

**TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS, FÍSICAS E
ENZIMÁTICAS DE GOIABAS 'PEDRO SATO'
TRATADAS NA PÓS-COLHEITA COM
CLORETO DE CÁLCIO E
1-METILCICLOPROPENO**

LUCÍLIA ALVES LINHARES

2005

59384

050647

LUCÍLIA ALVES LINHARES

**TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS, FÍSICAS E ENZIMÁTICAS DE
GOIABAS 'PEDRO SATO' TRATADAS NA PÓS-COLHEITA COM
CLORETO DE CÁLCIO E 1-METILCICLOPROPENO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Agroquímica e Agrobioquímica, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador:

Prof. Dr. Custódio Donizete dos Santos

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2005**

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

Linhares, Lucília Alves

**Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas
'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-
metilciclopropeno / Lucília Alves Linhares. -- Lavras : UFLA, 2005.
135 p. : il.**

**Orientador: Custódio Donizete dos Santos.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.**

**1. Endocarpo. 2. Amadurecimento. 3. Goiaba. 4. Enzima. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

CDD-634.4216

LUCÍLIA ALVES LINHARES

**TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS, FÍSICAS E ENZIMÁTICAS DE
GOIABAS 'PEDRO SATO' TRATADAS NA PÓS-COLHEITA COM
CLORETO DE CÁLCIO E 1-METILCICLOPROPENO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Agroquímica e Agrobioquímica, para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADO em 03 de fevereiro de 2005

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima **UFLA**

Prof. Dr. Luciano Vilela Paiva **UFLA**


Prof. Dr. Custódio Donizete dos Santos
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

DEDICO

**Aos meus pais, Antônio e Míria,
Pelos ensinamentos, incentivo, amor e carinho.**

**Aos meus queridos sobrinhos,
pela constante alegria.**

**Aos meus irmãos, pela união e
carinho durante toda nossa vida.**

**Aos meus avós, a Luzia e tia Naná, pelo carinho
e por me incentivar a continuar sempre.**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde e sabedoria para a realização desta pesquisa.

Ao meu orientador, professor Dr. Custódio Donizete dos Santos, pelo apoio, sincera amizade, orientação dedicada e pelos importantes ensinamentos.

Às Professoras Angelita Duarte Corrêa e Celeste Maria Patto de Abreu, pela co-orientação, apoio, atenção, contribuição e amizade.

As amigas Daniela, Ana Paula, Noeli, Fernanda e Valéria, com as quais tive o prazer de dividir meu tempo e de compartilhar as conquistas e os desafios.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado.

A Maria Aparecida (Xulita), laboratorista do Departamento de Química e a Irene, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

À Miriam, secretária da Pós-graduação, pela eficiência e atenção sempre presente.

Aos professores e funcionários do Departamento de Química.

Ao CNPq pelo suporte financeiro.

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

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1.....	01
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Origem da goiabeira.....	03
2.2 Características da planta e do fruto.....	03
2.3 Maturação.....	05
2.4 Respiração e etileno.....	06
2.5 Umidade e perda de massa.....	07
2.6 Sabor e aroma.....	08
2.7 Acidez total titulável e pH.....	08
2.8 Sólidos solúveis totais.....	09
2.9 Açúcares totais, frutose e sacarose.....	10
2.10 Vitamina C.....	11
2.11 Polifenóis.....	12
2.12 Firmeza e substâncias pécticas.....	13
2.13 Enzimas degradadoras da parede celular.....	16
2.14 Efeito da temperatura.....	17
2.15 Ação do cálcio.....	18
2.16 Benefícios do 1-MCP.....	20
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

CAPÍTULO 2 – GOIABA ‘PEDRO SATO’ I - PERDA DE MASSA, FIRMEZA , RENDIMENTO E UMIDADE.....	28
RESUMO.....	28
ABSTRACT.....	29
1 INTRODUÇÃO.....	30
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
2.1 Colheita dos frutos.....	31
2.2 Delineamento experimental.....	31
2.3 Tratamento e preparo da amostra.....	32
2.4 Análises físicas.....	33
2.4.1 Perda de massa.....	33
2.4.2 Firmeza.....	33
2.4.3 Rendimento das frações obtidas da goiaba.....	33
2.4.4 Umidade no endocarpo.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.1 Perda de massa.....	34
3.2 Firmeza.....	37
3.3 Rendimento da frações obtidas da goiaba.....	41
3.4 Umidade no endocarpo.....	45
3.5 Aparência.....	47
4 CONCLUSÃO.....	49
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

CAPÍTULO 3 - GOIABA 'PEDRO SATO' II - ANÁLISES QUÍMICAS NO ENDOCARPO.....	53
RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	55
1 INTRODUÇÃO.....	57
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	59
2.1 Colheita, delineamento experimental e preparo das amostras.....	59
2.2 Análises químicas.....	59
2.2.1 Acidez total titulável.....	59
2.2.2 pH.....	59
2.2.3 Sólidos solúveis totais.....	59
2.2.4 Açúcares totais, frutose e sacarose.....	60
2.2.5 Vitamina C.....	61
2.2.6 Polifenóis.....	61
2.2.7 Proteína.....	62
2.2.8 Pectina total e solúvel.....	62
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
3.1 Acidez total titulável e pH.....	64
3.2 Sólidos solúveis totais.....	67
3.3 Açúcares totais, frutose e sacarose.....	71
3.4 Vitamina C.....	77
3.5 Compostos fenólicos.....	80
3.6 Proteína.....	82
3.7 Pectina total e solúvel.....	84
4 CONCLUSÃO.....	89
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

CAPÍTULO 4 - GOIABA 'PEDRO SATO' III - ANÁLISES ENZIMÁTICAS NO ENDOCARPO.....	94
RESUMO.....	94
ABSTRACT.....	95
1 INTRODUÇÃO.....	96
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	97
2.1 Colheita, delineamento experimental e preparo das amostras.....	97
2.2 Análises enzimáticas.....	97
2.2.1 Esterase.....	97
2.2.2 Obtenção da curva de pH da esterase.....	98
2.2.3 Pectinametilesterase.....	98
2.2.4 β -D-galactosidase.....	98
2.2.5 Obtenção da curva de pH da β -D-galactosidase.....	99
2.2.6 β -D-glicosidase.....	99
2.2.7 Obtenção da curva de pH da β -D-glicosidase.....	100
2.2.8 Celulase.....	100
2.2.9 Xilanase.....	100
2.2.10 Fumarase.....	101
2.2.11 Poligalacturonase.....	101
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	103
3.1 Atividade da esterase.....	103
3.2 Atividade da pectinametilesterase e poligalacturonase.....	107
3.3 Atividade da β -D-galactosidase.....	111
3.4 Atividade da β -D-glicosidase.....	114
4 CONCLUSÃO.....	117
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
7 ANEXOS.....	121

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

CAPÍTULO 1

Página

TABELA 1	Compostos fenólicos em goiaba em fase de maturação	13
----------	--	----

CAPÍTULO 2

Página

TABELA 1	Médias percentuais de rendimento em polpa e miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	44
TABELA 2	Médias percentuais de umidade em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	46

CAPÍTULO 3

Página

TABELA 1	Médias de pH em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.	67
TABELA 4	Médias percentuais de frutose em miolo de goiaba 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.	73
TABELA 5	Médias percentuais de sacarose em miolo de goiaba 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.	76
TABELA 6	Médias percentuais de nitrogênio em miolo fresco de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.	84

RESUMO GERAL

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

A goiabeira é uma das espécies mais antigas e cultivadas no Brasil e cujo fruto, denominado goiaba, é muito apreciado para consumo *in natura* e para elaboração de geléias, licores e doces. O fruto possui mercado ainda restrito à região de produção e um dos fatores que contribuem para isso é o rápido amolecimento após a colheita. Pouco ainda se sabe sobre os fatores envolvidos no rápido amolecimento e curto período de vida de prateleira do fruto, principalmente em relação ao endocarpo do mesmo. Na busca de tais informações, executou-se a presente pesquisa, dividida em dois experimentos e que tiveram como objetivos: I - estudar a perda de massa, firmeza e rendimento no fruto como um todo; II - estudar as alterações químicas e nutricionais no endocarpo e III - estudar as modificações enzimáticas no endocarpo da goiaba. Os frutos foram colhidos em um pomar localizado na cidade de Lavras, MG e conduzidos ao Laboratório de Bioquímica da Universidade Federal de Lavras, onde foram selecionados 243 frutos para a composição dos experimentos. Os frutos selecionados foram lavados em água corrente e imersos em solução de hipoclorito de sódio 1% para desinfecção, rotulados e pesados. Na composição dos tratamentos, 81 frutos foram rotulados como controle, 81 frutos foram tratados com uma solução de cloreto de cálcio a 2% por 5 minutos e os 81 frutos restantes foram tratados com 1-metilciclopropeno, na concentração de 150 nL/L por 12 horas, em câmara hermeticamente fechada. Após os tratamentos, 108 frutos foram armazenados em prateleira previamente esterilizada à temperatura ambiente ($20 \pm 3^\circ\text{C}$, UR $84 \pm 6\%$) por um período de seis dias (0, 2, 4 e 6) e os 135 frutos restantes foram armazenados em ambiente refrigerado (10°C , UR $90 \pm 2\%$) por um período de 25 dias (0, 5, 10, 15, 20 e 25). Após os períodos de armazenamento avaliaram-se as características físicas, químicas e enzimáticas. Analisando-se os frutos inteiros, os tratamentos com cloreto de cálcio e 1-MCP proporcionaram menor perda de massa e manutenção da firmeza quando

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

comparados aos frutos controle. Não houve influência dos tratamentos quanto ao rendimento, porém, verificou-se diminuição no rendimento em polpa e aumento relativo no rendimento em miolo e semente, em função principalmente da maior perda de massa da polpa, parte externa do fruto. Relacionado ao endocarpo, verificou-se diminuição na acidez total titulável e não houve variação no pH. Houve aumento dos teores de açúcares totais e vitamina C, oscilações quanto aos teores de frutose e sacarose e diminuição quanto aos teores de sólidos solúveis totais, nitrogênio e polifenóis. Para os teores de pectina total verificou-se um comportamento relativamente constante no decorrer dos dias de maturação dos frutos e em ambos os experimentos. No entanto, houve aumento nos teores de pectina solúvel, salientando-se os frutos tratados com cloreto de cálcio e com 1-MCP que apresentaram teores mais baixos, portanto, solubilização mais lenta. Referente a atividade enzimática, verificou-se diminuição da atividade da pectinametilesterase e aumento da atividade de esterase durante todo o período de maturação do fruto e em ambos os experimentos, salientando-se os frutos tratados com 1-MCP, que tiveram um aumento menos acentuado. Verificou-se diminuição na atividade de β -D-galactosidase e de β -D-glicosidase durante todo o período estudado, tendo maior atividade sido encontrada no sedimento. Não foram detectadas atividades da celulase, fumarase, poligalacturonase e xilanase no presente estudo. Os resultados deste trabalho indicaram que, dentre os tratamentos o 1-MCP foi mais efetivo uma vez que manteve uma melhor aparência interna e externa dos frutos, apresentou menor perda de matéria fresca, menor solubilização das pectinas e, portanto maior firmeza dos mesmos, aumentando dessa forma a vida pós-colheita das goiabas.

GENERAL ABSTRACT

LINHARES, Lucília Alves. Chemical, physical and enzymatic transformations of guavas Pedro Sato' treated at post-harvest with calcium chlorite and 1-methylcyclopropene. Lavras: UFLA, 2005. 135 p. Dissertation (Master in Agrochemistry and Agrobiotechnology) - Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

The guava tree is one of the most ancient species and grown in Brazil, whose fruit called the guava, is much enjoyed for in natura consumption and for the making of jams, liquors and sweets. The fruit possesses still market restricted to the growing region and one of the factors which contribute toward that is the fast post-harvest softening. Little is still known on the factors involved in the fast softening and short shelf-life of the fruit, mainly relative to the endocarp of it. In the search for such information, the present research work was conducted, split into two experiments and which were intended to: I - study the loss of mass, firmness and yield in the fruit as a whole; II - study the chemical and nutritional alterations in the endocarp and III - study the enzymatic modifications in the guava endocarp. The fruits were collected in an orchard situated in the town of Lavras, MG and conducted to the Biochemistry Laboratory of the Universidade Federal de Lavras, where 243 fruits were selected for the making up of two experiments. The selected fruits were washed in running water and immersed in 1% sodium hypochlorite solution for disinfection, labeled and weighted. In the making up of the treatments, 81 fruits were labeled as the control, 81 fruits were treated with a 2% calcium chlorite solution for 5 minutes and the 81 remaining fruits were treated with 1-methylcyclopropeno at the concentration of 150 nL/L for 12 hours in tightly sealed chamber. After the treatments, 108 fruits were stored in a shelf previously sterilized at room temperature ($20 \pm 3^{\circ}\text{C}$, RH $84 \pm 6\%$) for a period of six days (0, 2, 4 and 6) and the 145 remaining fruits were stored in a refrigerated room (10°C , RH $90 \pm 2\%$) for a period of 25 days (0, 5, 10, 15, 20 e 25). After the storage periods, the physical, chemical and enzymatic characteristics were evaluated. By analyzing the whole fruits, the treatments provided less mass loss and maintenance of firmness as compared with the control fruits. There was no influence of the treatments as regards yield but decrease in the pulp yield and relative increase in the core and seed yield as

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

related, mainly, with the increased loss of mass of the pulp, external part of the fruit was found. Related to the endocarp, decrease in the total titrable acidity was verified and there was no variation in pH. There was an increase of the contents of total sugars and vitamin C, oscillations as to the contents of fructose and sucrose and decrease as for the contents of total soluble solids, nitrogen and polyphenols. For the contents of total pectin, a relatively constant behavior over the days of maturation of the fruits and in both experiments was found. Nevertheless, there was a increase in the contents of soluble pectin, standing out the fruits treated with calcium chlorite and with 1-MCP which presented lower contents, therefore, slower solubilization. Concerning the enzymatic activity, decreased activity of pectinmethylesterase and increased activity of esterase throughout all maturation period of the fruit and in both experiments was found, emphasizing the 1-MCP- treated fruits which showed a less marked increase. Decrease in the activity of β -D-galactosidase and of β -D-glucosidase over all the investigated period, was found, greater activity being found in the sediment. No activity of cellulase was detected, fumarase, polygalacturonase and xylanase in the present study. The results of this work pointed out that out of the treatments, 1-MCP was the most effective since it maintained a better internal and external appearance of fruits, presented less loss of fresh matter, less solubilization of pectins and, therefore, greater firmness of them increasing this way shelf life of guavas.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Importante ramo da agricultura, a fruticultura é responsável pela produção de alimentos de alto valor nutritivo. Tendo em vista os aspectos econômicos e sociais, ocupa lugar de destaque no agronegócio, tornando-se preferência de um número cada vez maior de agricultores. Dentre as frutíferas cultivadas no Brasil, a goiaba (*Psidium guajava L.*) destaca-se pelas suas excepcionais características organolépticas e nutricionais, pois é uma excelente fonte de vitamina C, além de possuir conteúdos de açúcar, ferro, cálcio, fósforo e vitaminas A e B superiores ao de muitas frutas (Chitarra & Chitarra, 1990).

O Brasil, segundo Choudhury et al. (2001), produz em torno de 300 mil toneladas de goiaba por ano. A produção concentra-se em maiores volumes, em Pernambuco, Bahia e São Paulo, onde os pomares destes estados representam 80% da produção brasileira. O mercado nacional, que mantém um crescimento contínuo, absorve quase a totalidade das frutas produzidas internamente. Entre 1995 e 2000, por exemplo, o consumo interno da goiaba cresceu 77%.

Apesar de o Brasil ser um dos maiores produtores de frutas, exporta apenas 1,5% de seu volume e apresenta um dos maiores índices de perdas pós-colheita, estimada em 30%. Estas perdas são decorrentes de vários fatores, tais como: colheita e transporte inadequados, ausência de classificação e pré-resfriamento, embalagens inapropriadas, além da alta perecibilidade da fruta. Essa alta perecibilidade é um dos principais problemas enfrentado pelos produtores na comercialização da fruta *in natura* e isto se deve ao seu intenso metabolismo durante o amadurecimento. Por se deteriorar rapidamente, não pode ser armazenada e transportada por longos períodos de tempo, sendo

necessária a adoção de práticas que visam reduzir a velocidade de tais transformações.

Dessa forma, vários trabalhos de melhoramento já foram desenvolvidos, o que permitiu o aparecimento de novas cultivares, mais produtivas e de melhor qualidade. Diversos tratamentos pós-colheita já foram testados e estão sendo testados visando ampliar a vida útil da fruta, tanto para o mercado interno quanto para a exportação. As técnicas de conservação visam reduzir tanto a taxa respiratória, quanto à ação de etileno, que é o fitohormônio envolvido no amadurecimento de frutos climatéricos.

Como grande parte dos trabalhos tem sido realizada com a polpa da fruta e sendo o endocarpo (miolo) uma parte considerável, agradável e bastante apreciada, torna-se também de grande importância o seu estudo. Portanto, neste trabalho, estudou-se o efeito dos tratamentos com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno nos parâmetros físicos (perda de massa, firmeza e rendimento) na goiaba como um todo e as alterações químicas e enzimáticas no endocarpo dos frutos armazenados em temperatura ambiente e sob refrigeração.

Este trabalho está organizado em capítulos. No primeiro, encontra-se a revisão de literatura de assuntos pertinentes à dissertação. No segundo, avaliam-se alguns parâmetros referentes ao fruto inteiro (perda de massa, firmeza e rendimento). No terceiro capítulo é apresentado o estudo de alguns parâmetros químicos do endocarpo e, finalmente, no quarto capítulo são relatados resultados referentes à atividade de algumas enzimas envolvidas com o processo de amolecimento do endocarpo das goiabas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem da goiabeira

A goiaba é uma fruta originária da América Tropical, em particular das regiões das Antilhas e do Brasil. Foi levada pelos colonizadores europeus para a África e Ásia, o que explica a sua ocorrência por todos os continentes. Espécie das mais conhecidas e cultivadas no Brasil desde antes de 1500, a goiabeira, com grande adaptação a climas subtropicais, desenvolve-se muito bem em quase todo o território nacional (Nutrição Brasil, 2004).

São muito escassas as informações relativas às áreas com cultivo de goiabeira no mundo. As estatísticas disponíveis indicam serem o Brasil, Índia, Paquistão, México, Estados Unidos, Venezuela, África do Sul, Jamaica, Quênia e Austrália os principais países produtores. O Brasil apresenta uma produção anual em torno de 300 mil toneladas de goiabas, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, com aproximadamente 5 mil hectares de área plantada (Agriflora, 2002). No entanto, sua participação no comércio exterior ainda é muito pequena, totalizando aproximadamente 0,06% do total produzido no país.

2.2 Características da planta e do fruto

A goiabeira (Figura 1) pode ser caracterizada como uma dicotiledônea pertencente à ordem *Myrtiliflorae*, subordem *Myrtineae* e família *Myrtaceae*, que contém cerca de 102 gêneros e 3.024 espécies conhecidas, distribuídas e cultivadas, principalmente em países de clima tropical e subtropical. No gênero *Psidium*, a mais importante é a goiabeira, classificada como *Psidium guajava* L., considerada também essencial dentro da família das *Myrtaceae* (Manica et al., 2000).

O fruto da goiabeira é classificado botanicamente como uma baga, pois as sementes são formadas dentro de um mesocarpo carnoso com espessura variável, contendo quatro a cinco lóculos cheios por uma massa de consistência macia, onde estão alojadas as sementes (Piza Jr. & Kavati, 1994). As plantas da cultivar Pedro Sato são vigorosas, bastante produtivas, com as folhas elípticas e de tamanho grande. Produzem frutos grandes, de formato oblongo com o mesocarpo firme, espesso, de cor rosada, sabor agradável, casca bem rugosa, com uma cavidade central (endocarpo) cheia e com inúmeras sementes (Manica et al., 2000).



FIGURA 1 Espécie vegetal (*Psidium guajava* L.) cultivar Pedro Sato.

Embora a goiabeira possa florescer e frutificar continuamente ao longo do ano, em regiões climáticas onde a temperatura e a umidade do solo não sejam limitantes, no Brasil, a época normal de produção de goiaba ocorre entre janeiro e março, mas por meio de práticas culturais, como a poda e irrigação, é possível realizar a colheita durante todo o ano (Manica et. al., 2000). A qualidade da

goiaba pode ser influenciada por vários fatores, destacando-se, principalmente, o estágio de maturação, a cultivar e as condições climáticas durante o período de crescimento dos frutos. A goiaba é muito frágil, facilmente danificada por manuseio inadequado durante e após a colheita. Dessa forma, a qualidade do fruto é dependente da adoção de um conjunto de medidas, que se iniciam na formação do pomar e terminam com a distribuição do fruto no mercado consumidor (Chitarra & Chitarra, 1990).

