, n.4, p.561-568, July, 1992. }

AHMED, A.; LABAVITCH, J. M. A simplified method for accurate determination of cell wall uronide content. **Journal of Food Biochemistry**, Trumbull, v.1, p.361-5, 1977.

AHRENS, M. J., HUBER, D.J. Physiology and firmness determination of ripening tomato. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.78, p.8-14, jan. 1990. }

AKSOY, U.; ANAÇ, D. The effect of calcium chloride application on fruit quality and mineral content of fig. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.368, p.754-762, 1994.

ALBERSHEIM, P.; NEVINS, D. J.; ENGLISH, P. D. et al. A method for the analysis of sugar in plant cell wall polysaccharides by gas-liquid chromatography. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v.5, p.340-345, 1967.

ALI, Z. M.; ARMUGAN, S.; LAZAN, H. β -galactosidase and its significance in ripening mango fruit. **Phytochemistry**, Oxford, v.38, n.5, p.1109-1114, 1995. }

ANDERSON, J.L.; CAMPBELL, W.F. Calcium transport and ATPase activity in microsomal vesicle fraction from 'Montmorency' sour cherry fruit. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.398, p.47-57, 1995.

ANDREWS, P.K.; LI, S. Partial purification and characterization of β -D-galactosidase from sweet cherry, a nonclimateric fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.42, n.10, p.2177-2182, 1994.

ASCENO, J.C.; MILHEIRO, A.V.; MOTA, M.I. et al. Seleção preliminar da mangueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.16, n.3, p.417-429, maio/jun. 1981.

 } ASHRAF, M.; KHAN, N.; AAHMAD, M. et al. Studies on the pectinesterase activity and some chemical constituents of some Pakistani mango varieties during storage ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.29, n.3, p.526-528, 1981.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. *Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry*. 11 ed. Washington; 1992. 1015p.

BABBIT, J.K.; POWERS, M.J.; PATTERSON, M.E. Effects of growth regulators on cellulase, polygalacturonase, respiration, color and texture of ripening tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.98, n.1, p.77-81, jan. 1973.

BACIC, A.; HARRIS, P.J.; STONE, B.A. Structure and function of plant cell walls. In: PREISS, J. (ed). *The biochemistry of plants: a comprehensive treatise.*, Carbohydrates. London: Academic Press, 1988. v.14, p.297-371.

BANGERTH, F. Calcium-related physiological disorders of plants. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.17, p.97-122, 1979.

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

BARTLEY, I.M. β -galactosidase activity in ripening apples. *Phytochemistry*, Oxford, v.13, p.2107-2111, 1974.

BEAVERS, W.; SAMS, C.E.; CONWAY, W.S. et al. Calcium source affects calcium content, firmness, and degree of injury of apple during storage. *HortScience*, Alexandria, VA, v.29, n.12, p.1520-1523, dec.1994.

BEN-ARIE, R.; KISLEU, N.; FRENKEL, C. Ultrastructural changes in the cell wall of ripening apple and pear fruit. *Plant Physiology*, Rockville Pike, v.64, n.2, p.197-202, 1979.

...-YEHOSSUA, S.; SHAPIRO, B.; EVEN CHEN, Z. et al. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell pepper fruits by alleviation of water stress. **Plant Physiology**, Rockville Pike, v.73, p.87-93, 1983.

...LAR, J.S.; DHILLON, B.S.; RANDHAWA, J.S. Ambient storage of Ingra and Dusehri mangoes. **Journal of Research Punjab Agricultural University**, Ludhiana, v.21, n.1, p.33-38, march.1984.

...LI Jr., W. **Qualidade de mangas (Mangifera indica L. cv. Tommy Atkins) sob influência da pulverização pré-colheita dos frutos com cálcio**. Piracicaba: UFLA, 1992. 77p. (Dissertação-Mestrado- Ciência dos Alimentos).

...ROTH, E.W. Preparo das frutas para a comercialização e conservação. In: BLEINROTH, E.W.; SIGRIST, J.M.; ARDITO, E.F.G. **1. Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**, Campinas: ITAL, 1981, 2.cap.6, p.51.

...ROTH, E.W. Recomendações para armazenamento de frutas. In: BLEINROTH, E.W. **Curso de pós-colheita e armazenamento de frutas**. Campinas: ITAL, 1981, cap.13.

...ROTH, E.W.; FIGUEREDO, I.B.; VEIGA, A.A. et al. Avaliação de novos cultivares de manga para industrialização. I. Análise das características físico-geométricas e químicas da matéria-prima. **Boletim do ITAL**, Campinas, 1985, n.2, p.217-246, 1985.

...ERMAN, J. B. S. **Bioquímica de los alimentos**. 9-ed. México, Editorial el Manual Moderno, S.A. de C.V., 1980. 167p.

... , C.; WALDRON, K. **Physiology and biochemistry of plant cell walls**. London: Unwin Hyman, 1990. 193p.

...ON, K.; DEY, P.M.; JOHN, M.A. et al. Post-harvest changes in *Mangifera indica* mesocarp cell wall and cytoplasmic polysaccharides. **Phytochemistry**, Oxford, v.27, n.3, p.719-723, 1988.

...HER, R.W.; HOBSON, G.E. Role of calcium and chelating agents in retarding the degradation of tomato fruit tissue by polygalacturonase. **Journal of Food Biochemistry**, Trumbull, v.6, p.147-160, 1982.

...ON, J. N., MOORE, K. G. The 'soft-nose' disorder of mango fruit. **The Horticulturist**, Kuala Lumpur, v.67, n.787, p.477-81, 1991.