2.3 Maturação

A maturação é um evento no ciclo vital dos frutos por transformá-los em produtos atrativos e aptos para o consumo humano. Corresponde a um processo fisiológico irreversível que estabelece o final do desenvolvimento dos frutos e o início da senescência, podendo ser definida como a seqüência de mudanças na cor, sabor, aroma e textura (Chitarra & Chitarra, 1990). A mudança quantitativa mais importante durante a maturação de muitos frutos é a hidrólise de polímeros de carboidratos, dos quais a hidrólise de amido e sua conversão em açúcares contribuem para o sabor agradável e a hidrólise de pectinas que é normalmente responsável pelo amaciamento dos frutos (Awad, 1993).

A goiaba é uma fruta que amadurece rapidamente e, quando colhida plenamente madura, ela apresenta uma pequena capacidade de conservação. Os frutos devem ser colhidos já totalmente desenvolvidos, porém, com a cor externa ainda verde e polpa firme (ponto “de vez”), quando destinados ao consumo *in natura* e para locais distantes (Manica et al., 2000). O amadurecimento é acompanhado por uma série de processos bioquímicos e físicos que conduzem à síntese e à degradação de pigmentos, transformação do amido em açúcares, perda de firmeza, produção de voláteis e aumento na respiração de frutos climatéricos (Andrews & Li, 1994).

2.4 Respiração e etileno

A respiração é o principal processo fisiológico que continua ocorrendo após a colheita. Nesta etapa, a respiração se realiza graças às reservas acumuladas pela fruta, uma vez que ela não depende mais da absorção de água e nutrientes pelas raízes e da atividade fotossintética das folhas da planta que a produziu. Após a colheita, os frutos têm vida independente e utilizam suas próprias reservas de substratos. Todavia, as atividades não são única e exclusivamente catabólicas, uma vez que alguns órgãos vegetais utilizam a energia liberada pela respiração para continuar a síntese de pigmentos, enzimas e outras substâncias (Chitarra & Chitarra, 1990).

Com relação ao padrão respiratório e de produção de etileno durante a maturação dos frutos, Awad (1993) classificou os frutos em climatéricos e não climatéricos. Os frutos climatéricos caracterizam-se por apresentar rápido aumento da respiração, atingindo o pico respiratório e taxas elevadas de produção de etileno durante a maturação, enquanto que nos frutos não-climatéricos a maturação é relativamente mais lenta, sendo acompanhada de variação pouco significativa da respiração e produção de etileno.

Chitarra & Chitarra (1990), Yamashita & Benassi (1998) e Azzollini (2002) citaram em seus trabalhos que a goiaba é um fruto climatérico, por apresentar aumentos acentuados na taxa respiratória e na liberação de etileno durante a fase de maturação.

O etileno é um hormônio vegetal de estrutura simples que está envolvido em inúmeros processos, desde a germinação de sementes até o amadurecimento e senescência de frutos. É um hidrocarboneto gasoso que pode difundir-se dentro e fora dos tecidos vegetais, podendo afetar o fator qualidade de produtos hortícolas, como cor, textura, sabor e aroma (Lelièvre et al., 1997). Em tecidos vegetais, o etileno é produzido a partir da L-metionina, que é transformada em S-adenosilmetionina (SAM), o qual origina o ácido 1-aminociclopropano-1-

carboxílico (ACC), por meio da ação da ACC sintase, com recuperação da 5-metiloadenosina (MTA). O ACC é transformado em etileno pela ação da ACC oxidase (Yang & Hoffman, 1984).

A taxa de produção de etileno pode ser influenciada pelo ambiente, por meio da ação da temperatura, dos gases CO₂ e O₂, bem como pelas injúrias causadas por insetos, doenças, danos mecânicos e pela ação de reguladores vegetais (Taiz & Zeiger, 2004).

2.5 Umidade e perda de massa

O principal fator responsável pela perda de massa fresca dos frutos é a transpiração, que está diretamente associada com a respiração. A perda de água dos alimentos pode ser tão intensa que prejudica a aparência e a aceitabilidade do produto, pois leva ao enrugamento, ao amolecimento e à perda de brilho, tornando os frutos mais suscetíveis às deteriorações (Chitarra & Chitarra, 1990). Segundo estes autores, uma perda de água de apenas 3% a 6% implica não só em redução de massa, mas também em murchamento e perda da consistência, fatores que afetam a aparência, firmeza, cor e sabor dos frutos.

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

A determinação da umidade nos alimentos é de grande importância, pois a água exerce grande influência em várias características, tais como aparência, sabor, textura e susceptibilidade à deterioração. Além disso, ela solubiliza

compostos importantes, como vitaminas, minerais, açúcares e ácidos, e permite o desenvolvimento de microrganismos que podem comprometer a segurança do alimento (Bobbio & Bobbio, 1995).

2.6 Sabor e aroma

O sabor e o aroma são características complexas de frutos e hortaliças e são influenciados pelo ambiente e pela maturidade do produto durante a colheita e manuseio na pós-colheita. O amadurecimento, em geral, conduz a um aumento na doçura devido ao aumento no teor de açúcares simples, decréscimo da acidez e da adstringência, pela redução no teor de ácidos e fenólicos e aumento nas características do sabor e aroma, principalmente pela emissão de compostos voláteis (Chitarra & Chitarra, 1990).

O aroma envolve diminutas quantidades de substâncias voláteis, tais como ésteres, aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos, as quais experimentam mudanças à medida que os frutos desenvolvem-se, amadurecem ou deterioram-se. O sabor é dado pela presença de certos constituintes solúveis e voláteis, como açúcares, sais e ácidos orgânicos, os quais, dependendo de sua concentração, oferecem uma sensação de doçura, salinidade, acidez ou amargor (Salunkhe et al., 1991).

O sabor e o aroma são afetados por diferentes fatores, tais como a cultivar, condições ambientais durante o cultivo, práticas culturais e manuseio pós-colheita. O manuseio da fruta após a colheita e as condições de armazenamento podem provocar mudanças no grau de acidez da fruta, teor de sólidos solúveis e compostos fenólicos (Awad, 1993).

2.7 Acidez total titulável e pH

A acidez de um fruto é dada pela presença dos ácidos orgânicos, componentes que são de grande importância, não apenas para as goiabas

destinadas ao processamento industrial, mas também para as goiabas destinadas ao consumo *in natura*, uma vez que a acidez tem uma importância fundamental no sabor dos frutos (Manica et al., 2000). O teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminui com a maturação em decorrência do processo respiratório ou da conversão de açúcares (Chitarra & Chitarra, 1990). Dessa forma, a variação na acidez pode ser um indicativo do estágio de maturação do fruto, já que a acidez decresce em função do avanço da maturação.

Em goiabas, os índices mais satisfatórios devem estar em torno de 0,8% quando expressa em teor de ácido cítrico e 3,6 a 4,1 para o valor de pH. A acidez da goiaba deve-se à presença de ácidos orgânicos, principalmente o ácido cítrico e o málico, com menor quantidades de ácidos láctico, tartárico, ascórbico, galacturônico, glicólico e fumárico (Manica et al., 2000).

A capacidade tampão de alguns sucos permite que ocorram grandes variações na acidez total titulável, sem variações apreciáveis no pH. Contudo, uma pequena variação nos valores de pH pode ser detectável nos testes organolépticos. Os frutos perdem rapidamente a acidez com o amadurecimento, havendo, em alguns casos, um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação (Chitarra & Chitarra, 1990).

2.8 Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais (SST) também são tidos como indicadores do grau de maturidade e estão relacionados com o sabor dos frutos. São constituídos por compostos solúveis em água, que representam substâncias, tais como açúcares, ácidos, vitaminas, aminoácidos e algumas pectinas (Silva, 1997). De acordo com Pantástico (1975), temperaturas médias elevadas e alta luminosidade aumentam o teor de sólidos solúveis totais em razão da maior atividade fotossintética e maior acúmulo de carboidratos nos frutos.

O teor de SST em goiabas de diferentes cultivares é variável. Lima et al. (2002), caracterizando frutos de goiabeira e selecionando cultivares na região do submédio São Francisco, relataram que algumas cultivares tiveram teores de SST variando de 7,2 a 10,9 °Brix. As cultivares Paluma, Lucknow 49 e Banahas destacaram-se pelos valores mais elevados. Azzolini et al. (2004), estudando os estádios de maturação e a qualidade pós-colheita de goiabas cv. Pedro Sato, citaram que o teor de SST é uma variável que influencia na qualidade organoléptica e nutricional da goiaba. Relataram que o discreto aumento do teor de SST ocorrido durante o armazenamento pode ser devido à conversão de polissacarídeos da parede celular em açúcares solúveis.

2.9 Açúcares totais, frutose e sacarose

Dentre as reações químicas que ocorrem durante a maturação, uma das mais proeminentes é a modificação dos carboidratos, os quais abrangem um dos maiores grupos de compostos orgânicos que desempenham importantes características na estrutura, sabor e valor nutricional dos frutos.

Os açúcares são compostos naturais, geralmente sólidos, cristalinos e incolores. Os açúcares totais podem representar de 4,71% a 11,36% do peso total da goiaba fresca. Destes, a sacarose, a glicose e a frutose respondem por 74% a 98%, aparecendo ainda, em menores quantidades, outros açúcares, como o inositol, a arabinose e a maltose (Manica et al., 2000).

Chitarra & Chitarra (1990) citam que a doçura da goiaba é resultante da proporção entre frutose, glicose e sacarose que, juntamente, com os ácidos orgânicos dá o sabor e o aroma característico do fruto. A elevação nos teores de açúcares deve-se à maturação do fruto, que também ocasiona decréscimo na acidez e adstringência, pela redução no teor de compostos fenólicos e pelo aumento nas características do aroma devido à emissão de compostos voláteis. Contudo, este teor mais elevado de açúcares permanece por curtos períodos

durante o armazenamento, decrescendo após o armazenamento prolongado. Os conteúdos de açúcares da goiaba podem variar consideravelmente de acordo com a cultivar, condições climáticas e o estágio de maturação da fruta no momento da sua colheita.

2.10 Vitamina C

A goiaba é valorizada nutricionalmente pelo seu elevado teor de vitamina C, a qual se concentra em maior quantidade na parte externa da fruta (casca e polpa). Segundo Chitarra & Chitarra (1990), cerca de 90% das necessidades de vitamina C (ácido ascórbico) do homem advém de frutos e hortaliças. A goiaba encontra-se entre as principais fontes dessa vitamina, com teores em torno de 200 a 300 mg por 100 g de polpa.

A principal forma biologicamente ativa da vitamina C é o ácido ascórbico, mas o produto de sua oxidação, o ácido deidroascórbico, também é ativo. Análises químicas mostraram grandes variações na concentração de vitamina C nas diversas partes do fruto, como pericarpo, polpa e miolo, cujo teor diminui do exterior para o interior do fruto (Manica et al., 2000).

Os frutos mais verdes são os mais ácidos e possuem um maior teor de vitamina C, enquanto que os frutos mais maduros apresentam os maiores teores de açúcares e menores teores de vitamina C. O conteúdo de ácido ascórbico aumenta no fruto durante os estádios iniciais de desenvolvimento até a maturação total e, quando o fruto está maduro, o conteúdo cai significativamente (Chitarra & Chitarra, 1990).

Yamashita & Benassi (2000), estudando a influência da embalagem e atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação do ácido ascórbico em goiabas, verificaram que a goiaba pode ser considerada uma boa fonte de vitamina C, devido à alta concentração de ácido ascórbico ($88,60 \pm 6,63$ mg/100g de polpa) encontrado inicialmente no fruto. Os frutos tratados

com cálcio não apresentaram diferença na taxa de degradação de ácido ascórbico em relação aos não tratados e os frutos embalados com PD-900 (copolímero laminado produzido pela Grace Ltda com nome comercial de Cryovac PD-900) apresentaram maior retenção de ácido ascórbico.

2.11 Polifenóis

Os vegetais possuem compostos fenólicos agrupados em diferentes classes, de acordo com sua estrutura química. Algumas dessas substâncias são responsáveis pela sensação de adstringência dos frutos e, portanto, estão relacionadas com o sabor e outros são pigmentos e se relacionam com a coloração. O teor de compostos fenólicos em frutos varia largamente com a espécie, cultivar, local de cultivo e estação do ano (Chitarra & Chitarra, 1990).

As classes de compostos que se encontram em maior quantidade nos frutos são os ácidos cinâmicos e seus derivados e os compostos com estrutura flavan (mono, oligo e poliméricos). A adstringência em frutos verdes é uma sensação bem conhecida, desaparecendo ou sendo reduzida com o amadurecimento. Essa perda de adstringência pode ou não estar associada a uma diminuição no conteúdo de fenólicos, ou com sua polimerização. Os fenólicos polimerizados são largamente distribuídos, tanto entre as espécies como em relação à sua localização dentro do fruto, sendo mais concentrados na casca do que na polpa (Chitarra & Chitarra, 1990).

O conteúdo de polifenóis na goiaba muda durante a maturação do fruto (Tabela 1). Segundo Tucker (1993), goiabas jovens contêm 620 mg por 100g de peso fresco, 65% do qual são taninos condensados. Mas este nível diminui com a maturação do fruto. A grande porcentagem de polifenóis em goiabas é de flavans, especialmente heteropolímeros proantocianidinas, compostos de (+)-catequina e (+)-galocatequina.

Bashir & Abu-Goukh (2003) estudaram as mudanças na composição durante o amadurecimento de goiabas de polpa branca e rosada e verificaram que os compostos fenólicos na polpa e casca de ambos os tipos de goiaba diminuíram com a diminuição da firmeza da polpa, sendo esta diminuição mais acentuada nas goiabas de polpa branca. Os autores relataram que a diminuição da adstringência estava associada com o aumento na polimerização de leucoantocianinas e a hidrólise do adstringente éster arabinose do ácido hexahidroxiidifênico. Relataram também que a casca de ambos os tipos apresentou maiores teores de fenólicos totais do que a polpa e isso pode ter significância para plantas, protegendo o fruto contra doenças e pragas (insetos).

TABELA 1 Compostos fenólicos em goiaba em fase de maturação

Goiaba	Compostos fenólicos (% ácido tânico)			
	Dímero	Oligômeros	Poliméricos	Totais
Verde	0,13	0,24	0,07	0,43
De vez	0,09	0,24	0,14	0,43
Madura	0,11	0,26	0,15	0,52

Fonte: Chitarra & Chitarra, 1990.

2.12 Firmeza e substâncias pécticas

As células dos tecidos vegetais são circundadas por paredes celulares, as quais são fisicamente rígidas, fornecendo suporte mecânico aos diferentes tecidos. Nas plantas superiores, a parede celular é composta por três camadas denominadas lamela média, parede primária e parede secundária. A composição química e a estrutura física da parede celular variam entre espécies e cultivares (Fernandes, 2000). Os componentes mais importantes da parede celular são os

polissacarídeos: celulose, hemicelulose e as substâncias pécticas, embora proteínas, lignina, água, assim como compostos inorgânicos, podem também estar presentes (Goodwin & Mercer, 1986).

O amolecimento do fruto é a transformação mais característica que ocorre durante sua maturação. A perda da consistência do fruto pode ocorrer devido à perda excessiva de água e à diminuição da pressão de turgescência das células, quando o fruto é conservado em atmosfera com umidade relativa baixa, ou pode resultar da decomposição enzimática da lamela média e da parede celular. Para a maioria dos vegetais, o amaciamento torna-se aparente e o produto é considerado impróprio quando a perda de umidade atinge entre 4% e 8% (Awad, 1993).

As substâncias pécticas (Figura 2) encontram-se depositadas na parede celular, atuando como um material cimentante, sendo responsáveis pelas mudanças de textura dos frutos (Chitarra & Chitarra, 1990). São derivadas do ácido poligalacturônico e ocorrem na forma de protopectina, ácidos pectínicos, ácidos pécticos e pectinas. Em frutos, a textura firme confere uma maior resistência ao transporte e armazenamento, o que reflete em maior durabilidade na fase pós-colheita e menores perdas. Apesar de ser um parâmetro físico, está relacionado com a solubilização de substâncias pécticas. Frutos com elevada porcentagem de pectina solúvel são geralmente de textura fraca, amolecidos e pouco resistentes (Manica et al., 2000).

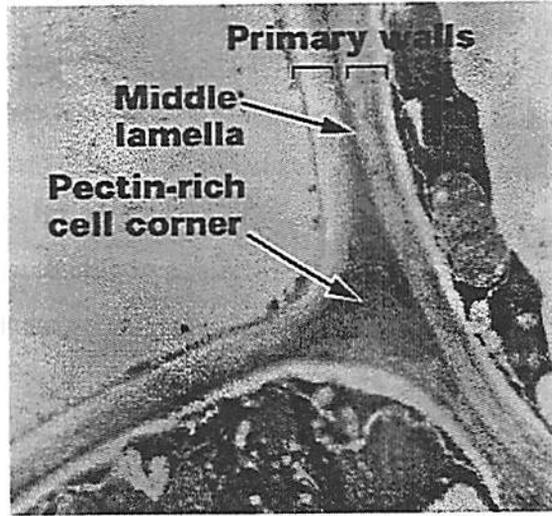


FIGURA 2 Localização das substâncias pécnicas na lamela média (Fonte: CD American Society of Plant Physiologists, 2001).

Analisando o efeito de injúrias mecânicas na firmeza de goiabas das cultivares Paluma e Pedro Sato, Mattiuz & Durigan (2001), verificaram que, com relação à injúria por compressão, não foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares testadas, mas com relação ao impacto, os frutos da cv. Paluma tiveram uma firmeza significativamente maior que os frutos da cv. Pedro Sato. Evangelista et al. (2000), verificaram a influência da aplicação de cálcio (0%; 2,5% e 5,0%) na textura de mangas cv. Tommy Atkins armazenadas sob refrigeração e relataram que houve diferenças significativas entre os valores médios obtidos para a textura, tendo os frutos tratados com cloreto de cálcio apresentado textura mais firme.

2.13 Enzimas degradadoras da parede celular

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

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

A enzima pectinametilesterase (PME) (EC 3.1.1.11) é conhecida por desesterificar compostos pécticos constituintes da parede celular das plantas. A hidrólise de grupos metil-éster, catalisada por esta enzima, produz uma pectina com menor grau de metilação, a qual sofre a clivagem pela poligalacturonase (PG). Assim, o efeito sinérgico dessas duas enzimas tem um importante papel no processo de amolecimento do fruto durante o estágio de amadurecimento. A desmetilação da pectina resulta em um maior número de grupos carboxílicos, o que pode facilitar a ação da PG, que degrada substâncias pécticas, preferivelmente desesterificadas (Assis et al., 2001).

A poligalacturonase (PG), que é encontrada na maioria dos frutos, catalisa a hidrólise das ligações α -(1-4) entre os resíduos de ácido galacturônico no interior da cadeia de pectina. Essa enzima é classificada em dois grupos, com base na sua ação sobre o substrato. A exo-PG (EC 3.2.1.67) hidrolisa as ligações glicosídicas de forma seqüencial, a partir da extremidade redutora, formando monômeros de ácido galacturônico, ao passo que a endo-PG (EC 3.2.1.15) hidrolisa ao acaso qualquer ligação glicosídica que não esteja associada à

extremidade redutora, formando monômeros, dímeros, trímeros, etc., de ácido galacturônico (Chitarra & Chitarra, 1990).

Outras enzimas pécticas também têm sido estudadas e relacionadas ao amaciamento dos frutos. A perda de certos açúcares neutros, especialmente galactose, foi observada durante o amadurecimento de frutos, como morango, tomates e maçãs (Pressey, 1983). Uma enzima capaz de catalisar esse declínio é a β -galactosidase (EC 3.2.1.23), ou seja, esta enzima promove a clivagem de ligações β -(1-4) de galactanas produzindo resíduos galactosil durante o amadurecimento de frutos. Sua atuação tem sido verificada nas extremidades não redutoras, por isso, é considerada uma exo-galactanase (Smith et al., 1998). Diversas isoformas de β -galactosidase já foram associadas ao amadurecimento.

Evangelista et al. (2000), estudando a influência da aplicação pré-colheita de cálcio (0%, 2,5% e 5%) na atividade de β -galactosidase de mangas 'Tommy Atkins', relataram que quanto maior a concentração de cálcio aplicada, menor a atividade observada.

Ranwala et al. (1992), chegaram à conclusão de que o amaciamento da polpa de melões se dá na ausência da atividade da PG, mas mostram um envolvimento das β -galactosidases na modificação dos polissacarídeos estruturais da parede desses frutos, sugerindo um papel importante dessas enzimas no amaciamento da polpa.

2.14 Efeito da temperatura

Dentre as principais causas que aceleram o processo de maturação, senescência e deterioração de frutos *in natura*, destacam-se as atividades enzimáticas e microbianas. A utilização de baixas temperaturas permite reduzir a velocidade dessas alterações, prolongando a vida de prateleira dos frutos (Gottinari et al., 1998). Segundo Chitarra & Chitarra (1990), existe uma temperatura ideal para a maturação de cada tipo de fruto, para que o mesmo

alcance um máximo de qualidade comestível. Temperaturas inferiores ou superiores não são satisfatórias, podendo acarretar injúrias fisiológicas.

O armazenamento refrigerado é uma dos métodos mais efetivos e práticos utilizados para o prolongamento da vida útil dos frutos. A temperatura de armazenamento é, portanto, o fator ambiental mais importante, uma vez que regula as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos dos vegetais, otimizando o tempo para comercialização. Entretanto, a exposição do fruto à temperatura fora de sua faixa fisiológica aceitável altera seu metabolismo e provoca a morte das células devido à injúria pelo frio (Thé et al., 2001).

A goiaba é muito sensível à baixa temperatura, a qual causa a injúria dos frutos, conhecida por friagem (chilling), que ocorre nas temperaturas que variam de 0° a 5°C (Manica et al., 2000). Segundo Lutz & Hardenburg (1968), goiabas para o consumo ou industrialização podem ser conservadas na faixa de 7,2°C a 10°C e umidade relativa de 90% durante 2 e 3 semanas, e que as temperaturas de 0°C a 2,2°C causam danos às frutas.

Para as goiabas ‘Branças de Kumagai’, Botelho et al. (2002), verificaram que estes frutos eram sensíveis à baixa temperatura quando tratados com solução de cloreto de cálcio a 5°C, por 2 horas, levando a distúrbios fisiológicos, ou seja, um tipo de “chilling injury”, verificado pelo aumento nas taxas respiratórias e menor conservação pós-colheita.

2.15 Ação do cálcio

Os efeitos do Ca^{2+} nos frutos têm sido de grande importância, visto que as aplicações desse cátion produzem efeitos positivos na preservação da integridade e funcionalidade das membranas celulares e na manutenção da consistência firme do fruto (Awad, 1993).

Em frutos, os sais de cálcio têm sido utilizados na pré-colheita e pós-colheita, visando prolongar a vida de prateleira. O tratamento com cálcio teria a

função de retardar os processos de amadurecimento e senescência de frutos e diminuir a perda de massa, devido à incorporação deste mineral à estrutura da parede celular, reduzindo a permeabilidade ao vapor de água e prolongando a vida útil do produto (Poovaiah, 1986). A presença desse elemento, além de conferir resistência ao material péctico, limita a ação da PG, uma vez que a formação de pectato de cálcio (Figura 3) formado é resistente à degradação pela PG.

A aplicação deste produto na ampliação da vida pós-colheita tem sido estudada para os frutos, com a obtenção de resultados promissores. Vários trabalhos de pesquisa já foram relatados demonstrando efeitos positivos do tratamento com cálcio na redução da taxa respiratória, da produção de etileno e na redução da perda de massa, bem como na manutenção das qualidades organolépticas dos frutos (Bangerth, 1979; Poovaiah, 1986).

Em goiabas 'Sadar', Singh et al. (1982), verificaram que a imersão dos frutos em solução a 1% de nitrato de cálcio proporcionou menor perda de massa fresca, redução da taxa respiratória e manutenção das qualidades organolépticas dos frutos por mais de 6 dias, enquanto aqueles não tratados se mantiveram em condições aceitáveis para o consumo por apenas 3 dias.

(A)

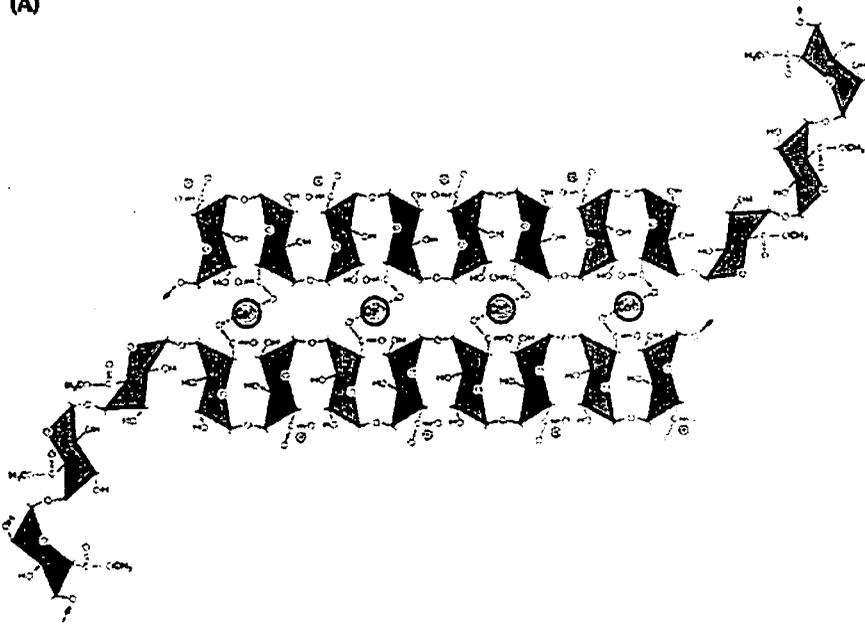


FIGURA 3 Possíveis interações cálcio-pectato na parede celular (Fonte: CD American Society of Plant Physiologists, 2001).

Em goiabas 'Branca de Kumagai', tratadas com solução de CaCl_2 a 5°C , nas concentrações de 0%, 0,5%, 1,5%, 2,5% e 3,5% e mantidos à temperatura ambiente, verificou-se que o tratamento na concentração de 0,5% de CaCl_2 estendeu em 34,8% (3,2 dias) o período de conservação dos frutos, reduziu a taxa respiratória e a perda de massa fresca, tendo as doses mais elevadas reduzido a conservação pós-colheita dos frutos (Botelho et al., 2002).

2.16 Benefícios do 1-MCP

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

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

O 1-MCP é um composto volátil que tem demonstrado ser um potente inibidor da ação do etileno (Serek et al., 1995). Embora seja um gás, ele tem sido formulado como pó, o qual libera o ingrediente ativo quando misturado a uma solução básica ou água. O 1-MCP liga-se fortemente ao sítio de ligação do etileno em nível de membrana celular, inibindo, assim, o seu estímulo fisiológico, influenciando no processo de amadurecimento dos frutos (Sisler & Serek, 1997). É comercializado com o nome de Ethylbloc e sua aplicação comercial em culturas comestíveis foi formulada pela AgroFresh com o nome comercial de SmartFresh. Ambos, Ethylbloc e SmartFresh, são aprovados para uso nos Estados Unidos (Hamrick, 2001) e, recentemente em vários outros países.

O tempo de exposição ao 1-MCP, recomendado para a maioria dos frutos, é de 12 a 24 horas para que se obtenha boa eficiência do produto. Ele tem sido utilizado com sucesso na conservação de flores, frutos e hortaliças. Tem sido verificado um aumento na vida útil desses produtos de forma bastante efetiva, mantendo uma boa qualidade (Bassetto, 2002). A ação do 1-MCP depende da concentração aplicada, do tempo e da temperatura de exposição, da espécie, da cultivar e do grau de maturidade do fruto.

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

Lelièvre et al. (1997), comentam que o amolecimento dos frutos é um dos processos do amadurecimento mais sensíveis ao etileno. A maior firmeza dos frutos tratados com as maiores concentrações de 1-MCP está,

provavelmente, associada à redução da atividade das enzimas pectinolíticas, induzida pela menor ação do etileno. Resultados similares foram obtidos com maçã (Fan et al., 1999) e banana (Pinheiro, 2004). O fato de o 1-MCP ser um gás, além de não ser tóxico, não ter odor desagradável e poder ser utilizada em baixas concentrações, o credencia para uso comercial.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP consultoria e comércio, 2002. p.364-367.

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

ASSIS, S.A.; LIMA, D.C.; OLIVEIRA, O.M.M. F. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. **Food Chemistry**, v.74, p.133-137, 2001.

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

AZZOLINI, M. **Fisiologia pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato': Estádios de Maturação e padrão respiratório.** 2002. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência)-Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AZZOLONI, M.; JACOMINO, A.P.; SPOTO, M.H.F. Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.29-31, abr. 2004.

BANGERTH, F. Calcium related physiological disorders of plants. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.17, p.91-122, 1979.

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

BASHIR, H.A.; ABU-GOUKH A.A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chemistry**, v.80, p.557-563, 2003.

BASSETTO, E. **Conservação de goiaba 'Pedro Sato' tratada com 1-MCP: concentração e tempo de exposição.** 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomias)-Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

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

BOTELHO, R.V.; SOUZA, N.L.; PERES, N.A.R. Qualidade pós-colheita de goiabas 'Branca de Kumagai', tratadas com cloreto de cálcio. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.24, n.1, p.063-067, abr. 2002.

BUCHANAN, J.G. Biochemistry & molecular biology of plants. [S1]:American Society of Plant Physiologists, 2001. 1CD.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: Esal/Faepe, 1990. 320p.

CHOUHDURY, M.M.; COSTA, T.S.; ARAÚJO, J.L. P. Goiaba: pós-colheita. Brasília: Embrapa, 2001. 45p. (Série Frutas do Brasil).

EVANGELISTA, R.M.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I. F. Influência da aplicação pré-colheita de cálcio na textura e na atividade das enzimas poligalacturonase, pectinametilesterase e β -galactosidase de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.24, p.174-181, dez. 2000. (Edição Especial).

FAN, X.; BLANKENSHIP, S.M.; MATTHEIS, J.P. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. Journal of the American Society for Horticultural Science, v.124, p.690-695, 1999.

FERNANDES, M.A.F. Influência da atmosfera modificada e armazenamento no escurecimento de pêssegos cv. Marli. 2000. 115p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

GOTTINARI, R.A. et al. Frigoconservação de pêssego. Revista Brasileira de Agrociência, v.4, n.1, p.47-54, jan./abr. 1998.

HAMRICK, D. Ethylbloc goes liquid. Grower Talks. Cidade: Editora, 2001. v.65, 105p.

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

KLUGE, R.A.. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.7, p.895-901, jul. 2002.

LELIÉVRE, J.M. et al. Ethylene and fruit ripening. **Physiology Plantarum**, v.101, p.727-739, 1997.

LIMA, M.A.C.; ASSIS, J.S.; NETO, L.G. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.273-276, abr. 2002.

LUTZ, J.M.; HARDENBURG, R.E. **The comercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**, U.S.: Dept. Agriculture, 1968.(Agriculture Handbook, 66).

MANICA, I. et al. **Goiaba**. Porto Alegre: Cinco continentes, 2000. 374p. (Serie Fruticultura Tropical, 6).

MATTIUZ, B.H.; DURIGAN, J.F. Efeitos de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiaba 'Paluma' e 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.282-287, ago. 2001.

NUTRIÇÃO BRASIL. **Goiaba**. v.3, n.3, maio/jun. 2004.

PANTÁSTICO, E.B. **Phostharvest of tropical and subtropical fruit and vegetables**. Westport: AVI, 1975. 560p.

PINHEIRO, A.C.M. **Qualidade pós-colheita de banana 'maçã' submetida ao 1-MCP**. 2004. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)- Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PIZA JR, C.T.; KAVATI, R. **A cultura da goiabeira de mesa**. Campinas: CATI, 1994. 29 p. (Boletim Técnico, 219).

POOVAIAH, B.W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Oxford, v.16, p. 86-89, 1986.

- PRESSEY, R. β -galactosidase in ripening tomatoes. **Plant Physiology**, Rockville, v.71, p.132-135, 1983.
- 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.
- SALUNKHE, D.K.; BOLIN, H.R.; REDDY, N.R. **Storage processing and nutritional quality of fruits and vegetables: fresh fruits and vegetables**. 2.ed. Boston: CRC, 1991. v.1, 323p.
- SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.394, p.337-345, 1995.
- SILVA, J.M. **Uso da atmosfera modificada no armazenamento de abacaxi cv. Smooth cayenne**. 1997. 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SING, B.P.; SING, H.K.; CHAUHAN, K.S. Effect of postharvest calcium treatments on the storage life of guava fruits. **Indian Journal of Agricultural Science**, v.51, n.1, p.44-47, 1982.
- SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Plant Physiology**, v.100, p.577-582, 1997.
- SMITH, D.I.; STARRETT, D.A.; GROSS, K.C. A gene coding tomato fruit β -galactosidase II is expressed during fruit ripening. **Plant Physiology**, Rockville, v.117, p. 417-423, 1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Etileno: o hormônio gasoso. Fisiologia vegetal**. 3.ed. Artmed, 2004. 719p.
- THÉ, P.M.P. et al. Modificações na atividade enzimática em abacaxi 'Smooth Cayenne' função da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.364-370, mar./abr. 2001.
- TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. Cap.1, p.1-52.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Influência de diferentes embalagens de atmosfera modificada sobre a aceitação de goiaba brancas de mesa cv. Kumagai mantidas sob refrigeração. Alimentos e Nutrição, v.9, p.9-16, 1998.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava* L.). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.20, n.1, p.27-31, jan./abr. 2000.

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

CAPÍTULO 2

RESUMO

LINHARES, Lucília Alves. Goiaba 'Pedro Sato' I: Perda de massa, firmeza, rendimento e umidade. In: _____. **Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas 'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno**. 2005. Cap. 2, p.28-52. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

As goiabas (*Psidium guajava L.*) são classificadas como frutos perecíveis por seu curto período de conservação pós-colheita. Apresentam um elevado teor de umidade e são metabolicamente ativas logo após a colheita, o que contribui para uma rápida deterioração, impossibilitando o transporte e armazenamento por longos períodos de tempo. Dessa forma torna-se necessário o desenvolvimento de tecnologias para manter a qualidade pós-colheita e aumentar a vida útil da fruta. O tratamento com cloreto de cálcio e com 1-metilciclopropeno já vem sendo utilizado na pós-colheita associado a outras tecnologias com bastante eficiência. Neste trabalho foi avaliado o efeito do tratamento com cloreto de cálcio a 2% por cinco minutos e com 1-metilciclopropeno na concentração de 150 nL/L por 12 horas em câmara hermeticamente fechada em goiabas da cultivar 'Pedro Sato' armazenadas em condições ambiente e refrigerada na manutenção da firmeza, perda de massa, rendimento e umidade desses frutos. As determinações da perda de massa, da firmeza e do rendimento foram realizadas no fruto inteiro, enquanto que o teor de umidade foi realizado apenas no endocarpo das goiabas.

Os tratamentos com cloreto de cálcio e com 1-MCP mostraram-se eficientes na manutenção da firmeza e na redução da perda de massa quando comparado aos frutos controle. No entanto, o tratamento com 1-MCP mostrou-se mais eficaz em promover a extensão da vida pós-colheita das goiabas. Quanto ao rendimento, não houve diferenças entre os tratamentos, mas referente aos dias de maturação houve diminuição no rendimento em polpa e aumento relativo no rendimento em miolo e semente provavelmente em função da maior perda de água da polpa, parte externa do fruto. Embora a goiaba seja bastante suscetível a perda de massa após a colheita decorrente do processo de transpiração, sugere-se que esta perda tenha ocorrido na parte externa da fruta, uma vez que o teor de umidade no endocarpo não tenha apresentado variação.

ABSTRACT

LINHARES, Lucília Alves. Guava 'Pedro Sato' I: mass loss, firmness, yield and moisture. In: _____. **Chemical, physical and enzymatic transformations of guavas 'Pedro Sato' treated at post-harvest with calcium chlorite and 1-methylcyclopropene.** 2005. Cap. 2, p.28-52. Dissertation (Master in Agrochemistry and Agrobiotechnology) - Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

Guavas (*Psidium guajava L.*) are classified as perishable fruits for their short post-harvest keeping period. They present a high content of moisture and are metabolically active soon after harvest, which contributes towards a fast deterioration, making both transport and storage impossible for long periods of time. Thus, the development of technologies to maintain the post-harvest quality and increase shelf life of the fruit becomes necessary. The treatment with calcium chlorite and with 1-methylcyclopropene has been used at post-harvest associated with other technologies with a great deal of efficiency. In this work the effect of the treatment with 2% calcium chlorite for five minutes with 1-methylcyclopropene at the concentration of 150 nL/L for 12 hours in a tightly closed chamber on guavas of the cultivar 'Pedro Sato' stored under room and refrigerated conditions in the maintenance of firmness, mass loss, yield and moisture of those fruits. The determinations of mass loss, firmness and yield were accomplished on the whole fruit, while moisture content was performed only in the endocarp of the guavas.

The treatments with calcium chlorite and with 1-MCP proved to be efficient in the maintenance of firmness and in reducing mass loss as compared with the control fruits. Nevertheless, the treatment with 1-MCP proved more effective in promoting extent of post-harvest life of the guavas. As regards yield, there were no differences among the treatments, but concerning the days of maturation, there was decrease in yield in pulp and relative increase in core and seed yield as related with of the greater water loss of the pulp, external part of the fruit. Although, the guava is greatly susceptible to mass loss after harvest due to transpiration process, it is suggested that this loss may have taken place on the external part of the fruit, since the moisture content in the endocarp has presented no variation.

1 INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é um dos frutos de maior importância nas regiões subtropicais e tropicais, não só devido ao seu elevado valor nutritivo, mas pela excelente aceitação do consumo *in natura*, sua grande aplicação industrial, como também porque se desenvolve em condições adversas de clima (Gongatti Netto et al., 1996). Constitui-se em uma das mais importantes matérias-primas para a indústria de sucos, polpas e néctares. Os elevados teores de vitamina C, bem como o agradável sabor e aroma vêm conquistando cada vez mais consumidores de todo o mundo.

A goiaba é um fruto muito perecível, com curto período de conservação em temperatura ambiente, o que obriga a uma comercialização rápida para evitar perdas. Os principais aspectos de deterioração são o rápido amolecimento, a perda de água, a perda de coloração verde e do brilho e a incidência de podridões (Jacomino, 1999).

O emprego de tecnologias eficientes de conservação é dependente do entendimento da fisiologia do fruto. Os conhecimentos a respeito da fisiologia pós-colheita da goiaba, principalmente em relação às cultivares nacionais, ainda são limitados. Em relação ao endocarpo da goiaba, pouco se sabe sobre as principais mudanças que ocorrem durante o desenvolvimento do fruto, principalmente sobre os fatores envolvidos no amolecimento. Na busca de tais conhecimentos, foi realizado o presente trabalho, que consistiu em estudar a perda de massa, a firmeza e o rendimento do fruto como um todo e a umidade do endocarpo de goiabas cv. Pedro Sato tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Colheita dos frutos

Os frutos da goiaba *cv.* Pedro Sato foram colhidos no município de Lavras, Minas Gerais, situado a 21° 14' de latitude sul, 45° 00' de longitude oeste e altitude média de 918 metros. Foram colhidos frutos maduros, com casca verde (de vez), porém apresentando características organolépticas apropriadas para o consumo. A colheita foi realizada no período da manhã, de forma manual, utilizando-se tesouras apropriadas, tendo sido selecionados 243 frutos, em função do tamanho, cor, ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas. Após a colheita, os frutos foram acondicionados em caixas de polietileno e transportados para o Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras, MG.

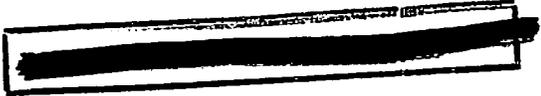
2.2 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado em um esquema fatorial 3 x 4, sendo três tratamentos (controle, cloreto de cálcio e 1-MCP), quatro tempos de análises, correspondendo aos dias 0, 2, 4 e 6 e a parcela foi composta por três frutos, com três repetições, para o experimento à temperatura ambiente. Para o experimento sob refrigeração, o esquema fatorial foi 3 x 6, sendo três tratamentos (controle, cloreto de cálcio e 1-MCP), seis tempos de análises, correspondendo aos dias 0, 5, 10, 15, 20 e 25, sendo a parcela também composta por três frutos com três repetições. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Sanest (Zonta & Machado, 1991).