- BURNS, J.K.; PRESSEY, R. Calcium in cell wall of ripening tomato and peach. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.112, n.5, p.783-787, 1987.
- CARRINGTON, C.M.S.; GREVE, L.C.; LABAVICH, J.M. Cell wall metabolism in ripening fruit. VI. Effect of the antisense polygalacturonase gene on cell wall changes accompanying ripening in transgenic tomatoes. **Plant Physiology**, Rockville Pike, v.103, p.429-434, 1993.
- CARRINGTON, C.M.S.; PRESSEY, R. β -galactosidase II activity in relation to changes in cell wall galactosyl composition during tomato ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.121, n.1, p.132-136, 1996.
- CASTRILLO, M.; KRUGER, N.J.; WHATLEY, F. R. Sucrose metabolism in mango fruit during ripening. **Plant Science**, Lucknow, v.84, n.1, p.45-51, 1992.
- CASTRO NETO, M.T. Aspectos fisiológicos da mangueira sob condições irrigadas. **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**, EMBRAPA, cap.3, 1995.
- CHADHA, K.L.; SAMRA, J.S.; THAKUR, R.S. Standardization of leaf-sampling technique for mineral composition of leaves of mango cultivar chausa. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.13, p.323-329, 1980.
- CHALFON, S.M. Doenças da mangueira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.8, n.86, p. 35-37, fev. 1982.
- CHAPLIN, G.R.; BUCKLEY, M.J.; LAI, S.C. Differential softening and physico-chemical changes in the mesocarp of ripening mango fruit. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.269, p.233-239, 1990.
- CHAPLIN, G.R.; SCOTT, K.J. Association of calcium in chilling injury susceptibility of stored avocados. **HortScience**, Alexandria, VA, v.15, n.4, p.514-515, 1980.
- CHAUDHARY, S.K.; NAURIYAL, J.P. Effect of deficiency of calcium, magnesium and sulphur on the uptake of other nutrients in mango. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.231, p.296-300, 1988.

- CHEFTEL, J.; CHEFETEL, H. **Introdução a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Espanha; 1976. v.1. 220p.
- CHITARRA, M.I.F., CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: FAEPE/ESAL, 1990. 543p.
- CONWAY, W.S.; SAMS, C.E. Calcium infiltration of Golden Delicious apples and its effect on decay. *Phytopathology*, St. Paul, v.73, p.1068-1071, 1983.
- CONWAY, W.S.; SAMS, C.E.; WATADA, A.E. Relationship between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest pressure infiltration of calcium chloride. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n.398, p.31-39, 1995.
- CUNHA, G.A.P.; SAMPAIO, J.M.M.; NASCIMENTO, A.S. et al. **Manga para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 35p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 8)
- CUNHA, M.M.; COUTINHO, C.C.; JUNQUEIRA, N.T.V. et al. **Manga para exportação: aspectos fitossanitários**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 104p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 3).
- DÍAZ-SOBAC, R.; DE LA CRUZ, J.; LUNA, A.V. et al. Evaluation of softening and associated enzyme activities during the ripening of coated 'Manila' mangoes. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.72, n.5, p.749-753, 1997.
- DIBLE, W. T.; TRUOG, E.; BERLER, K.C. Boron determination in soils and plants. *Analytical Chemistry*, Washington, v.26, p.418-421, 1954.
- DISCHE, Z. Color reaction of carbohydrates. In: WHISTLER, R.L.; WOLFRAN, M.L. **Methods in carbohydrates chemistry**. New York; Academic Press, 1962. v.1, p.477-512.
- EL-ANSARY, M.M.; AYAAD, H.M.; EL-MORSHED, F. The effect of spraying and postharvest treatment with calcium chloride on the fruit quality changes of 'Anna' apples during cold storage at 4°C. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n.368, p.83-88, 1994.
- EL-ZOGHBI, M. Biochemical changes in some tropical fruits during ripening. *Food Chemistry*, Barking, v.49, n.1, p.33-37, 1994.

- EVANGELISTA, R.M.; CHITARRA, A.B.; GOLDONI, J.S. ET AL. Efeito da aplicação de ceras comerciais na pós-colheita de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas-Bahia, v.18, n.1, 1996
- EVANGELISTA, R.M.; GOLDONI, J.S. Influência da temperatura de armazenamento sobre alguns parâmetros físicos, químicos e microbiológicos (podridões), em frutos de manga das variedades Haden e Tommy Atkins. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, 14, 1994, São Paulo. Anais... São Paulo, 1994. p. 168
- FILGUEIRAS, H.A.C. **Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco 'Alcobaça'**. Lavras: UFLA, 1996. 118p. (Tese-Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- FISHER, M.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. Changes in pectic substances of apples during development and postharvest ripening. part 2: Analysis of the pectic fractions. *Carbohydrate Polymers*, Barking, v.25, p.167-175, 1994.
- FISHER, R. L., BENNETT, A. B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v.42, p.675-710, 1991.
- FLORES, M.C.; PÁIZ, L.; ORTEGA, M. et al. Variación de los constituyentes pécticos solubles y de la actividad de la pectinesterasa durante el proceso de maduración de algunas frutas. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, Valencia, v.11, n.4, p.594-603, 1971.
- FONSECA, H.; NOGUEIRA, J.N.; MARCONDES, A.M. S. Teor de ácido ascórbico e beta-caroteno em frutas e hortaliças brasileiras. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Guatemala, v.19, n.1, p.9-16, mar. 1969.
- FRY, S. E. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.37, p.165-186, 1986.
- FUCHS, Y.; PESIS, E.; ZAUBERMAN, G. Changes in amylase activity, starch and sugars contents in mango fruit pulp. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.13, n.2, p.155-160, 1980.