2.3 Tratamento e preparo das amostras

Os 243 frutos colhidos e selecionados foram lavados em água corrente e separados em três grupos de 81 frutos cada, para a composição dos tratamentos. Foram, então, imersos em solução de hipoclorito de sódio 1% à temperatura ambiente ($\pm 20^{\circ}\text{C}$), por 5 minutos, para desinfecção. Os frutos do primeiro grupo, denominado (1)- Controle, não sofreram nenhum tratamento. Os frutos do segundo grupo, denominado (2)- CaCl_2 , foram imersos em solução de cloreto de cálcio 2% (p/v) por 5 minutos. Os frutos do terceiro grupo, denominado de (3)- 1-MCP, foram submetidos à aplicação de 150 nL.L^{-1} de 1-metilciclopropeno, durante 12 horas em câmara hermeticamente fechada (temperatura ambiente). Após aplicação dos tratamentos (1), (2) e (3), 36 frutos de cada um dos tratamentos (108 frutos) foram armazenados em uma estante de laboratório previamente esterilizada e mantidos por um período de seis dias, a uma temperatura média de $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $84 \pm 6\%$. Os 45 frutos restantes de cada um dos tratamentos (135 frutos) foram armazenados em câmara refrigerada a 10°C e $90 \pm 2\%$ de umidade relativa, por um período de 25 dias.

Para a realização das análises laboratoriais, nove frutos de cada tratamento e de cada tempo foram retirados e separados em grupos de três frutos. Todos os frutos foram pesados e picados, o endocarpo (miolo) foi removido e pesado e, em seguida, estes foram homogeneizados em liquidificador tomando-se o cuidado para não triturar as sementes que também foram pesadas. O miolo homogeneizado foi filtrado em peneira de náilon (poro de aproximadamente 1mm^2) e foi armazenado em freezer até a realização das análises, exceto para vitamina C, acidez total titulável, pH e sólidos solúveis totais que foram feitas no mesmo dia.



2.4 Análises físicas

2.4.1 Perda de massa

As massas dos frutos foram obtidas utilizando-se balança analítica e a perda de massa determinada pela diferença, entre a massa inicial e a massa verificada para cada período de conservação. Os resultados da perda de massa foram expressos em porcentagem, considerando a massa do fruto no dia zero como 100% (como se os frutos não tivessem perdido nenhuma massa).

2.4.2 Firmeza

A firmeza foi medida nos frutos inteiros, utilizando-se penetrômetro manual, MC cornich, modelo FT 327, com ponteira de 8 mm de diâmetro, o qual foi aplicado à região equatorial do fruto, após a remoção de pequena porção da casca. Os resultados foram expressos em Newton (N).

2.4.3 Rendimento

A massa da polpa foi obtida pela diferença entre a massa total do fruto e a massa do miolo. A massa do miolo foi obtida pela diferença entre a massa do miolo inteiro e a massa da semente. O rendimento em polpa foi calculado a partir da massa da polpa e da massa total do fruto e o rendimento em miolo calculado a partir da massa do miolo com semente e a massa da semente. Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.4.4 Umidade

Foi utilizado o método de perdas de água por dessecação em temperatura de 100 a 105°C da amostra de miolo de goiaba, de acordo com a técnica da AOAC (1990).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perda de massa dos frutos inteiros

A análise de variância da perda de massa dos frutos em ambos os experimentos resultou em diferenças significativas para os tratamentos, dias de maturação e para a interação entre esses fatores (Tabela 1A, Anexo A). A perda de massa dos frutos no 6º dia de armazenamento a temperatura ambiente foi de 11,39% para os frutos controle, 10,52% para os tratados com cloreto de cálcio e 8,69% para os tratados com 1-MCP (Figura 1). Após 25 dias de refrigeração, as perdas foram de 21,80% para os frutos controle, 21,13% para os frutos tratados com cloreto de cálcio e 18,60% para os frutos tratados com 1-MCP (Figura 2).

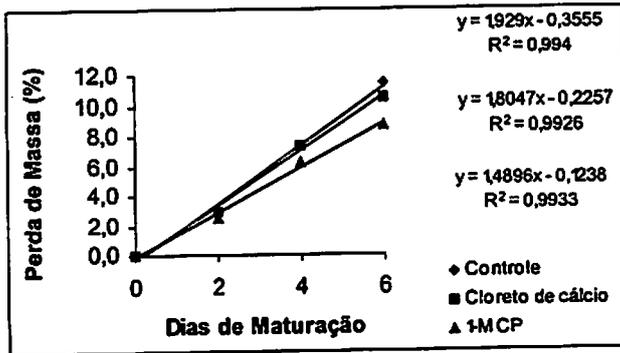


FIGURA 1 Perda de massa de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

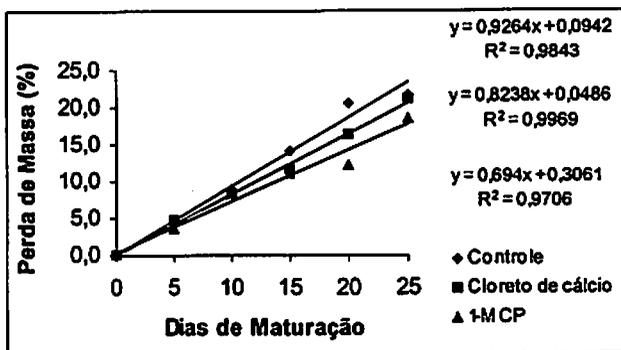


FIGURA 2 Perda de massa de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Apesar de ter ocorrido perda de massa significativa em todos os tratamentos ao longo dos dias de maturação e em ambos os experimentos, verificou-se que a perda de massa foi significativamente mais intensa nos frutos do tratamento controle e que o tratamento com 1-MCP foi mais eficiente em retardar a perda de massa dos frutos.

Sugere-se que a menor perda de massa dos frutos tratados com 1-MCP deve-se ao fato de ele ligar-se ao sítio de ligação do etileno na célula, evitando a ação do mesmo sobre os processos fisiológicos de amadurecimento (Sisler & Serek 1997). A menor perda de massa dos frutos tratados com cloreto de cálcio, quando comparados com os do controle, deve-se à incorporação deste mineral à estrutura da parede celular, reduzindo, assim, a permeabilidade da mesma ao vapor de água devido à formação de pectato de cálcio (Poovaiah, 1986).

A utilização da refrigeração foi efetiva na manutenção da turgidez dos frutos de todos os tratamentos. Segundo Hardenburg et al. (1986), o armazenamento em baixas temperaturas é um método eficiente, que mantém a qualidade da maioria dos produtos hortícolas devido ao seu efeito de redução nos processos de respiração, transpiração, produção de etileno, amadurecimento,

senescência e incidência de podridões. Após 6 dias de armazenamento dos frutos controle à temperatura ambiente, a perda de massa foi de 11,39% contra 8,86%, sendo este valor alcançado somente aos 10 dias de armazenamento em ambiente refrigerado. No entanto, mesmo sob refrigeração, os frutos amaciaram com o avanço da maturação, porém, de forma mais lenta que a temperatura ambiente.

Embora a goiaba seja bastante suscetível a perda de massa após a colheita decorrente do processo de transpiração, sugere-se que esta perda tenha, provavelmente, ocorrido na parte externa da fruta, uma vez que o teor de umidade no endocarpo não tenha apresentado variação. Outro fator a ser considerado é que, durante a maturação dos frutos, ocorrem modificações com os compostos voláteis, promovendo diferenças no aroma, característica esta marcante em goiabas.

A perda de massa encontrada em goiabas armazenadas em temperatura ambiente e refrigerada é variável, em decorrência das condições experimentais utilizadas pelos diferentes pesquisadores. Botelho et al. (2002), tratando goiabas 'Branca de Kumagai' com solução de cloreto de cálcio a 0%; 0,5%; 1,5%; 2,5% e 3,5% a 5°C, verificaram que, embora não tenha havido diferenças significativas entre os tratamentos em termos de porcentagem de perda de massa, observou-se uma tendência de menor perda de massa fresca nos frutos tratados a 0,5% e 1,5% de cloreto de cálcio. Por outro lado, os tratamentos a 2,5% e 3,5% provocaram maior perda de massa fresca, refletindo o efeito prejudicial de doses mais elevadas de cloreto de cálcio. Resultado semelhante foi encontrado por Xisto (2002) que ao estudar goiabas 'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio a 1% durante 30 minutos, relatou que, durante todo o período de armazenamento, os frutos sem cálcio apresentaram maior perda de massa fresca. No fim do período de armazenamento, a perda de massa foi de 13,8% para os frutos sem cálcio e de 11,77% para os frutos com cálcio.

Situação diferente foi relatada por Carvalho et al. (1998) que, ao estudarem a eficiência da concentração de cloreto de cálcio (0%, 4%, 5% e 6%) e do tempo de imersão (5, 10, 20 ou 30 minutos) no tratamento pós-colheita de goiaba 'Branca de Kumagai', verificaram que o valor médio da perda de massa dos frutos do tratamento controle (8,32%) foi praticamente igual ao verificado nos frutos tratados com CaCl_2 , cujo valor foi de 8,38%. Assim, o tratamento com CaCl_2 não reduziu a perda de peso, que normalmente ocorre em frutos armazenados, devido à transpiração e ao consumo de substratos respiratórios. Entretanto, os frutos imersos por 5 e 10 minutos apresentaram tendência de menor perda de peso em todas as concentrações de CaCl_2 testadas.

Bassetto (2002), estudando a conservação de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com 1-MCP em diferentes concentrações e tempo de exposição, relatou que não houve influência da concentração de 1-MCP sobre a perda de massa dos frutos. A perda de massa do fruto colhido é oriunda da respiração e transpiração (Handenburg et al., 1986). Dada a capacidade do 1-MCP em reduzir a respiração, provavelmente esta perda foi devido à transpiração do fruto, efeito que o 1-MCP parece não promover.

3.2 Firmeza

A análise de variância para ambos os experimentos mostrou efeito significativo para os tratamentos, dias de maturação e para a interação destes fatores sobre a firmeza dos frutos (Tabela 2A, Anexo A). Analisando-se as Figuras 3 e 4, verifica-se que durante todo período experimental, a firmeza dos frutos diminuiu com os dias de maturação em todos os tratamentos como resultado do amadurecimento. No entanto, verificou-se que os frutos do tratamento controle tornaram-se mais amolecidos quando comparado aos frutos tratados com cálcio e com 1-MCP, provavelmente devido a uma maior perda de água desses frutos.

Após 12 horas da aplicação dos tratamentos, correspondente ao tempo zero, verificou-se que o tratamento com cloreto de cálcio em ambos os experimentos (Figuras 3 e 4) foi mais eficiente na manutenção da firmeza que os tratamentos com 1-MCP e o controle, sugerindo ter ocorrido formação de pectato de cálcio entre as moléculas de pectina nestes frutos. No entanto, este comportamento deu-se somente no início do experimento, pois, com o decorrer do tempo, verificou-se uma diminuição bastante expressiva nos frutos desse tratamento. Em contrapartida, os frutos tratados com 1-MCP parecem ter conservado mais a firmeza, como pode ser observado pela menor inclinação da reta.

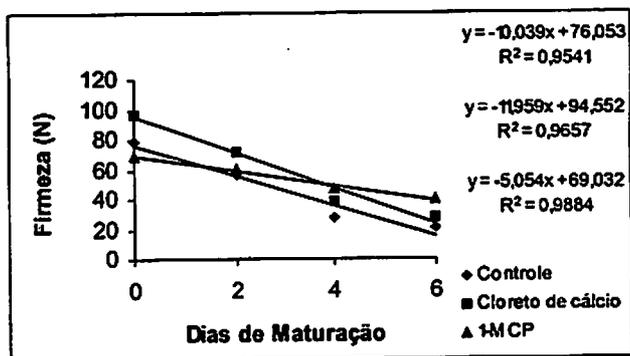
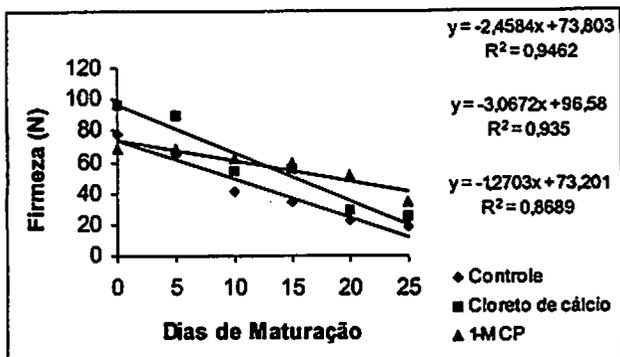


FIGURA 3 Firmeza de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.



..FIGURA 4 Firmeza de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Os valores de firmeza encontrados no experimento à temperatura ambiente variaram de 78,1 a 20,9 N para os frutos controle, de 96,2 a 27,8 N para os frutos tratados com cálcio e de 68,7 a 39,4 N para os frutos tratados com 1-MCP (Figura 3). Em armazenamento refrigerado, os valores oscilaram entre 78,0 a 18,4 N para os frutos controle, de 96,2 a 24,7 N para os frutos tratados com cálcio e de 68,7 a 34,9 N para os frutos tratados com 1-MCP (Figura 4).

Um dos fatores que contribuem para a firmeza da polpa dos frutos é a força de coesão entre as pectinas. Com a evolução do amadurecimento, ocorre atuação das enzimas pectinolíticas que promovem o amolecimento dos frutos. A maior firmeza dos frutos tratados com 1-MCP pode estar associada à menor ação do etileno que, indiretamente, influi na redução da atividade das enzimas pectinolíticas. Com base nos resultados, verificou-se que a temperatura desempenha um papel importante no metabolismo dos frutos, pois, reduzindo-se a temperatura, os frutos apresentaram-se mais firmes, provavelmente devido à redução da atividade respiratória, redução da perda de massa e da produção de etileno pelas frutas.

Comportamento semelhante foi relatado por Lima & Durigan (2002), avaliando o efeito de reguladores vegetais (ácido geribélico, ácido indol-3-acético e cloreto de cálcio a 1% ou 2%) na conservação pós-colheita de goiabas 'Paluma' armazenadas à temperatura ambiente (21,6°C e 73,4% UR). Estes autores observaram que a firmeza dos frutos diminuiu em todos os tratamentos como resultado do amadurecimento, evoluindo de 97,3 N no primeiro dia, para 19,6 N no sétimo dia, sem ser influenciada pelos tratamentos. Não se observou efeito retardador do íon cálcio preconizado por vários autores.

Em goiabas 'Pedro Sato' tratadas com 1-MCP, em diferentes concentrações e tempo de exposição, as goiabas foram colhidas com 86,1 N de firmeza e apresentaram acentuada redução após amadurecimento. Os frutos armazenados durante 14 dias a 10°C + 2 dias a 25°C apresentaram firmeza de 13,4 a 16,5 N e aqueles armazenados durante 21 dias + 2 dias a 25°C apresentaram firmeza de 6,1 a 7,0 N. Os tratamentos exerceram pouca influência na manutenção da firmeza. Apenas os frutos tratados com 240 nL/L mantiveram-se mais firmes que os demais, quando submetidos ao menor tempo de armazenamento (Bassetto, 2002).

Azzolini et al. (2004), avaliaram a influência dos estádios de maturação na qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato' colhidas em três estádios de maturação e armazenadas à temperatura controlada de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de umidade relativa do ar. Estes autores verificaram que, com relação à firmeza da polpa, todos os estádios apresentaram intensa perda de firmeza no decorrer do armazenamento, estabilizando-se entre os valores 21,4 e 26,1 N.

Analisando o efeito de injúrias mecânicas na firmeza de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', Matiuiz & Duringan (2001) verificaram que com relação à injúria por compressão, não se detectou diferenças significativas entre as cultivares testadas (média 61,88 KPa). Mas com relação ao impacto, os frutos da 'Paluma' tiveram uma firmeza significativamente maior (2,85 KPa) que os da

'Pedro Sato' (2,49 KPa), significando uma maior resistência a esse tipo de dano. Jacomino et al. (2003), avaliando a conservação de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com emulsões de cera de carnaúba, verificaram que, de maneira geral, houve decréscimo da firmeza ao longo do armazenamento (2, 4 e 6 dias). As frutas foram colhidas com firmeza da polpa de 47,74 N e, após 6 dias de armazenamento, os valores encontravam-se entre 11,21 e 22,13 N.

3.3 Rendimento das frações obtidas da goiaba (polpa/miolo/semente)

Os resultados da análise de variância referentes ao rendimento em polpa e miolo dos frutos armazenados em condições ambiente e refrigerada não mostraram efeito significativo para os tratamentos e para a interação tratamentos x dias de maturação (Tabelas 3A e 4A, Anexo A). No entanto, o rendimento dos frutos mostrou-se significativamente afetado pelos dias de maturação. Considerando-se as Figuras 5, 6, 7 e 8, o rendimento em polpa, miolo e semente, para ambos os experimentos, foram respectivamente de 72,3%; 22,0% e 5,2% no início do experimento (tempo 0).

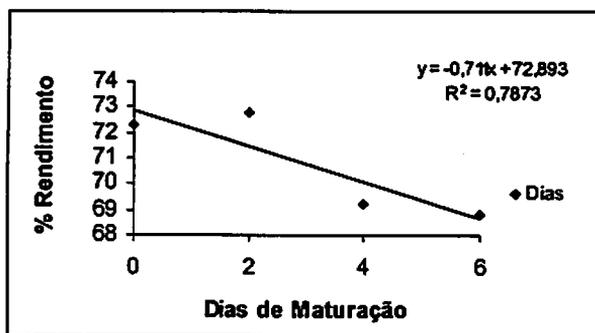


FIGURA 5 Rendimento em polpa de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

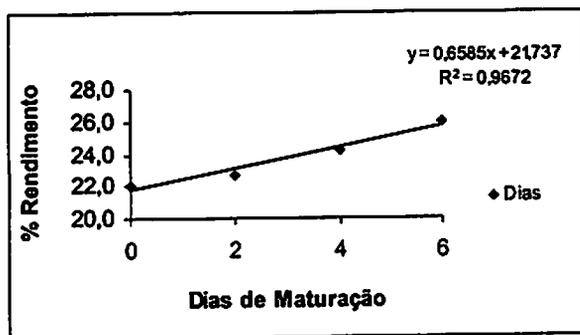


FIGURA 6 Rendimento em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

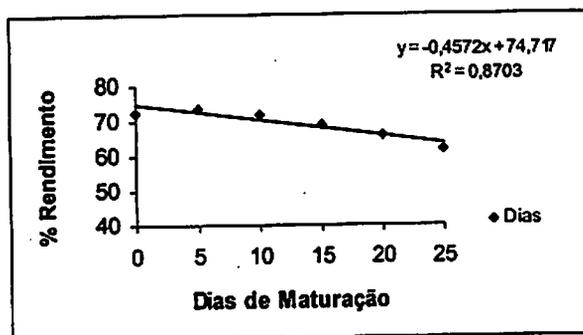


FIGURA 7 Rendimento em polpa de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

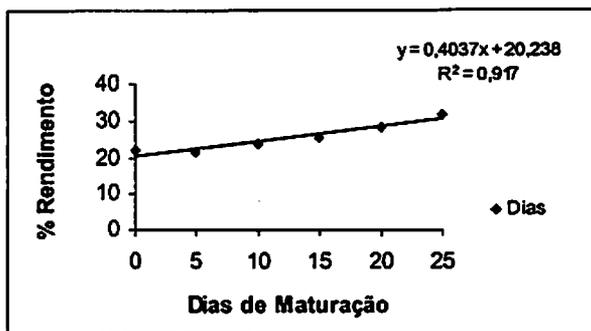


FIGURA 8 Rendimento em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Aos 6 dias de armazenamento em temperatura ambiente os rendimentos foram de 68,8%, 25,9% e 5,7% (Figuras 5 e 6) enquanto que, aos 25 dias do armazenamento refrigerado, os rendimentos foram de 71,1%, 23,4% e 5,5%, respectivamente (Figuras 7 e 8).

Os resultados mostraram diminuição no rendimento de polpa e aumento relativo no rendimento em miolo e semente, provavelmente em função da maior perda de água da casca e polpa, parte externa do fruto. Nos tratamentos com cloreto de cálcio e 1-MCP em temperatura ambiente (Tabela 1), os rendimentos em polpa, miolo e semente foram de 70,1%, 23,5% e 6,4% e 72,0%, 23,2 e 4,7%, respectivamente, mostrando uma pequena influência dos tratamentos no rendimento. Durante o armazenamento refrigerado (Tabela 1) não houve diferença de rendimento entre os tratamentos.