- GAUTAM, D.M.; LIZADA, M.C.C. Internal breakdown in 'Carabao' mango subjected to modified atmospheres. VI. Ca and K levels in the spongy tissue. **Postharvest: Research notes**, v.1, n.3, p.90-92, jul/sept., 1984.
- GERASOPOULOS, D.; CHOULIARAS, V.; LIONAKIS, S. Effect preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of hayward kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, 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**, Alexandria, VA, v.115, n.6, p.962-968, 1990.
- GLENN, G.M.; REDDY, A.S.N., POOVAIAH, B.W. Effect of calcium cell wall structure protein phosphorylation and protein profile in senescing apples. **Plant and Cell Physiology**, Kamikyo-ku, v.29, n.4, p.565-572, 1988.
- GOLDSTEIN, J.J.L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v.2, p.371-383, 1963.
- GOODENOUGH, P.H.; ATKINS., R.K. **Quality in stored and processed vegetables and fruit**. London; Academic Press, 1981. 51p.
- GROSS, K.C.; WALLNER, S.J. Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. **Plant Physiology**, Rockville Pike, v.63, n.1, p.117-120, 1979.
- GROSS. K. C. Recent developments on tomato fruit softening. **Postharvest News and Information**, v.1, p.109-112, 1990.
- GUIMARÃES, P.T.G. Nutrição e adubação da mangueira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.8, n.86, p.28-34, 1982.
- GUNJATE, R.T.; TARE, S.J.; RANGWALA, A.D. et al. Effect of pré-harvest and post-harvest calcium treatments on calcium content and occurrence of spongy tissue in Alphonso mango fruits. **Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v.37, n.2, p.140-144, 1979 a.

- GUNJATE, R. T.; TARE, S.J.; RANGWALA, A.D. et al. Calcium content in Alphonso mango fruits in relation to occurrence of spongy tissue. *Journal Maharashtra Agricultural Universities, Maharashtra*, v.4, n.2, p.159-161, 1979 b.
- GUPTA, D.N.; LAD, B.L.; CHAVAN, A. et al. Enzyme studies on spongy tissue: A physiological ripening disorder in Alphonso mango. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities, Maharashtra*, v.10, p.280-282, 1985.
- GUTIÉRREZ, M.; SOLA, M.D.M.; PASCUAL, L. et al. Ultrastructural changes in cherimoya fruit injured by chilling. *Food Chemistry, Barking*, v.11, n.4, p.323-332, 1992.
- HEPLER, P. K.; WAYNE, R. O. Calcium and plant development. *Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto*, v.36, p.397-439, 1985.
- HIROCE, R.; PIZA Jr., C.T.; KAKUTA, I. et al. Teor de nutrientes das folhas de mangueira do Estado de São Paulo, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8, Brasilia, Anais...Brasilia: SBF, 1986. p.371-379.
- HOBSON, G. E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (eds). *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman & Hall, 1993. cap.14, p.405-442.
- HOPFINGER, J.A.; POOVAIAH, B.W.; PATTERSON, M.E. Calcium and magnesium interactions in browning of 'Golden Delicious' apples with bitter pit. *Scientia Horticulture, Amsterdam*, v.23, p.345-351, 1984.
- HUBER, D. J. The role of cell wall hydrolases in fruit softning. *Horticultural Reviews, New York*, n.5, p.169-219, 1983.
- HUDSON, J.M.; BUESCHER, R.W. Pectic substances and firmness of cucumber pickles as influenced by CaCl₂, NaCl and brine storage. *Journal of Food Biochemistry, Trumbull*, v.9, p.211-229, 1985.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 2 ed. São Paulo; 1985. v.1, 371p.

- ISLAM, M.N.; COLON, T.; VARGAS, T. Effect of prolonged solar exposure on the vitamin C contents of tropical fruits. **Food Chemistry**, Barking, v.48, p.75-78, 1993.
- IZUMI, H.; WATADA, A.E. Calcium treatment affect storage quality of shredded carrots. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.1, p.106-109, 1994.
- IZUMI, H.; WATADA, A.E. Calcium treatment to mantain quality for Zucchini squash slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v.60, n.4, p.789-793, 1995.
- JACOBI, K.K. ; GOWANLOCK, D. Ultrastrutural studies of 'Kensigton' mango (*Mangifera indica* Linn.) heat injuries. **HortScience**, Alexandria, VA, v.30, n.1, p.102-103, feb., 1995.
- JEN, J.J.; ROBINSON, M.L.P. Pectinolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v.49, p.1045-1087, 1984.
- JOHN, M.A.; DEY, P.M. Postharvest changes in fruit cell wall. **Advances in Food Research**, San Diego, v.30, p.139-193, 1986.
- JOSHI, G.D.; LIMAYE, V.P. Effects of tree-location and fruit-weight on spongy tissue occurrence in Alphonso mango. **Journal Maharashtra Agricultural Universities**, Maharashtra, v.11, n.1, p.104, 1986.
- JOSHI, G.D.; ROY, S.K. Effect of existing method of harvesting on chemical composition & palatability of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso fruits. **Indian Food Packer**, Calcuta, v.39, n.4, p.26-31, 1985a.
- JOSHI, G.D.; ROY, S.K. Spongy tissue in mango, a physiological disorder. **Indian Horticulture**, New Delhi, v.29, n.4, p.21-22, 1985b.
- KALRA, S.K.; TANDON, D.K. Ripening behaviour of 'Dashehari' mango in relation to harvest period. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.19, n.3/4, p.263-269, 1983.
- KANE, O.; BOULET, M.; CASTAIGNE, F. Effect of chilling-injury on texture and fungal rot of mangoes (*Mangifera indica* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v.47, n.3, p.992-995, may/june, 1982.

- KAPSE, B.M.; RANE, D.A.; SALUNKHE, D.K. et al. Sensory evaluation of different varieties of mango during storage. **Indian Food Packer**, Calcuta, v.39, n.2, p.43-48, 1985.
- KATRODIA, J. Spongy tissue in mango—Causes and control measures. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.231, p.814-826, 1988.
- KNEE, M.; BARTLEY, I.M. Composition and metabolism of cell wall polysaccharides in ripening fruits. In: FRIEND, J.; RHODES, M.J.C. (eds). **Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables**. London: Academic Press, 1981. cap.7, p.131-146.
- KOHLI, K.; QADRY, J.S.; ALI, M. Protein, amino acids and ascorbic acid in some cultivars of mango. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Barking, v.39, n.3, p.247-252, 1987.
- KONNO, H.; YAMASAKI, Y.; KATOH, K. Degradation of pectic polysaccharides extracted from suspension cultures of carrot by purified exopolygalacturonase. **Plant Physiology**, Bethesda, v.61, p.20-26, dec., 1983.
- KOO, R.C.J.; YOUNG, T.W. Effects of age and position on mineral composition of mango leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.97, n.6, p.792-794, 1972.
- KRISHNAMURTHY, S. Chemical studies on internal breakdown in Alphonso mango (*Mangifera indica* L.). **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.56, n.3, p.247-250, 1981.
- KRISHNAMURTHY, S. Effect of calcium and boron on the incidence of internal breakdown in Alphonso mango (*Mangifera indica* Linn). **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.19, n.2, p.80-81, mar/april, 1982.
- KRISHNAMURTHY, S.; SUBRAMANY, P.M.H. Pre and postharvest physiology of the mango fruit: a review. **Tropical Science**, London, v.15, n.2, p.167-193, 1973.
- LABOREM, E.G.; REYES, F.J.; RANGEL, L. Maduración de mango previo almacenamiento a baja temperatura. **Fruits**, Paris, v.47, n.3, p.419-423, 1992.
- LAKSHMINARAYANA, S. Mango. In: NAGY, S.; SHAW, P.E. **Tropical and subtropical fruits**. Westport: AVI, 1980. 563 p.

- LAZAN, H.; ALI, Z.M. Cell wall hydrolases and their potential in the manipulation of ripening of tropical fruits. **ASEAN Food Journal**, Kuala Lumpur, v.8, n.2, p.47-53, 1993.
- LAZAN, H.; MOHD-ALI, Z.; SANI, H.A. Effects of vapor gard on polygalacturonase, malic enzyme and ripening of Harumanis mango. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.269, p.359-366, 1990.
- LEE, J.J.L.; DEWEY, D.H. Infiltration of calcium solutions into 'Jonathan' apples using temperature differential and surfactants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.106, n.4, p.488-490, 1981.
- LESTER, G. Calcium alters senescence rate of postharvest muskmelon fruit disks. **Postharvest Biology and Technology**, v.17, p.91-96, 1996.
- LESTER, G.E.; DUNLAP, J.R. Physiological changes during development and ripening of 'Perlita' muskmelon fruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.26, p.323-331, 1985.
- LIDSTER, P.D.; PORRITT, S.W.; TUNG, M.A. Texture modification of 'Van' sweet cherries by postharvest calcium treatments. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.103, n.4, p.527-530, 1978.
- LIMA, L.C.O. **Bioquímica das transformações de manga 'Tommy Atkins' na ocorrência de colapso interno tipo "spongy tissue"**. Lavras: UFLA, 1997. 147p. (Tese-Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- LIZADA, C. Mango. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (eds). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. cap.8, p.255-271,
- LURIE, S.; LEVIN, A.; GREVE, C. et al. Pectic polymer changes in nectarines during normal and abnormal ripening. **Phytochemistry**, Oxford, v.36, n.1, p.11-17, 1994.
- LUZA, J.G.; GORSEL, R.V.; POLITO, V.S.; KADER, A.A. Chilling injury in peaches: a citochemical and ultrastructural cell wall study. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.117, n.1, p.114-118, 1992.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e Fósforo, 1989. 201p.
- MANGAS, J.J.; DAPENA, E.; RODRIGUEZ, M.S. et al. Changes in pectic fractions during ripening of cider apples. *HortScience*, Alexandria, VA, v.27, p.328-330, april, 1992.
- MARANGONI, A.G.; SMITH, A.K.; YADA, R. Y. et al. Ultrastructural changes associated with chilling injury in mature-green tomato fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, VA, v.114, n.6, p.958-962, 1989.
- MARIN M.A.; CANO, M.P. Patterns of peroxidase in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruits. *Journal of Food Science*, Chicago, v.57, n.3, p.690-692, 1992.
- MARKOVIC, O.; KOHN, R. Mode of pectin deesterification by *Trichoderma reesei* pectinesterase. *Experientia*, Basel, v.40, p.842-843, 1984.
- MATHEWS, H.; LITZ, R.E. Mango. In: HAMMERRSCHLAG, F.A.; LITZ, R.E. *Biotechnology of perennial fruit crops*. C.A.B. International. 1992, p.433-48.
- MATSUMO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or black rot. *Plant and Cell Physiology*, Kamikyo-ku, v.13, n.6, p.1091-1101, 1972.
- MEDLICOTT, A.P.; REYNOLDS, S.B.; NEWS, S.W. et al. Harvest maturity effects on mango fruit ripening. *Tropical Agriculture*, Guildford, v.65, n.2, p.153-157, april, 1988.
- MEDLICOTT, A.P.; REYNOLDS, S.B.; THOMPSON, A.K. Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Barking, v.37, n.5, p.469-474, may, 1986.
- MEDLICOTT, A.P.; THOMPSON, A.K. Analysis of sugars and organic acid in ripening mango fruit (*Mangifera indica* L. var. Keitt) by high performance liquid chromatography. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Barking, v.36, p.561-566, 1985.

MENGUEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1982. 576p.

MICCOLIS, V.; SALVEIT, M.E. Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melon (*Cucumis melo* L., Inodorus Group) cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v.5, p.211-219, 1995.

MILLER, W.R.; HALE, P.W.; SPALDING, D.H. et al. Quality and decay of mango fruit wrapped in heat-shrinkable film. **HortScience**, Alexandria, VA, v.18, n.6, p.957-958, dec., 1983.

MILLER, W.R.; SPALDING, D.H.; HALE, P.W. Film wrapping mangoes at advancing stages of postharvest ripening. **Tropical Science**, London, v.26, p.26-31, 1984.

MITCHAM, E.J.; McDONALD, R.E. Cell wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.117, n.6, p.919-924, 1992. X

NELSON, N. A photometric adaptation of somogi method for determination of glucose. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v.153, p.375-380, 1944.

NWANEKEZI, E.C.; ALAWUBA, O.C.G.; MKOLULU, C.C.M. Characterization of pectic substances from selected tropical fruits. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.31, n.2, p.159-161, 1994.

OLLÉ, D.; LOZANO, Y.F.; BRILLOUET, J.M. Isolation and characterization of soluble polysaccharides and insoluble cell wall material of the pulp from four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.44, n.9, p.2658-2662, 1996.

PANTASTICO, Er.B.; LAM, P.F.; KETSA, S. et al. Postharvest physiology and storage of mango. In: MENDONZA, Jr.D.B.; WILLS, R.B.H. (eds). **Mango: fruit development, postharvest physiology and marketing in ASEAN.** Malaysia. 1984, p. 111.

PARK, Y.K.; SATO, H.H.; ALMEIDA, T.D. et al. Polyphenol oxidase of mango. **Journal of Food Science**, Chicago, v.45, p.1619-1621, 1980. X

- PASSAM, H. C. Storage of some local and introduced mango cultivars grown in Trinidad. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.16, n.2, p.171-177, 1982.
- PINTO, A.C.Q. Genética e melhoramento da mangueira-sinopse. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MARTINS FILHO, J. et al. *Manga: tecnologia de produção e mercado*. Vitória da Conquista-BA: DFZ/UESB, 1996. p.16-31.
- PINTO, A.C.Q. *Nutrição mineral e adubação da mangueira*. Campinas: CATI, 1984. 32p.
- PLOETZ, R.C.; ZENTMYER, G.A.; NISHIJIMA, W.T. et al. *Compendium of tropical fruit diseases*. Minnesota-USA: APS Press, 1994. 88p.
- POOVAIAH, B.W. Molecular and celular aspects of calcium action in plants. *HortScience*, Alexandria, VA, v.23, n.2, p.267-271, 1988.
- POOVAIAH, B.W. Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. *HortScience*, Alexandria, VA, v.20, n.3, p.347-351, 1985.
- POOVAIAH, B.W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v.16, p.86-89, 1986.
- PRABHA, T.N.; PATWARDHAN, M.V. Polyphenol oxidase (PFO) and peroxidase (POD) enzyme activities and their isoenzyme patterns in ripening fruits. *Acta Alimentaria*, Wageningen, v.15, n.3, p.199-207, 1986.
- PRESSEY, R. β -galactosidases in ripening tomatoes. *Plant Physiology*, Bethesda, v.71, p.132-135, 1983.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Separation and characterization the exopolysaccharuronase and endopolysaccharuronase from peaches. *Plant Physiology*, Bethesda, v.52, p.252-256, 1973.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Solubilization of cell walls by tomato polysaccharuronases: effects of pectinesterases. *Journal of Food Biochemistry*, Trumbull, v.6, p.57-74, 1982.
- QUAGGIO, J.A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSÉ, Q.R.; SOUZA, I.V.B., MARTINS FILHO, J. et al. *Manga, tecnologia de produção e mercado*, Vitória da Conquista-BA: DFZ/UESB, 1996. p.106-135.

- RAESE, J.T.; DRAKE, S.R. Calcium sprays help control fruit disorders of D'Anjou. **Good Fruit Grower**, Washington, v.42, n.16, p.25-27, mar., 1991.
- RAESE, J.T.; DRAKE, S.R. Calcium sprays important in winter freeze damaged pears. **Good Fruit Grower**, Washington, v.43, n.10, p.11-12, may, 1992.
- RAESE, J.T.; DRAKE, S. R. Effects of preharvest calcium sprays on apple and pear quality. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.9, p.1807-1819, 1993.
- RAMANA, K.V.R.; ARAVINDAPRASAD, B.; KRISHNAPRASAD, C.A. et al. Temperature storage and the ripening behaviour of Alphonso. **Indian Food Packer**, Calcutta, v.38, n.1, p.58-66, jan-feb., 1984.
- RANE, D.A.; KATRODIA, J.S.; KULKARNI, D.N. Problem of spongy tissue development in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso. A review. **Journal Maharashtra Agriculturas Universities**, Maharashtra v.1, n.2-6, p.89-94, 1976.
- RANWALA, A.P.; SUEMATSU, C.; MASUDA, H. The role of β -galactosidases in the modification of cell wall components during muskmelon fruit ripening. **Plant Physiology**, Bethesda, v.100, n.3, p.1318-1325, nov., 1992.
- REDGWELL, R.J.; MELTON, L.D.; BRASCH, D.J. Cell wall changes in kiwi following post harvest ethylene treatment. **Phytochemistry**, Oxford, v.29, p.399-407, 1990.
- RICARDO, C.P.P. Aspectos da fisiologia do cálcio nas plantas. **Garcia de Orta Série de Estudos Agronomicos**, Lisboa. v.10, n.1/2, p.65-76, 1983.
- RICHARDSON, D.G.; AL-ANI, A.M. Calcium and nitrogen effects on D'Anjou pear fruit respiration and ethylene evolution. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.124, p.195-201, 1982 a.
- RICHARDSON, D.G.; AL-ANI, A.M. Cork spot of D'Anjou pears fruit relative to critical calcium concentration and others minerals. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.124, p.113-118, 1982b.