TABELA 1 Médias percentuais de rendimento em polpa e miolo de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Tratamentos	Ambiente		Refrigerado	
	Rend. polpa	Rend. miolo	Rend. polpa	Rend. Miolo
Controle	70,20 ab	24,42 a	69,31 a	25,11 a
CaCl ₂	70,06 b	23,48 a	69,17 a	25,71 a
1-MCP	72,02 a	23,24 a	68,53 a	25,04 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si (teste Tuckey, $p \leq 0,01$).

Os resultados apresentados concordam com a estimativa de Chitarra & Chitarra (1990), segundo a qual, no decorrer da maturação, embora haja pouca mudança na espessura da casca, a proporção do peso total, representada pela casca, diminui, enquanto que a representada pela polpa aumenta. Também reflete no rendimento, pois, quanto menor for a espessura da casca, maior será o aproveitamento do produto. Quanto ao número de sementes, sua importância está na relação com o tamanho do fruto e, portanto, relaciona-se ao rendimento e também com a qualidade do produto.

Lima (1999), em estudo da conservação pós-colheita de goiabas e caracterização tecnológica dos frutos de diferentes genótipos, produzidos em Jaboticabal, relatou que, para goiabas, o rendimento em polpa firme deve ser $\geq 70\%$ e que, em seu experimento, a maioria das plantas produziu frutos com esse rendimento, exceto alguns genótipos. Quando comparados com a cultivar 'Paluma', que apresenta rendimento em polpa firme de 76,1%, todos os genótipos apresentaram frutos com rendimento abaixo desse padrão.

Segundo Lima & Duringan (2000), em estudo da conservação de goiaba 'Pedro Sato', associando-se refrigeração (10°C) com diferentes embalagens

plásticas (sem embalagem, saco de polietileno com furos integrando 5% de sua área total, sacos de polietileno cujos furos integram 10% de sua área total, bandeja de isopor recoberta de filme de PVC esticável, contendo no seu interior sachê de KMnO_4 e bandeja de isopor recoberta com filme de PVC esticável), o rendimento dos frutos diminuiu com o tempo de armazenamento, como resultado do amadurecimento. O rendimento em polpa firme decresceu, mostrando que a perda de massa fresca pelos frutos está associada à perda de água. Os tratamentos SP5% e SP10% foram os que melhor preservaram o rendimento durante o período de armazenamento refrigerado.

De acordo com Silva & Vieites (2000), em estudo das alterações físicas do maracujá-doce submetido à imersão em solução de cloreto de cálcio (0, 1, 2, 3 e 4%) por 2 horas à temperatura ambiente, pode-se dizer que não ocorreu influência das doses aplicadas no rendimento em polpa dos frutos, que foram significativamente semelhantes entre si.

3.4 Umidade no endocarpo

De acordo com Kluge et al. (2002), o teor de água da maioria das frutas varia de 80% a 95%, sendo parte dela perdida pelo processo de transpiração que ocorre através dos estômatos, cutículas e lenticelas. A transpiração é o principal processo envolvido na perda de matéria fresca (massa) das frutas após a colheita.

A análise de variância mostrou que os fatores tratamentos, dias de maturação e interação tratamentos x dias de maturação não foram significativos sobre os teores de umidade no endocarpo (Tabela 5A, Anexo A). Os teores de umidade estão apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4. Em ambos os experimentos, os teores de umidade encontrado no endocarpo das goiabas variaram entre 88,0 e 90,0%. Como os resultados apresentados são referentes ao miolo, parte interna do fruto e estes não apresentaram diferenças com os dias de maturação, sugere-se que a perda de massa encontrada nos frutos inteiros pode ter ocorrido na sua

parte externa (casca e polpa). Esses resultados são concordantes com os apresentados para o rendimento, no qual, com o decorrer do processo de maturação, houve diminuição no rendimento em polpa e aumento relativo no rendimento em miolo.

TABELA 2 Médias percentuais de umidade em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos com cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Tratamentos	Ambiente	Refrigerada
	Umidade %	
Controle	88,35	88,40
Cloreto de cálcio	88,98	89,28
1-MCP	89,12	88,81

Macedo et al. (1995), ao estudarem a polpa de quatro variedades de goiabas (Patillo, Hong Kong Pink, B24 P-2 e B18 P-1), encontraram os seguintes teores de umidade 83,11%; 83,64%; 84,23% e 84,07%, respectivamente. No entanto, Burton (1979), IBGE (1981) e Oliveira (1982) encontraram, em polpa de goiabas, respectivamente 80,60%; 80,80% e 76,10% de umidade.

Pela análise dos resultados, verificou-se que eles são concordantes com diversos autores, segundo os quais a maioria dos frutos possui alto conteúdo de umidade. No presente estudo, apesar do alto teor de umidade presente no interior do fruto, verificou-se que a incidência de lesões por ataque fúngico foi baixa, sendo verificada apenas nos últimos dias de armazenamento.

3.5 Aparência

A aparência é um dos fatores de qualidade mais importantes que determinam o valor de comercialização do produto, sendo avaliada por diferentes atributos, tais como tamanho, forma e coloração. Ao final do período estudado, observando-se os frutos no dia da colheita (Figura 9) e comparando-os com os frutos dos três tratamentos no 6º dia de maturação à temperatura ambiente (Figura 11), verificou-se que o tratamento com 1-MCP foi o mais eficiente na manutenção da qualidade da goiaba, pois apresentou melhor aparência, maior firmeza e menor perda de massa dos frutos, aumentando assim a sua vida pós-colheita.

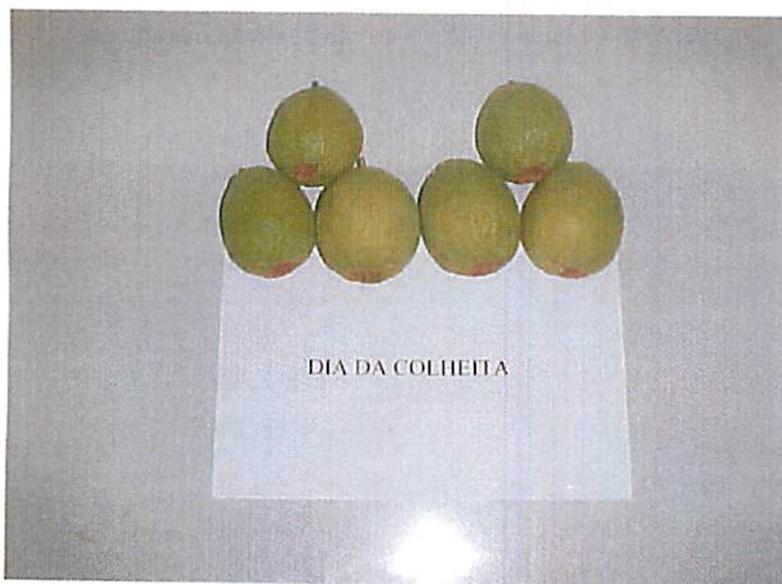


FIGURA 9 Goiabas 'Pedro Sato' no dia da colheita.

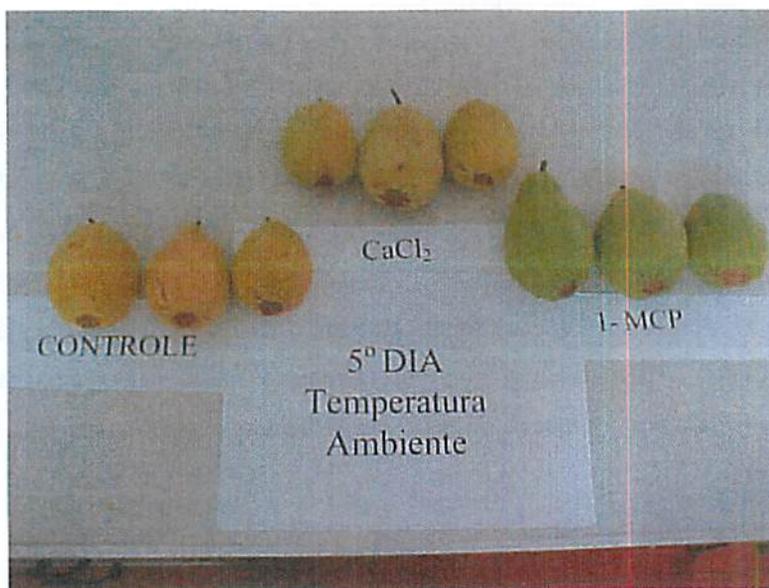


FIGURA 10 Goiabas 'Pedro Sato' no 5º dia de maturação.

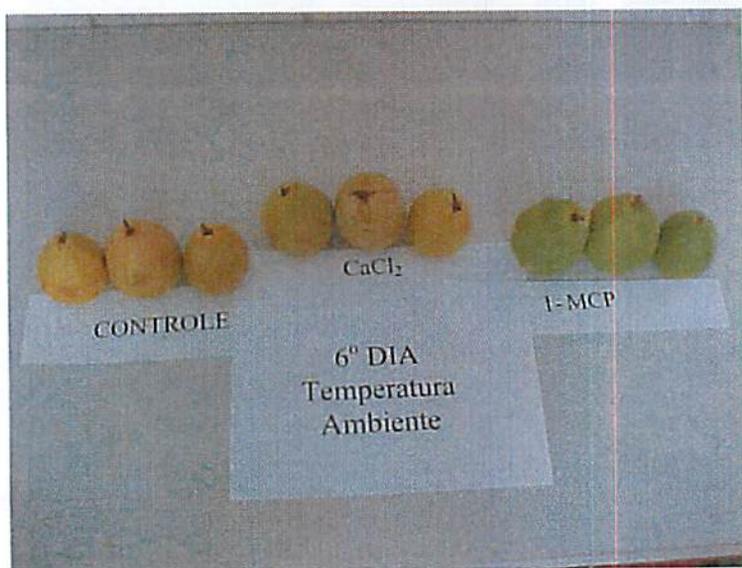


FIGURA 11 Goiabas 'Pedro Sato' no último dia de maturação.

4 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi desenvolvido o presente estudo, os resultados obtidos permitiram concluir que os tratamentos com CaCl_2 e com 1-MCP mostraram-se eficientes na manutenção da firmeza e na redução da perda de massa dos frutos, quando comparados aos frutos controle. No entanto, dentre os tratamentos, o 1-MCP foi o que melhor retardou o desenvolvimento da coloração da casca, proporcionou maior firmeza e menor perda de massa dos frutos, estendendo dessa forma a vida útil das goiabas.

Dentre as formas de armazenamento, o ambiente refrigerado proporcionou aumento de vida útil das frutas, visto que, ao final do experimento, mostraram-se mais verdes e firmes, conferindo melhor aparência quando comparados com os frutos do experimento à temperatura ambiente.

As técnicas empregadas podem ser utilizadas para conservação pós-colheita de goiabas por períodos não muito extensos de armazenamento, pois os resultados obtidos indicaram que estes métodos não impediram o metabolismo dos frutos, apenas tornaram-nos menos intensos, mantendo uma melhor aparência dos mesmos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 15.ed. Arlington, 1990. 2v.
- AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; SPOTO, M.H.F. Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.29-31, abr. 2004.
- BASSETTO, E. **Conservação de goiaba 'Pedro Sato' tratada com 1-MCP: concentração e tempo de exposição**. 2002. p. Dissertação (Mestrado em Agronomias)-Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BOTELHO, R.V.; SOUZA, N.L.; PERES, N.A.R. Qualidade pós-colheita de goiabas 'Branca de Kumagai', tratadas com cloreto de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.063-067, abr. 2002.
- BURTON, B.T. **Nutrição humana**. São Paulo: McGraw-Hill, 1979. 606p.
- CARVALHO, H.A. et al. Eficiência da concentração de cloreto de cálcio e do tempo de emersão no tratamento pós-colheita de goiaba de polpa branca cv. Kumagai. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.20, n.3, p.375-381, dez. 1998.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Esal/Faepe, 1990. 320p.
- GONGATTI NETTO, A. et al. **Goiaba para exportação: procedimento de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1996. 35p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 20).
- HANDERBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **The comercial storage of fruits, vegetables, and florist, and nursery stocks**. Washington: USDA, 1986. 130p. (USDA. Agriculture Handbook, 66).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabelas de composição de alimentos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1981. p.70-71.

JACOMINO, A.P. **Conservação de goiabas 'Kumagai' em diferentes temperaturas e materiais de embalagem.** 1999. 90p. Tese -Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

JACOMINO, A.P. et al. **Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.401-405, dez. 2003.

KLUGE, R.A. et al. **Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. v.37, n.7, p.895-901, jul. 2002.

LIMA, M.A. **Conservação pós-colheita de goiaba e caracterização tecnológica dos frutos de diferentes genótipos produzidas em Jaboticabal, SP.** 1999. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. **Conservação de goiabas 'Pedro Sato', associando-se refrigeração com diferentes embalagens plásticas.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.22, n.2, p.232-236, ago. 2000.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. **Reguladores vegetais na conservação pós-colheita de goiabas 'Paluma'.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.24, n.2, p.370-375, ago. 2002.

MACEDO, B.A. et al.. **Características químicas e físico-químicas de quatro variedades de goiaba adaptadas às condições do Ceará.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.17, n.2, p.39-44, ago. 1995.

MATTIUZ, B.H.; DURIGAN, J.F. **Efeitos de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiaba 'Paluma' e 'Pedro Sato'.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.23, n.2, p.282-287, ago. 2001.

OLIVEIRA, J.E.D.; SANTOS, A.C.; WILSON, E.D. **Nutrição básica.** São Paulo: Sarvier, 1982.

POOVAIAH, B.W. **Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables.** *Food Technology*, Oxford, v.16, p.86-89, 1986.

SILVA, A.P.; VIEITES, R. L. Alterações nas características físicas do maracujá-doce submetido à imersão em solução de cloreto de cálcio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, n. 1, p. 56-59, jan./abr., 2000.

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

XISTO, A.L.R.P. Conservação pós-colheita de goiaba 'Pedro Sato' com aplicação de cloreto de cálcio em condições ambiente. 2002. 47 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. Manual do Sanest: sistema de análise estatística para microcomputadores. Pelotas: UFPel, 1991. 102p.

CAPÍTULO 3

RESUMO

LINHARES, Lucília Alves. Goiaba 'Pedro Sato' II: Análises químicas no endocarpo. In: _____. **Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas 'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno**. 2005. Cap. 3, p.53-93. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

No Brasil, o consumo de goiabas *in natura* vem aumentando acentuadamente por ser um fruto de elevado valor nutricional e por possuir sabor e aroma bastante agradáveis. A goiaba apresenta, em sua composição química, teores consideráveis de minerais, vitaminas A e B, além de constituir-se em excelente fonte de vitamina C. Neste capítulo estão relatados resultados referentes à acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais, açúcares totais, frutose, sacarose, vitamina C, polifenóis, nitrogênio e pectinas total e solúvel do endocarpo de goiabas 'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e com 1-MCP e armazenadas em temperatura ambiente e sob refrigeração. Os resultados revelaram diminuição nos teores de acidez total titulável em ambos os experimentos, salientando-se os frutos tratados com cloreto de cálcio, que tiveram uma diminuição linear durante todo o período de maturação e os frutos tratados com 1-MCP, que apresentaram um comportamento semelhante com o gráfico de respiração de frutos climatéricos. Os valores de pH não sofreram variação significativa. Houve aumento dos teores de sólidos solúveis totais nos frutos controle em ambos os experimentos e diminuição dos teores desta variável nos frutos dos demais tratamentos. Os frutos apresentaram aumento nos teores de açúcares totais em ambos os experimentos, sendo este aumento mais expressivo nos frutos armazenados à temperatura ambiente. Observaram-se oscilações quanto aos teores de frutose e sacarose. Foram detectados aumentos nos teores de vitamina C em ambos os experimentos e durante todo o período de armazenamento dos frutos, sendo este aumento menos acentuado nos frutos tratados com 1-MCP. Houve diminuição nos teores de polifenóis, tendo o tratamento com 1-MCP reduzido o teor dessa variável no endocarpo dos frutos armazenados em ambiente refrigerado. Não foi observada diferença entre os tratamentos quanto ao teor de nitrogênio, porém, verificou-se uma ligeira diminuição desta variável durante os 6 dias de armazenamento à temperatura ambiente e 25 dias de armazenamento refrigerado. Para os teores de

pectina total, verificou-se um comportamento relativamente constante no decorrer dos dias de maturação dos frutos e em ambos os experimentos. No entanto, houve aumento nos teores de pectina solúvel, salientando-se os frutos tratados com cloreto de cálcio e com 1-MCP, que apresentaram teores mais baixos, portanto, solubilização mais lenta. Diante dos resultados, pôde-se concluir que o efeito dos tratamentos no endocarpo das goiabas apresentou variações, sendo este efeito promissor para alguns parâmetros e bastantes discretos ou inexistentes para outros. No entanto, o tratamento com 1-MCP foi o que apresentou os melhores resultados em relação à qualidade do endocarpo das goiabas no final do armazenamento, pois ao final do período estudado, estas apresentaram melhor aparência (miolo menos gelatinoso que os dos frutos controle), menor solubilização de pectinas e maior retenção de vitamina C que os frutos dos outros tratamentos.

ABSTRACT

LINHARES, Lucilia Alves. Guava 'Pedro Sato' II: Chemical analyses in the endocarp. In: _____. **Chemical, physical and enzymatic transformations of guavas 'Pedro Sato' treated at post-harvest with calcium chlorite and 1-methylciclopropene.** 2005. Cap. 3, p.53-93. Dissertation (Master in Agrochemistry and Agrobiochemistry) - Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

In Brazil, the consumption of *in natura* guavas has been increasing drastically for its being a fruit of high nutritional value and for possessing both aroma and flavor quite pleasant. The guava presents in its chemical composition, considerable contents of minerals, vitamins A and B, in addition to being an excellent source of vitamin C. In this chapter are reported results concerning to total titrable acidity, pH, total soluble solids, total sugars, fructose, sucrose, vitamin C, polyphenols, nitrogen and endocarp total and soluble pectins of guavas as 'Pedro Sato' treated at post-harvest with calcium chloride and with 1-MCP and stored under room temperature and under refrigeration. The results revealed decrease in the contents of total titrable acidity in both the experiments, stressing the calcium chlorite treated fruits which had a linear decrease throughout maturation period and the 1-MCP-treated fruits which presented a behavior similar to the respiration plot of climacteric fruits. The pH values underwent no significant variation. There was an increase of total soluble solids contents in the control fruits in both experiments and decrease of the contents of this variable in the fruits of the other treatments. The fruits presented increase in the contents of total sugars in both experiments, this increase being more expressive in the fruits stored at room temperature. Oscillations were found as to the contents of fructose and sucrose. Increases were detected in vitamin C contents in the two experiments and throughout storage period of the fruits, this increase being less marked in the 1-MCP treated fruits. There was a decrease in polyphenol contents, the 1-MCP treatment reduced polyphenol content in the endocarp of the fruits stored in refrigerated room. No difference among the treatments as to nitrogen content was observed, but a slight decrease of this variable was observed during the 6 day storage at room temperature and 25 days' refrigerated storage. For the contents of total pectin, a relatively constant behavior over the maturation days of the fruits and in both experiments. Nevertheless, there was an increase in soluble pectin contents, standing out the calcium chlorite and 1-MCP treated fruits, which showed lower contents, therefore, slower solubilization. In view of the results, it may follow that the

effect of the treatments related with the endocarp of the guavas presented variations, this effect being promising to some parameters and quite distinct or inexistent for others. Nevertheless, the 1-MCP f treatment was the one which presented the best results relative to the endocarp quality of the guavas at the final of storage, for at the end of the studied period, these presented improved appearance, less solubilization of pectins and increased retention of vitamin C than the fruits of then others treatments.

1 INTRODUÇÃO

A goiaba, fruto da goiabeira (*Psidium guajava L.*), é produzida predominantemente em regiões tropicais e subtropicais e possui ainda pouca expressão comercial. Como muitas outras fruteiras nativas do Brasil, possui mercado restrito às regiões produtoras. O fruto é bastante apreciado, não apenas para o consumo *in natura*, como também para o preparo de licores, doces e geléias (Manica et al., 2000).

De modo geral, a água é o componente que apresenta a maior contribuição à massa dos frutos. Outros compostos que participam da composição dos frutos maduros e freqüentemente são solúveis em água são: açúcares (frutose, glicose e sacarose), ácidos (cítrico, málico, tartárico e oxálico), ésteres, flavonóides, aminoácidos, fenóis, vitaminas, terpenos, etc. (Awad, 1993).

Em goiabas, o processo de amadurecimento ocorre rapidamente após a colheita. Goiabas colhidas completamente maduras apresentam capacidade de conservação de um a dois dias, o que inviabiliza a comercialização em mercados distantes. Porém, a antecipação da colheita é motivo de dúvidas em relação à qualidade final do produto (Manica et al., 2000). Técnicas que visem a extensão da fase pré-climatérica têm sido estudadas e aprimoradas com o objetivo de se prolongar a vida pós-colheita, mantendo-se os atributos de qualidade.

Neste capítulo foram estudadas algumas alterações químicas no endocarpo das goiabas, uma vez que pesquisas referentes a essa parte da fruta ainda são inexistentes. Dessa forma, foram estudadas acidez total titulável, pH, sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, frutose, sacarose, vitamina C, polifenóis, nitrogênio e pectinas total e solúvel no endocarpo de goiabas

'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e com 1-MCP e armazenadas em temperatura ambiente e sob refrigeração.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Os procedimentos relativos ao material, delineamento experimental e preparo das amostras, foram seguidos conforme descrito no material e métodos do capítulo 2.

2.2 Análises químicas

2.2.1 Acidez total titulável

Em 10 g de miolo de goiaba foi adicionado água destilada até o volume final de 50 mL. A mistura foi homogeneizada em politron por 5 minutos, filtrada em papel de filtro e a acidez total titulável foi determinada por titulação potenciométrica do filtrado, com solução padronizada de NaOH 0,1 mol.L⁻¹ até pH 8,1 (ponto de viragem da fenolftaleína), segundo a técnica do Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico por 100g de miolo.

2.2.2 pH

O pH foi medido no filtrado preparado para a determinação da acidez total titulável utilizando-se um potenciômetro digital (pH - Meter 512 - Metrohm Herisau) com eletrodo de vidro de acordo com a metodologia descrita pela (AOAC, 1992).

2.2.3 Sólidos solúveis totais

Em 10 g de miolo de goiaba recém-homogeneizada, foi adicionada água destilada até o volume final de 20 mL. A mistura foi homogeneizada em politron por 5 minutos e a suspensão obtida foi filtrada em organza. O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado no filtrado por leitura em refratômetro

digital da marca Atago, modelo PR-100 Pallette, com ajuste automático de temperatura e expresso em graus Brix (°Brix), segundo a metodologia da AOAC (1992).

2.2.4 Açúcares totais, frutose e sacarose

Os açúcares foram extraídos segundo o método descrito por Lane-Enyon, citado pela AOAC (1992). O extrato foi obtido homogeneizando-se 5 g de miolo de goiaba em 50 mL de etanol 95%, deixando-se extrair por 24 horas à temperatura ambiente. Após esse período, a suspensão foi agitada em agitador tipo *shake* por 1 hora e filtrada em papel de filtro. O resíduo foi lavado com mais duas porções de 20 mL de etanol 95% e o filtrado obtido foi evaporado em chapa elétrica a 80°C, até aproximadamente 5 mL. Após a evaporação, completou-se o volume do extrato para 100 mL com água destilada.

Para a determinação dos açúcares utilizou-se o método de antrona, que consiste na desidratação de hexoses e pentoses pelo ácido sulfúrico. Os furfurais formados reagem com a antrona formando um produto de coloração verde, lida no espectrofotômetro a 620 nm.

Para a determinação dos açúcares totais, a mistura de reação consistiu de 0,1 mL do extrato diluído 100 vezes, 0,1 mL de água destilada e 1,0 mL da solução de antrona 0,14% preparada em ácido sulfúrico 14,68 M. Após agitação dos tubos, levou-se à ebulição por 10 minutos, esperou-se esfriar e leu-se a absorbância a 620 nm (Dische, 1962). Para a determinação da frutose, foram utilizados 0,1 mL do extrato diluído 50 vezes, 0,1 mL de água destilada e 1,0 mL da solução de antrona 0,14% preparada em ácido sulfúrico 14,68 M. Após agitação dos tubos, colocou-se em banho-maria a 40°C por 20 minutos, esfriou-se e leu-se a absorbância a 620 nm (Guy, 1992). Para a determinação da sacarose, a mistura de reação consistiu de 0,1 mL do extrato puro e 0,1 mL de KOH 30% p/v. Os tubos foram colocados em ebulição por 10 minutos para

isomerizar a frutose livre para glicose e manose e depois deixou-se esfriar. Adicionou-se 1,0 mL da solução de antrona 0,14% preparada em ácido sulfúrico 14,68 M e colocou-se os tubos em banho-maria a 40°C, por 20 minutos, lendo-se a absorvância a 620 nanômetros (Guy, 1992).

2.2.5 Vitamina C

Em 5 g de miolo recém-homogeneizado foram adicionados 50 mL de ácido oxálico 0,5% (p/v), juntamente com 200 mg de Kielssegur, para retirar os interferentes. A mistura foi colocada em agitação por 15 minutos à temperatura ambiente e filtrada em papel de filtro. O sobrenadante constituiu o extrato de vitamina C. Para analisar o teor de vitamina C das amostras, utilizou-se o método colorimétrico de Roe e Kutether, citado por Strohecker & Henning (1967). Em um tubo de ensaio, adicionaram-se 0,25 mL de extrato, 0,75 mL de ácido oxálico 0,5%, 0,034 mL de 2,6-diclorofenol-indofenol (DFI) 0,2%, 0,25 mL de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) 2% em ácido sulfúrico 25% (v/v). Agitou-se vigorosamente e deixou-se reagindo por 3 horas a 37°C. Após resfriamento à temperatura ambiente, adicionaram-se 1,25 mL de ácido sulfúrico 85% (v/v), com resfriamento simultâneo em gelo, agitou-se e a absorvância foi lida a 520 nm. O teor de vitamina C foi expresso em mg de ácido ascórbico por 100g de miolo.

2.2.6 Polifenóis

Em um erlenmeyer de 250 mL, foram adicionados 0,5 g de miolo de goiaba, 50 mL de metanol 50% e algumas pérolas de vidro. Tampou-se o mesmo com rolha apropriada para refluxo e levou-se a uma chapa aquecedora a 80°C. Após 15 minutos do início da fervura, filtrou-se a solução recolhendo-se o filtrado e ressuspensando o resíduo em 50 mL de metanol 50%. Repetiu-se o procedimento mais uma vez e, após três extrações, descartou-se o resíduo e

evaporou-se os filtrados em chapa aquecedora até o volume de 25 mL. Na quantificação foi utilizado o método de Folin-Dennis, segundo A.O.A.C. (1992) e a mistura de reação consistiu de 0,02 mL do extrato, 1,68 mL de água destilada, 0,1 mL da solução de Folin-Dennis e 0,2 mL da solução de carbonato de sódio saturada. Após agitação, esperou-se por 30 minutos, lendo-se a absorbância a 760 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido tânico por 100 g de miolo.

2.2.7 Proteína

Para a estimativa dos teores de proteína, multiplicaram-se os resultados obtidos do teor de nitrogênio pelo fator 6,25, de acordo com Malavolta et al. (1997), e os resultados foram expressos em g de proteína por 100 g de miolo fresco.

2.2.8 Pectina total e solúvel

Extração

As pectinas totais e solúveis foram extraídas segundo a técnica padronizada por McCread & McCoomb (1952). Em 5 g de miolo de goiaba adicionaram-se 50 mL de álcool etílico 95%, deixando-se em repouso por uma noite (overnight). Após esse período, deixou-se a mistura em agitação por uma hora e filtrou-se em papel de filtro. Em seguida, lavou-se o papel de filtro com uma porção de 25 mL de álcool etílico 95% e transferiu-se o resíduo para um erlenmeyer de 250 mL.

Para a pectina solúvel, adicionaram-se ao erlenmeyer contendo o resíduo, 50 mL de água destilada e colocou-se em agitação por 1 hora. Após, filtrou-se a mistura em papel de filtro e o volume foi completado para 100 mL com água destilada. Para pectina total, foram adicionados ao erlenmeyer contendo o resíduo, 50 mL da solução de versene e ajustou-se o pH para o

intervalo de 11,0-11,5 com NaOH 1,0 mol.L⁻¹. Deixou-se a solução em repouso por 30 minutos e, em seguida, o pH foi ajustado para o intervalo de 5,0-5,5 com ácido acético glacial. Em seguida, foram adicionados aproximadamente 200 mg de pectinase e colocou-se em agitação por uma hora, à temperatura ambiente. Filtrou-se a solução e completou-se o volume para 100 mL com solução de versene.

Para a quantificação das substâncias pécticas, utilizou-se a técnica de Bitter & Muir (1962). Para ambas as pectinas a reação se processou da seguinte forma: em 1,0 mL de extrato diluído foram adicionados 3,0 mL da solução de tetraborato de sódio em H₂SO₄ concentrado com os tubos mergulhados em banho de gelo, agitando-se vigorosamente os tubos e colocando-os em água fervente por 10 minutos. Após resfriamento dos tubos, adicionou-se 0,1 mL de carbazol, agitando-se e colocando-se em água fervente por mais 15 minutos. A cor desenvolvida foi lida após 30 minutos a 530 nm e os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de miolo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Acidez total titulável (ATT) e pH

Em ambos os experimentos, a análise de variância mostrou efeito significativo apenas para os dias e para a interação tratamento x dias de armazenamento sobre os teores de acidez total titulável no endocarpo das goiabas (Tabela 6A, Anexo A). No experimento à temperatura ambiente (Figura 1), verificou-se, para os frutos tratados com cloreto de cálcio, uma diminuição durante os 6 dias de armazenamento, sugerindo uma redução da atividade metabólica desses frutos. No entanto, para os frutos controle e tratados com 1-MCP, observou-se uma diminuição até o segundo dia de armazenamento, aumento do segundo ao quinto dia e posterior diminuição no último período. Nos frutos tratados com 1-MCP, parece haver um prolongamento do pico climatérico, fato este que sugere a eficiência do produto no prolongamento da vida de prateleira dos frutos.

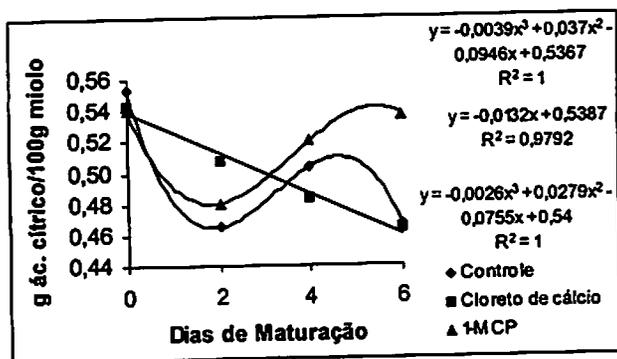


FIGURA 1 Acidez total titulável em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

Os valores variaram entre 0,47% a 0,55% de ácido cítrico para os frutos controle, 0,46% a 0,54% para os tratados com cloreto de cálcio e 0,48% a 0,53% para os tratados com 1-MCP.

No experimento em armazenamento refrigerado (Figura 2), os teores médios de acidez total titulável para os frutos controle, tratados com cloreto de cálcio e com 1-MCP, seguiram um comportamento semelhante aos frutos armazenados em temperatura ambiente. Os valores para os frutos controle, tratados com cálcio e com 1-MCP variaram de 0,55% a 0,56%, 0,54% a 0,49% e de 0,54% a 0,60% de ácido cítrico, respectivamente.

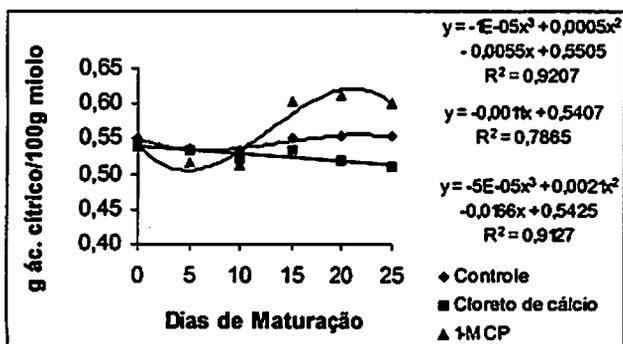
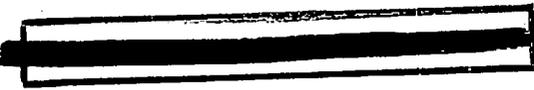


FIGURA 2 Acidez total titulável em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos com cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Na maioria dos frutos é comum observar redução da acidez durante a maturação, devido à utilização dos ácidos orgânicos como fonte de energia. Com o amadurecimento, os frutos perdem a acidez em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares, pois constituem uma excelente fonte de energia por meio de sua oxidação no ciclo de Krebs (Chitarra &



Chitarra, 1990). Os teores de acidez total titulável observados por Xisto (2002) nos frutos sem cálcio variaram de 0,48 a 0,69 g de ácido cítrico por 100 g de polpa e foram ligeiramente inferiores aos observados por Carvalho (1990), que utilizou armazenamento refrigerado em goiabas 'Kumagai'.

Jacomino et al. (2003), avaliando a conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba, verificaram que os valores de acidez total titulável apresentaram variações durante o armazenamento, reduzindo de 0,62% de ácido cítrico, no momento da colheita para valores entre 0,54% e 0,55%, ao final do 6º dia de conservação. Estes resultados são semelhantes aos observados por Mercado-Silva et al. (1998), que também verificaram diminuição no teor de acidez durante armazenamento a 25°C.

Lima (2004), estudando a polpa de goiabas 'Pedro Sato', relatou que os teores de acidez total titulável verificados nos frutos controle variaram de 0,22 a 0,27 g de ácido cítrico por 100 g de polpa. Estes resultados foram inferiores ao encontrado por Yamashita & Benassi (2000) que, estudando a polpa de goiabas da mesma cultivar, relataram que as amostras apresentaram inicialmente valores de $0,41 \pm 0,04\%$ de ácido cítrico e que o emprego do cálcio não afetou significativamente a acidez titulável das frutas.

Com relação ao pH no endocarpo dos frutos analisados em ambos os experimentos, a análise estatística dos dados não apresentou diferenças significativas para os tratamentos, dias de maturação e interação tratamento x dias de maturação (Tabela 7A, Anexo A). O pH variou pouco entre os tratamentos (Tabela 1) e foi ligeiramente superior ao observado por Xisto (2002), que encontrou valores entre 3,66 a 3,74 para a mesma cultivar. A pequena variação de pH pode ser devido ao efeito tamponante, em função da presença simultânea de ácidos orgânicos e de seus sais, impedindo a variação do pH mesmo com o aumento da acidez total titulável (Lehninger, 1990).

Brunini et al. (2003), avaliando a qualidade de polpa de goiaba ‘Paluma’ armazenada a – 20°C, relataram que os valores de acidez total titulável e do pH mostraram que a polpa conservou sua acidez durante o armazenamento. Os valores de pH variaram de 3,15 a 4,03 e estão dentro do limite citados por Yusof (1990) para diversas variedades de goiaba.

TABELA 1 Médias de pH em miolo de goiabas ‘Pedro Sato’ submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Tratamento	Ambiente	Refrigerado
	PH	
Controle	4,29	4,19
Cloreto de cálcio	4,35	4,21
1-MCP	4,31	4,20

3.2 Sólidos solúveis totais (SST)

No decorrer do armazenamento, em ambos os experimentos, não houve diferença significativa dos teores de sólidos solúveis totais em função dos tratamentos, porém, as diferenças foram significativas quanto aos dias de maturação e quanto à interação entre esses fatores (Tabela 8A, Anexo A).

Os teores de SST dos frutos do tratamento controle à temperatura ambiente (Figura 3) apresentaram uma tendência de aumento até o 4º dia de maturação e uma redução a partir desse período. Comportamento semelhante também foi verificado para os frutos controle do armazenamento refrigerado (Figura 4), ou seja, houve um aumento até o 10º dia de maturação e uma redução do 10º ao 25º dia. Os frutos tratados com cloreto de cálcio e 1-MCP não

seguiram o comportamento esperado, ou seja, verificou-se um declínio durante todo o período de armazenamento dos frutos e em ambos os experimentos.

Diante dos resultados torna-se complicado fazer qualquer afirmação sobre os fatores que possam estar relacionados com a diminuição linear dos teores de SST nos frutos tratados com CaCl_2 e com 1-MCP. Analisando-se os resultados, verificou-se, no tempo zero (12 horas após aplicação dos tratamentos), que houve uma diferença entre os teores de sólidos solúveis dos frutos controle em relação aos frutos dos outros tratamentos. Parece que os tratamentos com cloreto de cálcio e 1-MCP promoveram alguma alteração no fruto, fazendo com que mais sólidos solúveis fossem liberados dentro da célula dos frutos destes tratamentos. Outro fator que pode ser considerado relaciona-se com o processo de homogeneização da amostra para análise. Pode ser que, durante o processo de homogeneização dos frutos tratados com CaCl_2 e com 1-MCP, tenha ocorrido um maior rompimento de membranas, fazendo com que outras substâncias saíssem do conteúdo celular, promovendo assim um aumento dos teores de SST nas 12 primeiras horas.

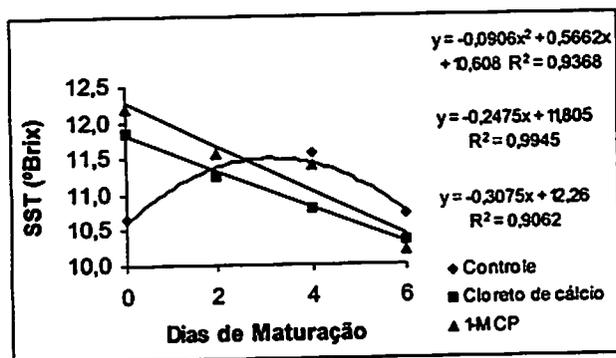


FIGURA 3 Sólidos solúveis totais de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

Embora as Figuras 3 e 4 tenham apresentado o comportamento observado, verificou-se, pelos valores encontrados, que os teores de SST variou pouco durante o amadurecimento. Os teores encontrados para os frutos controle, tratados com cloreto de cálcio e com 1-MCP, em condições ambiente, variaram de 10,65 a 10,70°Brix, de 11,65 a 10,35°Brix e de 12,20 a 10,20°Brix, respectivamente. Em ambiente refrigerado os valores encontrados foram de 10,65 a 10,35°Brix, de 11,85 a 10,50°Brix e de 12,20 a 10,60°Brix. Diminuição nos teores de SST também foram encontrados por Yamashita & Benassi (2000), em goiabas ‘Pedro Sato’.

Brunini et al. (2003), avaliando a qualidade de polpa de goiaba ‘Paluma’ armazenada a -20°C relataram que os teores de sólidos solúveis totais variaram de 9,09 a 7,17°Brix e que esta oscilação foi mais significativa em função do tempo de armazenamento, provavelmente em função do teor de umidade do ambiente que pode ter ocasionado perda de umidade pela polpa, através do filme plástico (sacos de polietileno).

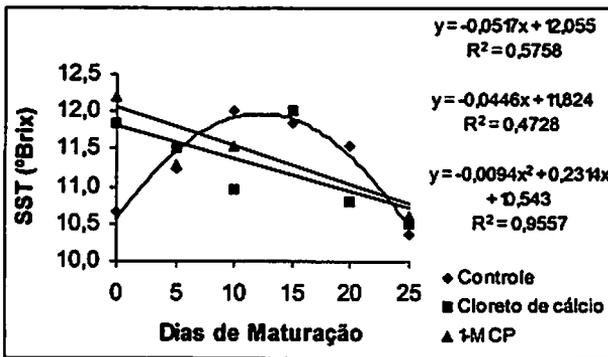


FIGURA 4 Sólidos solúveis totais de miolo de goiabas ‘Pedro Sato’ submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Jacomino et al. (2001), estudando embalagens para conservação refrigerada de goiabas 'Kumagai' verificaram que o teor de sólidos solúveis totais não foi influenciado pelos tratamentos nem pelo tempo de armazenamento. Os frutos apresentaram teor de SST entre 6,5 e 7,0°Brix, ao longo do armazenamento.