- RIGNEY, C.J.; WILLS, R.B.H. Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. *HortScience*, Alexandria, VA, v.16, n.4, p.550-554, 1981.
- ROE, B.; BRUEMMER, J.H. Changes in pectic substance and enzyme during ripening and storage of 'Keitt' mangos. *Journal of Food Science*, Chicago, v.54, p.186-189, 1981.
- ROY, S.; JAUNEAU, A.; VIAN, B. Analytical detection of calcium ions and immunocytochemical visualization of homogalcturonic sequences in the ripe cherry tomato. *Plant Physiology and Biochemistry*, New Delhi, v.32, n.5, p.633-640, 1994.
- SAEED, A.R.; TINAY, A.H.E., KHATTAB, A.H. Characterization of pectic substances in mango marc. *Journal of Food Science*, Chicago, v.40, p.205-206, 1975.
- SAEED, A.R.; TINAY, A.H.E.; KHATTAB, A.H. Viscosity of mango nectart as related to pectic substances. *Journal of Food Science*, Chicago, v.40, p.203-204, 1975.
- SALUNKE, D.K.; BOLIN, H.R.; REDDY, N.R. *Storage, processing, and nutritional quality of fruits and vegetables*. 2.ed. Boston: CRS Press; 1991. v.1, 323p.
- SAMPAIO, V.R. Controle em pós-colheita das podridões da manga 'Bourbon', conservada em câmara fria. *Anais da ESALQ*, v.40, p.519-527, 1983.
- SAMS, C.E.; CONWAY, W.S. Effect of calcium infiltration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content, and quality of 'Golden Delicious' apple fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, VA, v.109, n.1, p.53-57, 1984.
- SANKAT, C.K.; BISSON, K.; MAHARAJ, R. et al. Ripening quality of julie mangoes stored at low temperatures. *Acta Horticulturæ*, Wageningen, n.368, p.712-722, 1994.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. *Análise química em plantas*. Piracicaba, ESALQ, 1974. 55p.

- SAÚCO, V.G.; GALVÁN, D.F.; CALVO, R. Incidence of 'soft-nose' on mangoes in the Canary Islands. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v.97, p.358-360, 1984.
- SELVARAJ, Y.; KUMAR, R. Studies on fruit softening enzymes and polyphenol oxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.26, n.4, p.218-222, july/august. 1989.
- SEUNG, C. J.; CHANG, L.J. Effect of postharvest dipping in CaCl₂ solution with adjuvants on calcium content in 'Fuji' apple fruits. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, Suwon, v.34, n.1, p.36-45, feb., 1993.
- SEYMOUR, G.B.; N'DIANE, M.; WAINWRIGHT, H. et al. Effects of cultivar and harvest maturity on ripening of mangoes during storage. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.65, n.4, p.479-483, 1990.
- SHOWALTER, A.M. Structure and function of plant cell wall proteins. **The Plant Cell**, Baltimore, v.5, n.1, p.9-23, 1993.
- 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.
- SILVA, R.; FRANCO, C.M.L.; GOMES, E. Pectinases, hemicelulases e celulases, ação, produção e aplicação no processamento de alimentos: revisão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.31, n.2, p.249-260, jul/dez., 1997.
- SILVA, A. C. Botânica da mangueira. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MARTINS FILHO, J. et al. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista-Ba: DFZ/UESB, 1996. p.7-15.
- SINGH, B.P.; GUPTA, O.P.; CHAUHAN, K.S. Effect of pré-harvest calcium nitrate spray on peach on the storage life of fruits. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v.52, n.4, p.235-239, april, 1982.
- SINGH, B.P.; TANDON, D.K.; KALRA, S.K. Changes in post-harvest quality of mangoes affected by preharvest application of calcium salts. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.54, n.3, p.211-219, 1993.

- SORNSRIVICHAI, J.; ANUSADORN, P.; OOGAKI, C. et al. Storage life and quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Keaw Sawoey) fruits in seal-packaging by plastic films and under low pressure at different temperatures. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, Tsukuba-shi, v.33, n.1, p.6-17, 1989.
- SOUTHGATE, D.A. **Determination of foods carbohydrates**. London: Elsevier, 1991. 232p.
- STOW, J. Effect of calcium ions on apple fruit softening during and ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v.3, p.1-9, 1993.
- STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Analises de vitaminas**. Madri: Paz Montalvo, 1967. 428p.
- SUBRAMANYAM, H.; KRISHNAMURTHY, S.; SUBHADRA, N.V. et al. Studies on internal breakdown, a physiological ripening disorder in Alphonso mangoes (*Mangifera indica* L.). **Tropical Science**, London, v.13, n.3, p.203-210, 1971.
- SUWWAN, M.A.; POOVAIAH, B.W. Association between elemental content and fruit ripening in *Rin* and normal tomatoes. **Plant Physiology**, Bethesda, v.61, n.6, p.883-885, 1978.
- TANDON, D.K.; KALRA, S.K. Changes in sugars, starch and amylase activity during development of mango fruit cv. Dashehari. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.58, n.3, p.449-453, 1983.
- TAYLOR, M.A.; RABE, E.; JACOBS, G. et al. Physiological and anatomical changes associated with ripening in the inner and outer mesocarp of cold stored 'Sangold' plums and concomitant development of internal disorders. **Journal of Horticultural Science**, Ashford v.68, n.6, p.911-918, 1993.
- TEISSON, C. Le brunissement interne de l'ananas. I-Historique. II- Matériel et méthodes. **Fruits**, Paris, v. 34, p.245-281, 1979.
- THOMAS, P.; JOSHI, M.R. Reduction of chilling injury in ripe Alphonso mango fruit in cold storage by temperature conditioning. **International Journal of Food Science and Tecnology**, Oxford, v.23, n.5, p.447-455, 1988.

- THOMAS, P.; OKE, M.S. Improvement in quality and storage of 'Alphonso' mangoes by cold adaptation. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.19. n.3/4, p.257-262, 1983.
- THOMAS, P.; OKE, M.S. Technical note: Vitamina C content and distribution in mangoes during ripening. *Journal of Food Science and Technology*, Oxford, v.15, n.6, p.669-672, 1980.
- TINGWA, P.O.; YOUNG, R.E. The effect of calcium on the ripening of avocado (*Persea americana* Mill.) fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, VA, v.99, n.54, p.540-542, 1974.
- TIRMAZI, S.I.H.; WILLS, R.B.H. Retardation of ripening of mangoes by postharvest application of calcium. *Tropical Agriculture*, London, v.58, p.137-141, 1981.
- TOBIAS, R.B.; CONWAY, W.S.; SAMS, C.E. et al. Cell wall composition of calcium-treated apples inoculated with *Botrytis Cinerea*. *Phytochemistry*, Oxford, v.32, n.1, p.35-39, 1993.
- VAN LELYVELD, L.J.; SMITH, J.H.E. Physiological factors in the maturation and ripening of mango (*Mangifera indica* L.) fruit in relation to the jelly-seed physiological disorder. *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.54, n.4, p.283-287, 1979.
- VAZQUEZ-SALINAS, C.; LAKSHMINARAYANA, S. Compositon changes in mango fruits during ripening at different storage temperatures. *Journal of Food Science*, Chicago, v.50, n.6, p.1646-1648, nov/dec., 1985.
- VELOZ, S.C.; TORRES, E.E.; LAKSHMINARAYANA, S. Effects of refrigerated temperatures on the incidence of chilling injury and ripening quality of mango fruit. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society*, Winter Haven, v.90, p.205-210, 1977.
- VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: MA-. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. (Boletim Técnico, 7).
- WAINWRIGHT, H.; BURBAGE, M.B.P. Physiological disorders in mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Journal of Horticultural Science*, Ashford v.64, n.2, p.125-135, mar., 1989.

- WALLNER, S.J. Apple fruit β -galactosidase and softening in storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.103, n.3, p.364-366, 1978.
- WATKINS, C.B.; HAKI, J.M.; FRENKEL, C. Activities of polygalacturonase, α -D-mannosidase, and α -D e β -D-galactosidases in ripening tomato. **HortScience**, Alexandria, VA, v.23, n.1, p.192-194, 1988.
- WEGRZYN, T.F.; MacRAE, E.A. Pectinesterase, polygalacturonase, and β -galactosidase during softening of ethylene-treated kiwifruit. **HortScience**, Alexandria, VA, v.27, n.8, p.900-902, 1992.
- WILLS, R.B.H.; TIRMAZI, S.I.H.; SCOTT, K.J. Effect of postharvest application of calcium on ripening rates of pears and bananas. **Journal of Horticultural Science**, Ashford v.54, n.4, p.451-453, 1982.
- WILLS, R.B.H.; TIRMAZI, S.I.H.; SCOTT, K.J. Use of calcium to delay ripening of tomatoes. **HortScience**, Alexandria, VA, v.12, n.6, p.551-555, dec., 1977.
- YADAW, S.S.; PRASAD, A.; ABIDI, A.B. Physico-chemical characteristics of some mango varieties grown in UTTAR Pradesh. **Progressive Horticulture**, Chaubattia, v.16, n.3, p.166-168, 1984.
- YOUNG, T.W. 'Soft-nose', a physiological disorder in mango fruit. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v.70, p.280-283, 1957.
- YOUNG, T.W.; KOO, R.C.J. Variations in mineral content of florida mango leaves. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v.84, p.208-303, 1971.
- YOUNG, T.W.; MINER, J.T. Relationship of nitrogen and calcium to 'soft-nose' disorder in mango fruit. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v.78, p.201-208, 1961.
- YUEN, C.M.C.; TAN, S.C.; JOYCE, D. et al. Effect of postharvest calcium and polymeric films on ripening and peel injury in Kensington Pride mango. **ASEAN Food Journal**, Kuala Lumpar, v.8, n.3, p.110-113, 1993.
- YUNIARTI & SUHARDI. Ripening retardation of Arumanis mango. **ASEAN Food Journal**, Kuala Lumpar, v.7, n.4, p.207-208, 1992.