Lima & Duringan (2000) verificaram que durante o armazenamento refrigerado, o conteúdo de SST aumentou, o que provavelmente se deve ao amadurecimento, tendo os frutos de todos os tratamentos apresentaram essa tendência. Quando levados para o ambiente, todos apresentaram diminuição, provavelmente devido ao acréscimo na respiração. Pequeno aumento no teor de SST após a colheita também foi verificado por Jacomino et al. (2003), que encontraram 8,56°Brix no momento da colheita para valores entre 9,00 e 10,31°Brix, ao final do experimento.

Pereira et al. (2003), estudando o desenvolvimento de novas cultivares de goiabeira verificaram que os frutos apresentaram teores de SST próximos de 10°Brix, considerados como padrão. Segundo Pereira (1995), teores de sólidos solúveis totais entre 8,0 e 12,0°Brix são considerados satisfatórios para as diferentes cultivares de goiabeira. É possível que a degradação dos polissacarídeos tenha contribuído para o aumento no teor de SST durante o armazenamento, pela liberação de hexoses (Awad, 1993), superando o consumo de açúcares na respiração.



O teor de SST, que geralmente é utilizado como índice de maturação, não apresentou capacidade discriminante dos estádios de maturação (1-verde-escuro, 2-verde-claro, 3-verde-amarelo) na época da colheita. O teor de SST diferenciou o estádio 3 do estádio 1 em apenas 0,7°Brix e o estádio 2 apresentou valores intermediários (Jacomino et al., 2004). De forma semelhante, Mercado-Silva et al. (1998) verificaram que o teor de SST em goiabas não apresenta um bom índice na caracterização dos estádios de maturação dos frutos. O teor de

SST está sujeito a inúmeras variações, o que dificulta o estabelecimento de um intervalo que represente um estágio de maturação.

3.3 Açúcares solúveis totais, frutose e sacarose

Houve efeito significativo para os tratamentos, dias de maturação e para a interação entre esses fatores sobre os teores de açúcares solúveis totais em ambos os experimentos (Tabela 9A, Anexo A). Nas Figuras 5 e 6 observa-se que, com o decorrer dos dias de maturação, os teores de açúcares solúveis totais aumentaram em todos os tratamentos e, em ambos os experimento. Este aumento pode ter ocorrido em função da degradação de polissacarídeos da parede celular, resultando na concentração de açúcares, uma vez que, segundo Ali & Lazan (1997), em goiabas, o amido representa apenas 1% a 3% do total de carboidratos não estruturais, não contribuindo de forma significativa para o aumento do teor de açúcares durante o amadurecimento.

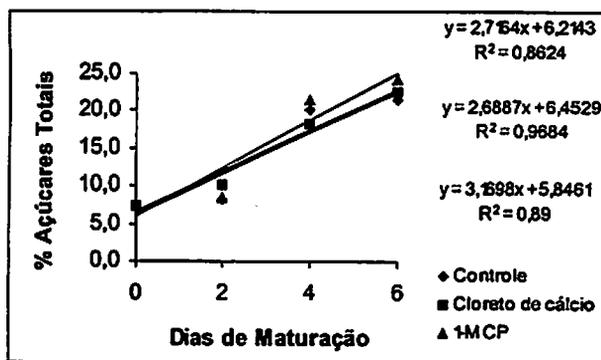


FIGURA 5 Açúcares solúveis totais de miolo de goiaba 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

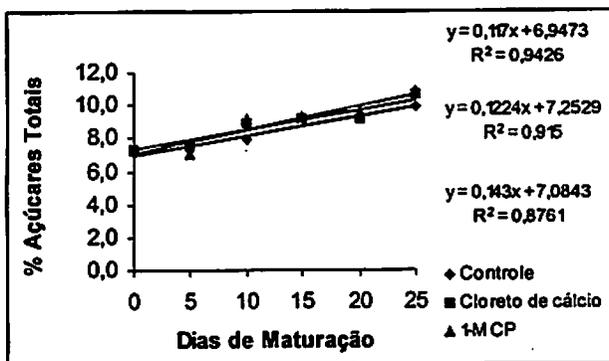


FIGURA 6 Açúcares solúveis totais de miolo de goiaba 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Os teores de açúcares solúveis totais encontrados para o fruto verde e maduro no experimento a temperatura ambiente (Figura 5) variaram de 7,42 a 21,5% nos frutos controle, de 7,25 a 22,6% nos frutos tratados com cloreto de cálcio e de 7,35 a 24,2% nos frutos tratados com 1-MCP. Para o armazenamento refrigerado (Figura 6), os teores variaram de 7,15 a 9,87% nos frutos controle, de 7,35 a 10,6% nos frutos tratados com cloreto de cálcio e de 7,35 a 10,9 nos frutos tratados com 1-MCP. Comparando-se os resultados obtidos no experimento à temperatura ambiente com aqueles obtidos em ambiente refrigerado, observou-se que o uso da refrigeração alterou de alguma forma o processo de amadurecimento dos frutos, uma vez que os valores encontrados foram menores.

O aumento nos teores de açúcares totais durante o amadurecimento de goiaba também foi observado por Bashir & Abu-Goukh (2003), que estudando as mudanças composicionais durante o amadurecimento de goiabas de polpa branca e rosada, verificaram que os açúcares totais aumentaram em ambos os tipos de goiaba com a diminuição da firmeza da polpa. Os autores atribuíram

este aumento durante o amadurecimento à hidrólise do amido a açúcares mais simples.

Xisto (2002), tratando goiabas 'Pedro Sato' com cloreto de cálcio (1g/100mL) a 30°C por 30 minutos, verificou aumento no teor de açúcares totais durante os 4 dias de armazenamento. Os frutos com cálcio mantiveram os teores de açúcares totais em níveis inferiores aos dos frutos sem cálcio, evidenciando que o metabolismo dos frutos controle foi mais intenso.

Para os teores de frutose, a análise estatística dos dados do experimento à temperatura ambiente não apresentou efeito significativo para a interação tratamentos x dias de maturação (Tabela 10A, Anexo A). Com o avanço da maturação, houve um ligeiro aumento nos teores de frutose, uma vez que os frutos apresentaram, aos 6 dias de armazenamento, um teor médio de 6,64%, contra 5,16% verificados no dia da colheita (Figura 7). Quanto aos tratamentos, a Tabela 2 mostra que os tratamentos com cloreto de cálcio e 1-MCP mantiveram os teores de frutose em níveis mais elevados que os dos frutos controles, sendo este comportamento semelhante ao dos açúcares totais.

TABELA 2 Médias percentuais de frutose em miolo de goiaba 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

Tratamento	% Frutose
Controle	5,56 c
Cloreto de cálcio	6,30 b
1-MCP	6,82 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tuckey ($p \leq 0,01$).

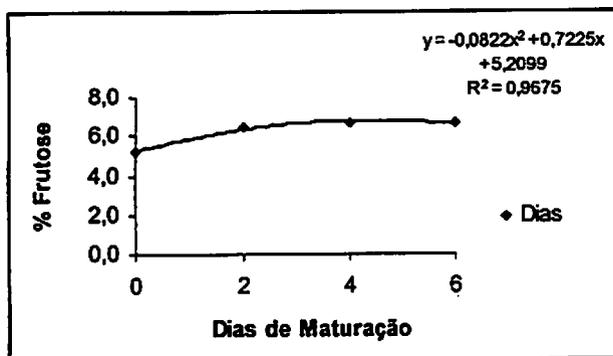


FIGURA 7 Frutose em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

Em armazenamento refrigerado, a análise de variância mostrou efeito significativo para os tratamentos, dias de maturação e para a interação tratamento x dias de maturação sobre os teores de frutose (Tabela 10A, Anexo A).

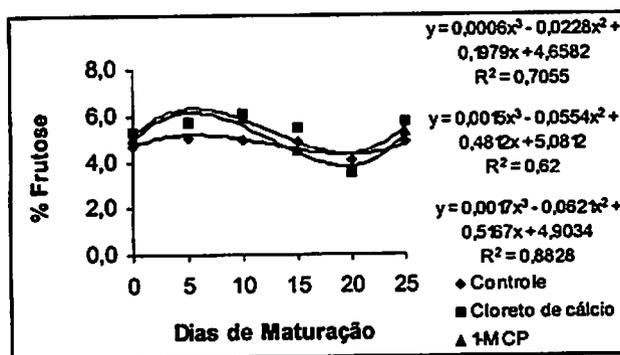


FIGURA 8 Frutose em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em ambiente refrigerado.

Na Figura 8, observa-se que os teores de frutose aumentaram em todos os tratamentos até o 10º dia de maturação do fruto, diminuíram do 10º ao 20º dia e apresentaram novamente um ligeiro aumento a partir desse estágio. Segundo Esteves & Carvalho (1982), o aumento do grau de doçura durante a maturação de goiaba está relacionado com a formação e o acréscimo contínuo de frutose.

Yusof & Mohamed (1987), estudando as mudanças físico-químicas em goiabas 'Vietnãese' durante desenvolvimento e maturação, relataram que um dos componentes que afetam o gosto dos frutos é o conteúdo de açúcares. Estes autores relataram a existência de um aumento quase linear nos teores de frutose com a maturidade do fruto. De acordo com Manica et al. (2000), entre os principais açúcares encontrados na goiaba, a frutose foi o predominante, seguido pela glicose e sacarose. No entanto, o conteúdo de açúcares da goiaba pode variar de acordo com a cultivar, as condições climáticas e o estágio de maturação da fruta no momento da sua colheita.

Para os teores de sacarose no experimento à temperatura ambiente, a análise estatística dos dados não revelou efeito significativo apenas para a interação tratamentos x dias de maturação. No entanto, em ambiente refrigerado o efeito foi significativo para todos os fatores (Tabela 11A, Anexo A). Os resultados encontrados no estudo à temperatura ambiente revelaram uma diminuição nos teores de sacarose até o 4º dia de maturação dos frutos e um pequeno aumento no último dia (Figura 9). Em ambiente refrigerado (Figura 10), os frutos controle tiveram aumento nos teores de sacarose até o 10º dia de maturação do fruto e redução a partir desse estágio. Nos frutos tratados com cálcio e com 1-MCP, verificou-se um aumento até 15º dia de maturação e redução a partir desse período.

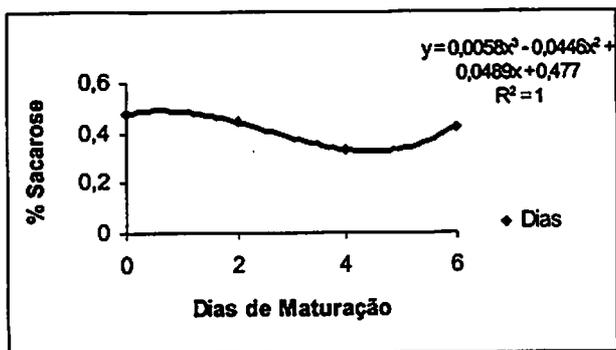


FIGURA 9 Sacarose em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

TABELA 3 Médias percentuais de sacarose em miolo de goiaba 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

Tratamento	% Sacarose
Controle	0,389
Cloreto de cálcio	0,474
1-MCP	0,393

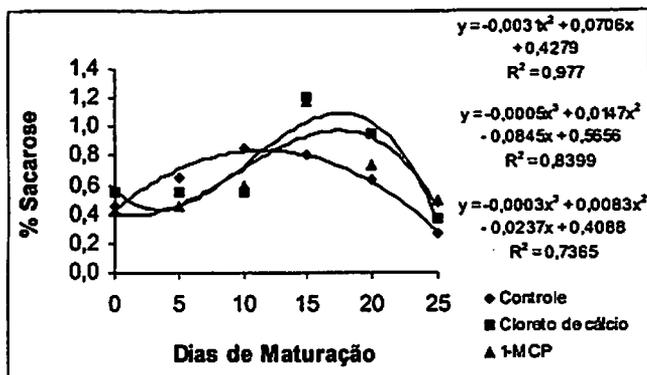


FIGURA 10 Sacarose em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

3.4 Vitamina C

A análise de variância dos teores de vitamina C no experimento à temperatura ambiente resultou em efeito significativo apenas para os dias de maturação e para a interação tratamentos x dias de maturação. No entanto, efeito significativo para todos os fatores foi observado no experimento em ambiente refrigerado (Tabela 12A, Anexo A).

Verificou-se um aumento linear nos teores de vitamina C durante todo o período em que os frutos ficaram armazenados e em ambos os experimentos, indicando síntese dessa vitamina durante o amadurecimento. Os teores de vitamina C encontrados no experimento a temperatura ambiente (Figura 11) variaram nos frutos controle, tratados com cloreto de cálcio e com 1-MCP de 26,5 a 45,4, de 23,5 a 48,4 e de 27,5 a 44,5 mg de ácido ascórbico por 100 g de miolo, respectivamente. Em ambiente refrigerado (Figura 12), os valores encontrados foram de 26,5 a 51,9 para os frutos controle, de 23,5 a 52,6 para os frutos tratados com cálcio e de 27,5 a 45,7 mg de ácido ascórbico por 100 g de miolo para os frutos tratados com 1-MCP.

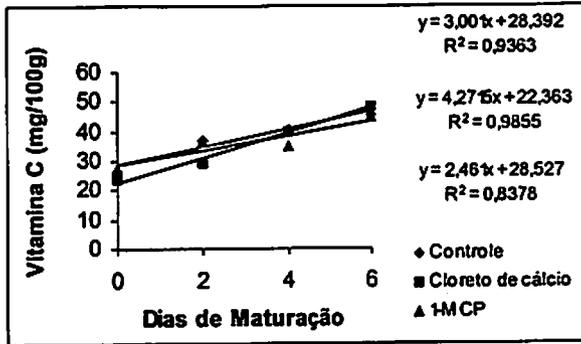


FIGURA 11 Vitamina C de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

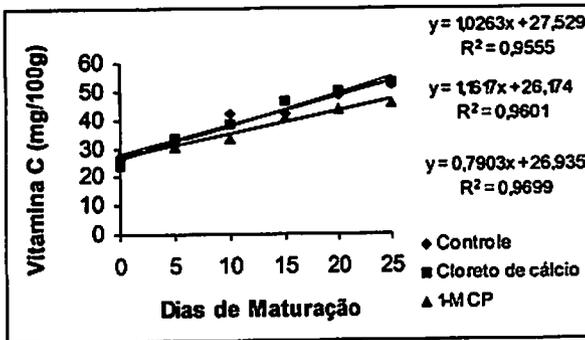


FIGURA 12 Vitamina C de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Lima (2004), estudando a polpa destes frutos, também relatou um aumento no teor dessa vitamina, tendo os valores encontrados por este autor variado de 50,39 a 94,13 mg de ácido ascórbico por 100g de polpa. Estes resultados são condizentes com a literatura que cita que a concentração de

vitamina C varia nas diversas partes do fruto como, pericarpo, polpa e miolo, onde sua concentração diminui do exterior para o interior do fruto.

Comportamento semelhante foi verificado por Jacomino et al. (2001). Estes autores estudando embalagens para conservação de goiabas relataram que o teor de ácido ascórbico foi de 94,0 mg/100g de polpa nas goiabas recém-colhidas e chegou a 153,0 mg/100g de polpa nos frutos do controle, após amadurecimento. Estes resultados concordam com os de Ali et al. (1995) e os de Mercado-Silva et al. (1998), que também verificaram aumento no teor deste ácido durante o amadurecimento de goiaba branca. Mercado-Silva et al. (1998) sugeriram que no decorrer do armazenamento, pode haver uma maior síntese de metabólitos intermediários que promovam a síntese de glucose-6-fosfato, o precursor imediato do ácido ascórbico. De acordo com Tucker (1993) a degradação de polissacarídeos da parede celular possivelmente resulta em um aumento de galactose, que é um dos precursores da biossíntese do ácido ascórbico.

Jacomino et al. (2003), estudando a conservação de goiabas tratadas com emulsões de ceras de carnaúba, relataram que houve redução no conteúdo de ácido ascórbico com o tempo de armazenamento de 64,32 mg/100g de polpa, para valores entre 47,98 e 52,77 mg/100g de polpa ao final de seis dias de armazenamento. Yamashita & Benassi (2000), trabalhando com goiabas 'Pedro Sato', observaram valores médios de ácido ascórbico em torno de 135,58 mg/100g de polpa.

Em estudo da conservação de goiabas 'Pedro Sato' associando-se refrigeração com diferentes embalagens plásticas, Lima & Duringan (2000) observaram que o conteúdo de vitamina C diminuiu com o tempo de armazenamento e com a evolução da senescência. A sua evolução não foi afetada pela embalagem utilizada, mas a refrigeração propiciou uma manutenção de aproximadamente 87,0% do conteúdo inicial (123,0 mg de ácido

ascórbico/100g de polpa) durante todo o período de armazenamento. Quando esses frutos foram levados para temperatura ambiente, o decréscimo dessa vitamina foi mais acelerado, chegando a 64,0 mg de ácido ascórbico/100 g de polpa do teor inicial.

Segundo Pereira (1996), vários fatores podem influenciar o teor de vitamina C para uma mesma cultivar, tais como a época de colheita, o estágio de maturação e as condições climáticas durante o desenvolvimento das frutas.

3.5 Polifenóis

Com relação aos polifenóis, verificou-se que, para o experimento à temperatura ambiente, a análise estatística dos dados apresentou efeito significativo apenas para os dias de maturação e para a interação tratamentos x dias de maturação. No entanto, no experimento sob refrigeração, a análise de variância mostrou efeito significativo para os tratamentos, dias de maturação e para a interação entre estes fatores sobre os teores de polifenóis (Tabela 13A, Anexo A).

Com o decorrer do amadurecimento, observou-se decréscimo nos teores de polifenóis até o 4º dia de maturação (121,77 mg de ácido tânico por 100 g de miolo fresco), ocorrendo um pequeno aumento a partir desse estágio (Figura 13). Segundo Chitarra & Chitarra (1990), um dos fatores que podem explicar a diminuição nos teores dos polifenóis durante a maturação dos frutos, é que, neste estágio, há um aumento gradual na condensação dos fenólicos solúveis, tornando-os insolúveis por se ligarem fortemente a outros componentes celulares. Os compostos fenólicos estão largamente distribuídos em vegetais e são proeminentes em frutos, nos quais exercem influência na cor, na adstringência e na resistência (Kluge et al., 2002).

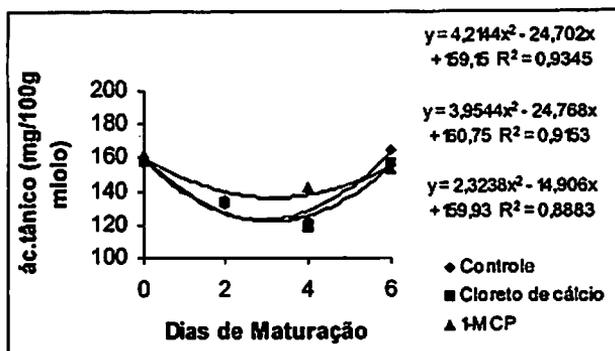


FIGURA 13 Polifenóis em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

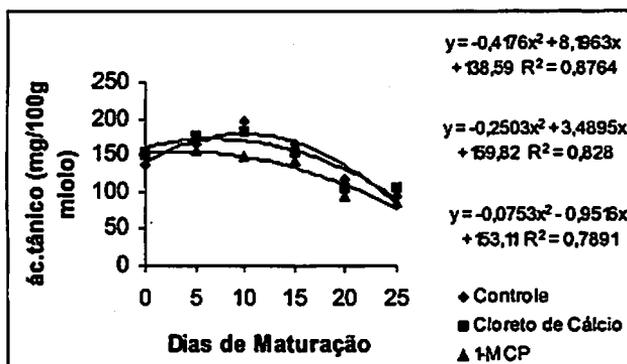


FIGURA 14 Polifenóis em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

No armazenamento refrigerado (Figura 14), verificou-se que, para os frutos controle e tratados com cloreto de cálcio, houve um pequeno aumento nos teores de polifenóis até o 10º dia de maturação e uma posterior diminuição a partir desse estágio. Para os frutos tratados com 1-MCP verificou-se um ligeiro

aumento nos teores de polifenóis até o 5º dia de maturação e uma acentuada diminuição a partir desse período.

Bashir et al. (2003), estudando as mudanças na composição durante o amadurecimento de goiabas de polpa branca e rosada, verificaram que os teores de polifenóis encontrados na polpa e casca de ambos os tipos de goiabas diminuíram progressivamente com a diminuição da firmeza da polpa. No entanto, esta diminuição foi mais acentuada nas goiabas brancas que nas rosadas. Os teores de polifenóis encontrados na casca e polpa de goiabas branca e rosada no início do experimento foram, respectivamente, de 350, 200, 60 e 40 mg de ácido tânico/100 g de peso fresco. Estes autores relataram que o decréscimo na adstringência durante o amadurecimento estava associada com o aumento na polimerização de leucoantocianidinas e a hidrólise do adstringente arabinose éster de ácido hexahidroxidifênico.