ZAMBRANO, J.; MANZANO, J. Influence du calcium sur la maturation et la conservation des mangues arés leur récolte. **Fruits**, Paris, v.50, n.2, p.145-152, feb. 1995.

ANEXO

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância de perda de massa, textura e pH de mangas cv. Tommy Atkins, armazenadas a $10 \pm 1^\circ \text{C}$ e 80-90% UR.	127
TABELA 2A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância de ATT, SST, Vit. C, açúcar redutor e não-redutor de mangas cv. Tommy Atkins, armazenadas a $10 \pm 1^\circ \text{C}$ e 80-90% UR.	127
TABELA 3A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância de açúcares totais, Pectina total e solúvel e compostos fenólicos de mangas cv. Tommy Atkins, armazenadas a $10 \pm 1^\circ \text{C}$ e 80-90% UR.	128
TABELA 4A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância das enzimas Poligalacturonase, polifenoloxidase e β -galactosidase de mangas cv. Tommy Atkins, armazenadas a $10 \pm 1^\circ \text{C}$ e 80-90% UR.	128
TABELA 5A	Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância de Cálcio da casca e Polpa de mangas cv. Tommy Atkins, armazenadas a $10 \pm 1^\circ \text{C}$ e 80-90% UR.	129

TABELA 1 A. Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância de perda de massa, textura e pH de mangas cv. Tommy Atkins, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR. Tratamentos testemunha, e cloreto de cálcio a 2,5% e 5,0%.

CV	QM e significância					
	GL	Perda de massa	GL	Textura	GL	pH
Cálcio	2	3,16**	2	1195,03**	2	0,06*
Tempo	4	56,42**	5	8864,32**	5	0,06*
Cal*Tem	8	0,62	10	289,72	10	0,01
Resíduo	105	0,51	36	204,68	54	0,02

(**) e (*) significativo ao nível de 1 e 5%, pelo teste de Tukey para os níveis de cálcio

No tempo e cálcio* tempo foi feita análise de regressão e verificou-se significância a 1 e 5%.

TABELA 2 A. Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância de ATT, SST, Vit C, açúcar redutor e n-redutor de mangas cv. Tommy Atkins, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80-90% UR. Tratamentos testemunha, e cloreto de cálcio a 2,5% e 5,0%.

CV	GL	QM e significância				
		ATT	SST	Vit. C	Açúcar Redutor	Açúcar N-Red.
Cálcio	2	90711,60	1,52	11,08	0,06	0,27
Tempo	5	18624,20	86,80**	4426,41**	3,22**	52,55**
Cal*Tem	10	36460,12	1,67	78,38	0,25**	0,19
Resíduo	54	38908,36	1,20	87,38	0,08	0,11

(**) e (*) significativo ao nível de 1 e 5%, pelo teste de Tukey para os níveis de cálcio

No tempo e cálcio* tempo foi feita análise de regressão e verificou-se a significância a 1 e 5%.

(**) e (*) significativo ao nível de 1 e 5%, pelo teste de Tukey para os níveis de cálculo e cálculo* tempo foi feita análise de regressão e verificou-se significância a 1e 5%.

QM e significância					
CV	GL	PFO	PG	β-galactosidase	
Cálculo	2	96,23**	474,62	35050,77*	
Tempo(a)	5	705,91**	38232,37**	40097,10**	
Cal*Tem (b)	10	12,93*	286,99	5611,73	
Resíduo	54	6,28	734,71	8234,19	

Tratamentos testemunha, e cloreto de cálcio a 2,5% e 5,0%.
a 10 ± 1°C e 80-90% UR.

TABELA 4 A. Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância das enzimas Poligalacturonase, polifenoxidase e β-galactosidase de mangas cv. Tommy Atkins, armazenadas

(**) e (*) significativo ao nível de 1 e 5%, pelo teste de Tukey para os níveis de cálculo e cálculo* tempo foi feita análise de regressão e verificou-se significância a 1e 5%.

QM e significância					
CV	GL	Acúcares	Pectina	Pectina Total	Compostos Fenólicos
Cálculo	2	0,12	1171,37	1011,52	8484,21**
Tempo(a)	5	83,41**	12337,98**	617209,84**	1824,32**
Cal*Tem (b)	10	0,64**	2853,23**	54029,76**	129,01
Resíduo	54	0,16	562,52	13974,15	429,07

TABELA 3 A. Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância de Açúcares Totais, Pectina Total e Solúvel e compostos Fenólicos de mangas cv. Tommy Atkins, armazenadas a 10 ± 1°C e 80-90% UR.
Tratamentos testemunha, e cloreto de cálcio a 2,5% e 5,0%.

TABELA 5 A. Quadrados médios da ANAVA e respectivos níveis de significância de Cálcio da Casca e Polpa de mangas cv. Tommy Atkins, armazenadas a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de 80-90%. Tratamentos testemunha, e cloreto de cálcio a 2,5% e 5,0%.

CV	GL ¹	GL ²	QM e significância	
			Cálcio Casca	Cálcio Polpa
Cálcio	2	2	122273,07**	471,08
Tempo(a)	4	5	58992,40**	2577,07**
Cal*Tem (b)	8	10	4760,77	936,78
Resíduo	30	36	7791,66	564,79

(**) e (*) significativo ao nível de 1 e 5%, pelo teste de Tukey para os níveis de cálcio

No tempo e cálcio* tempo foi feita análise de regressão e verificou-se significância a 1e 5%.

GL¹: Grau de liberdade para cálcio da casca

GL²: Grau de liberdade para cálcio da polpa