De acordo com Chitarra & Chitarra (1990), os polifenóis representam um dos mais abundantes grupos de compostos encontrados na natureza e são de particular interesse na fisiologia pós-colheita por causa de seus papéis no desenvolvimento da cor, sabor e aroma. O escurecimento enzimático é um dos principais fatores que contribuem para a perda de qualidade durante o manuseio pós-colheita de certos frutos, podendo prejudicar a aparência e as características organolépticas, reduzindo a vida útil, o valor nutricional e comercial dos frutos.

3.6 Proteína

A análise estatística realizada detectou efeito significativo apenas para os dias de maturação sobre os teores de proteína em ambos os experimentos (Tabela 14A, Anexo A). Os teores de proteína durante o amadurecimento da goiaba estão apresentados na Tabela 4 e nas Figuras 15 e 16. Para a determinação do teor de proteína, multiplicou-se o teor de nitrogênio total pelo fator 6,25; no entanto, essa determinação de proteína é um valor estimado do

teor protéico real. Os teores de proteína variaram, nos frutos verdes e maduros, de 0,898 a 0,726% de miolo fresco, respectivamente e, no experimento em ambiente refrigerado, de 0,898 a 0,801%, verificando-se uma ligeira diminuição com o decorrer do armazenamento.

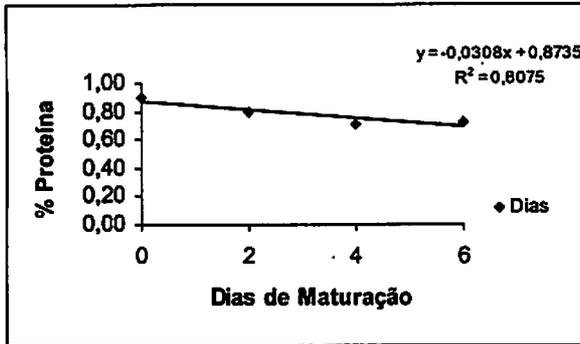


FIGURA 15 Proteína em miolo fresco de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

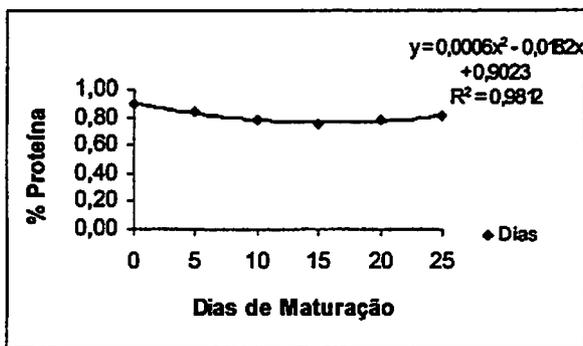


FIGURA 16 Proteína em miolo fresco de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

TABELA 4 Médias percentuais de proteína em miolo fresco de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Tratamentos	Médias	
	Ambiente	Refrigerado
Controle	0,797	0,818
Cloreto de cálcio	0,778	0,809
1-MCP	0,767	0,795

Redução no teor de proteína durante o amadurecimento também foi observada por Ital (1980), que encontrou 0,66% no estágio inicial e 0,35% no estágio final de maturação. Pela análise dos resultados pôde-se verificar uma concordância com a estimativa de outros autores que relatam que a maioria dos frutos é possuidora de baixo conteúdo de proteínas. Segundo Macedo et al. (1995), os teores de proteínas encontradas em goiabas das variedades Patillo, Hong Kong, B24 P-2 e B18 P-1 foram, respectivamente, 0,66%, 0,64%, 0,63% e 0,62%.

3.7 Pectina total e solúvel

A análise de variância dos teores de pectina total para o experimento à temperatura ambiente resultou em diferenças significativas para os tratamentos, dias de maturação e para a interação entre estes fatores. Porém, no experimento em ambiente refrigerado, não foi observado efeito significativo para os tratamentos (Tabela 15A, Anexo A).

Em temperatura ambiente (Figura 17) verificou-se um pequeno aumento no teor de pectina total até o 2º dia de maturação, diminuição do 2º para o 4º dia e posterior aumento a partir deste período. Os valores de pectina total para os frutos controle, tratados com cloreto de cálcio e com 1-MCP, variaram entre

0,89 e 1,00%, 0,84 a 1,05% e de 0,98 a 1,06% respectivamente. Em ambiente refrigerado não foram verificadas diferenças entre os tratamentos (Figura 18).

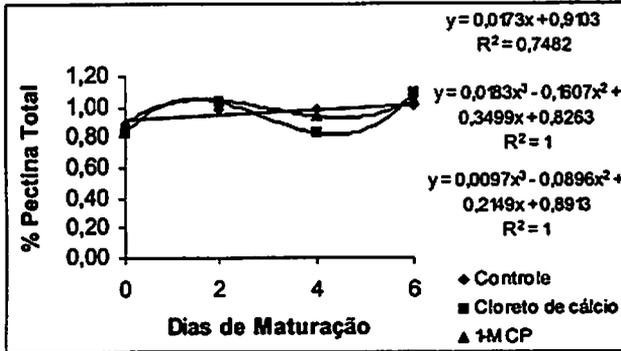


FIGURA 17 Pectina total de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

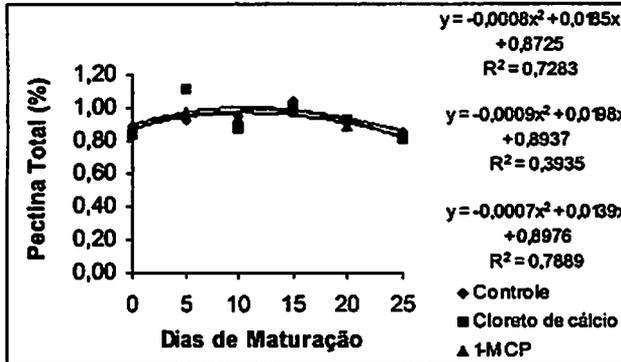


FIGURA 18 Pectina total de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Apesar das pequenas variações encontradas nos teores de pectina total, pode-se dizer que as mesmas apresentaram um comportamento relativamente constante durante todo o período de armazenamento e em ambos os experimentos. Em geral, o teor de pectina total pode permanecer inalterado ou diminuir, como observaram Mowlah & Ito (1983), durante o amadurecimento de goiaba.

Lima (2004), estudando a polpa de goiabas 'Pedro Sato' armazenadas em condições ambiente, relatou que os teores de pectina total variaram entre 0,49 e 0,74% de ácido galacturônico. Estes valores são diferentes dos relatados por Xisto (2002), que encontrou teores de pectina total variando entre 0,34 a 0,41% de ácido galacturônico. Carvalho (1999), estudando goiabas 'Kumagai' armazenadas sob refrigeração, encontrou teores entre 0,99 a 1,24%.

Houve efeito significativo dos tratamentos, dias de maturação e interação tratamentos x dias de maturação sobre os teores de pectina solúvel nos dois experimentos (Tabela 16A, Anexo A). O teor de pectina solúvel aumentou com o amadurecimento em ambos os experimentos, salientando-se os frutos tratados com cloreto de cálcio e com 1-MCP, que apresentaram teores mais baixos e solubilização mais lenta, o que possivelmente contribuiu para que o amaciamento desses frutos fosse menos acentuado, demonstrando que estes tratamentos podem influir reduzindo ou retardando a atividade das enzimas pécnicas.

O aumento nos teores de pectina solúvel, durante o amadurecimento de goiaba, também foi observado por Lima (2004). À temperatura ambiente (Figura 19), o teor inicial de 0,30% nos frutos controle, 0,26% nos tratados com cálcio e 0,24% nos tratados com 1-MCP elevaram-se, no 6º dia de maturação, para 0,48%; 0,46% e 0,41% respectivamente. Em ambiente refrigerado (Figura 20), a variação foi de 0,30% nos frutos controle, 0,26% nos frutos tratados com cálcio

e 0,24% nos frutos tratados com 1-MCP. Após 25 dias de maturação, as variações encontradas foram de 0,59%; 0,54% e 0,51% respectivamente.

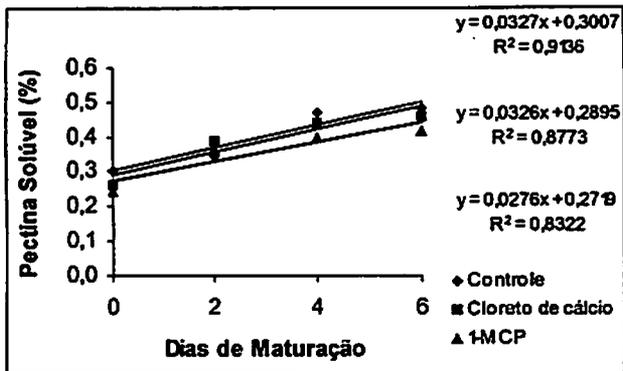


FIGURA 19 Pectina solúvel de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

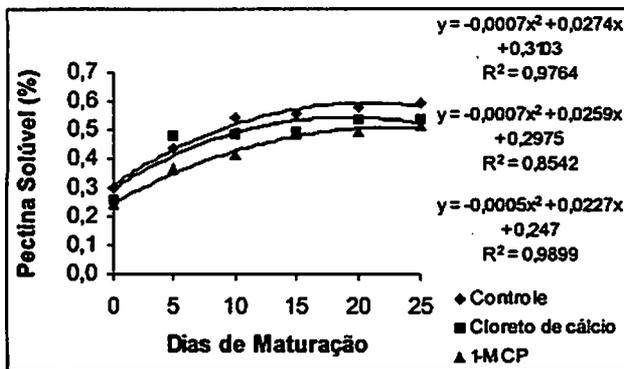


FIGURA 20 Pectina solúvel de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Carvalho et al. (2001), avaliando o efeito da atmosfera modificada sobre componente da parede celular da goiaba 'Kumagai', relataram que, para os teores de pectina total, observou-se um comportamento relativamente constante durante o período de armazenamento (10 dias). No entanto, houve aumento do teor de pectina solúvel com o amadurecimento. O teor inicial foi de 0,09% e elevou-se a 0,45% quando os frutos estavam moderadamente macios e com coloração amarelada.

Lima & Duringan (2002) relataram que, para goiabas 'Paluma', o conteúdo de pectina total nos frutos, que no 1º dia era de 0,89%, reduziu-se para 0,53%-0,75%, após 7 dias, como resultado do processo de senescência. Relataram que o conteúdo de pectina solúvel foi crescente ao longo do período de armazenamento em todos os tratamentos, tendo a evolução dessa solubilização sido mais lenta nos frutos tratados com CaCl_2 1% e ácido geribélico 200mg/L.

4 CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi realizado, os resultados obtidos permitiram concluir que a aplicação dos tratamentos, quando se analisa o endocarpo das frutas, foram eficientes para alguns parâmetros e mostraram um efeito bastante discreto ou inexistente em outros, indicando que durante o amadurecimento há grande variação no metabolismo do fruto. No entanto, o tratamento com 1-MCP mostrou-se mais efetivo na conservação desta parte da fruta, pois com base na aparência, na síntese de vitamina C e na solubilização de pectinas, sua vida útil e qualidade foram estendidas em relação aos frutos controle.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALL, Z.M.; ARMUGAM, S.; LAZAN, H. β -Galactosidase and its significance in ripening mango fruit. *Phytochemistry*, v.38, n.5, p.1109-1114, 1995.

ALL, Z.M.; LAZAN, H. Guava. In: MITRA, S.K. *Postharvest of physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. Wallingford: CAB International, p.145-165, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists*. 15.ed. Arlington, 1992. 2.v.

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

BASHIR, H.A.; ABU-GOUKH A.A. Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, v.80, p.557-563, 2003.

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

BRUNINI, M.A.; OLIVEIRA, A.L.; VARANDA, D.B. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba 'Paluma' armazenada a -20°C . *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.394-396, dez. 2003.

CARVALHO, C. R. L. et al.. *Análises químicas de alimentos*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121 p.

CARVALHO, H.A. de. *Utilização da atmosfera modificada na conservação pós-colheita de goiaba "Kumagai"*. 1999. 115p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, H.A. et al. S. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.25, n.3, p.605-615, maio/jun. 2001.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: Esal/Faepe, 1990. 320p.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R.L.; WOLFRAM, M.L. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p.477-512.

ESTEVES, M.T.C.; CARVALHO, V.D. de. Modificações nos teores de amido, açúcares e grau de doçura de frutos de seis cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Prática**, v.6, n.2, p.208-218, 1982.

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

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Aspectos tecnológicos**, 1980. (Frutas Tropicais, 10).

JACOMINO, A.P.; AZZOLINI, M.; BRON, I.B. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.139-145, fev. 2004.

JACOMINO, A.P. et al. Embalagens para conservação refrigerada de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.1, p.50-54, 2001.

JACOMINO, A.P. et al. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.401-405, dez. 2003.

KLUGE, R.A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2.ed. Editora Rural, 2002. 214p.

LEHNINGER, A.L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1990. 725p.

LIMA, A.V. **Qualidade pós-colheita da goiaba "Pedro Sato" tratada com cloreto de cálcio e 1-MCP em condições ambiente**. 2004. 67p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica)-Universidade Federal de Lavras, MG.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. Conservação de goiabas 'Pedro Sato', associando-se refrigeração com diferentes embalagens plásticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.232-236, ago. 2000.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. Reguladores vegetais na conservação pós-colheita de goiabas 'Paluma'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.370-375, ago. 2002.

MACEDO, B.A.. Características químicas e físico-químicas de quatro variedades de goiaba adaptadas às condições do Ceará. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.17, n.2, p.39-44, ago. 1995.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. *Estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed.rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MANICA, I. et al. *Goiaba Porto Alegre: Cinco Continentes*, 2000. 374p. (Serie Fruticultura Tropical, 6).

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

MERCADO-SILVA, E.; BENITO-BAUTISTA, P.; GARCIA-VELASCO, M. A. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central México. *Postharvest Biology and Technology*, St. Lucia, v.13, p.143-150, 1998.

MOWLAH, G.; ITOO, S. Changes in pectic components, ascorbic acid, pectic enzymes and cellulase activity in ripening and stored guava (*Psidium guajava* L.), *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, Tóquio, v.30, n. 8, p.454-461, 1983.

PEREIRA, F. M. *A cultura da goiabeira*. Jaboticabal: Funep, 1995. 47 p.

PEREIRA, F.M.; CARVALHO, C. A.; NACHTIGAL, J.C. Século XXI: Nova cultivar de goiabeira de dupla finalidade. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v 25, n.3, p.498-500, dez. 2003.

PEREIRA, W.E. *Desenvolvimento dos ramos e frutos de seis variedades de goiabeira (*Psidium guajava* L.) no período seco do ano*. 1996. 48 f. Dissertação - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. *Biochemistry of fruit ripening*. London: Chapman & Hall, 1993. Cap.1, p.1-52.

XISTO, A.L.R.P. Conservação pós-colheita de goiaba 'Pedro Sato' com aplicação de cloreto de cálcio em condições ambiente. 2002. 47p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.20, n.1, p.27-31, jan./abr. 2000.

YUSOF, S. Physico-chemical characteristics of same guava varieties in Malaysia. *Acta Horticulture*, Netherlands, n.269, p.301-305, 1990.

YUSOF, S.; MOHAMED, S. Physico-chemical changes in guava (*Psidium guajava* L.) during development and maturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v.38, p.31-39, 1987.

CAPÍTULO 4

RESUMO

LINHARES, Lucília Alves. Goiaba 'Pedro Sato' III: Análises enzimáticas no endocarpo. In: _____. **Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas 'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno**. 2005. Cap. 4, p.94-120. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

Uma característica comum entre frutos durante o amadurecimento é o incremento de atividade enzimática degradativa na parede celular, responsável pelo amaciamento. Do ponto de vista bioquímico, um grande número de enzimas tem participação na degradação biológica das substâncias pécticas, embora algumas não tenham ainda sido estudadas. Dentre elas, as mais importantes e objeto de maiores estudos são as pectinametilesterases e as poligalacturonases. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi investigar a atividade da pectinametilesterase, da poligalacturonase, bem como da esterase, β -D-galactosidase, β -D-glicosidase, celulase, xilanase e fumarase. As determinações foram feitas no endocarpo de goiabas 'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com solução de cloreto de cálcio a 2% por cinco minutos e com 1-MCP na concentração de 150 nL/L por 12 horas em câmara hermeticamente fechada e armazenadas em condições ambiente e refrigerada. O comportamento da pectinametilesterase mostrou-se semelhante para todos os tratamentos estudados, ou seja, houve diminuição na atividade dessa enzima em todos os tratamentos ao longo dos dias de armazenamento. Para a esterase verificou-se que a atividade aumentou durante todo o período de maturação do fruto, salientando-se os frutos tratados com 1-MCP, que tiveram um aumento menos acentuado sugerindo a eficiência desse produto na redução da ação do etileno, o que afeta indiretamente a atividade enzimática. Maior atividade foi encontrada no sedimento. Foi verificada diminuição da atividade de β -D-galactosidase e da β -D-glicosidase com o decorrer do período de maturação do fruto em ambos os experimentos, sendo maior atividade encontrada no sedimento. Não foram detectadas atividades das enzimas celulase, xilanase, poligalacturonase e fumarase no presente estudo.

ABSTRACT

LINHARES, Lucilia Alves. Guava 'Pedro Sato' III: Enzymatic analyses in the endocarp. In: _____. **Chemical, physical and enzymatic transformations of guavas 'Pedro Sato' treated at post-harvest with calcium chlorite and 1-methylcyclopropene.** 2005. Cap. 4, p.94-120. Dissertation (Master in Agrochemistry and Agrobiotechnology) - Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

A characteristic common among fruits during ripening is the increase of degrading enzymatic activity on the cell wall, responsible for softening. From the biochemical standpoint, a great number of enzymes have participated on the biologic degradation of the pectic substances, although some enzymes have not been studied yet. Among those, the most important, which are object of further studies, are pectinmethylesterase and polygalacturonase. In this sense, the objective of this was to investigate the activity of pectinmethylesterase, polygalacturonase, as well as of esterase, β -D-galactosidase, β -D-glucosidase, cellulase, xylanase, and fumarase. The determinations were done in the endocarp of guavas 'Pedro Sato' treated at post-harvest with a solution of 2% calcium chlorite for five minutes and with 1-MCP at the concentration of 150 nL/L for 12 hours in a tightly closed chamber and stored under room and refrigerated conditions. The behavior of pectinmethylesterase proved similar to all the treatments studied, namely, there was a decrease in the activity of that enzyme in all the treatments along the storage days. For esterase, it was found that the activity increased throughout the maturation period of the fruit, emphasizing 1-MCP-treated fruits, which had a less marked increase, suggesting the efficiency of that chemical in reducing the enzymatic activity. Increased activity was found in the sediment. Decrease of the activity of the activity of β -D-galactosidase and of β -D-glucosidase was verified over the maturation period of the fruit in both experiments, greater activity being found in the sediment. Activities of the enzymes cellulase, xylanase, polygalacturonase and fumarase were not found in the present study.

1 INTRODUÇÃO

O processo de amolecimento é parte integrante do amadurecimento de quase todos os frutos e tem grande importância comercial devido ao fato de a vida pós-colheita ser limitada, em grande parte, pelo aumento do amaciamento, que os torna mais susceptível a injúrias e a doenças durante o manuseio pós-colheita. O amolecimento, durante o amadurecimento de muitos frutos, é ocasionado, provavelmente, por inúmeras mudanças na atividade de enzimas presente nas células, que juntamente com a perda de água, contribuem para as mudanças de firmeza (Awad, 1993).

O curto período de vida pós-colheita da goiaba tem sido apontado como um dos fatores que dificultam a ampliação do consumo dessa Myrtaceae. Ainda não está claro quais fatores fisiológicos e bioquímicos contribuem para a rápida perda de firmeza e deterioração que ocorrem com o amadurecimento do fruto. Algumas mudanças durante o amadurecimento da polpa da goiaba já foram estudadas por Xisto (2002), Lima (2004) e Carvalho (1999).

Como nenhum estudo foi realizado em relação à atividade de enzimas associadas à degradação da parede celular do endocarpo em frutos de goiabeira, pesquisas nesta linha poderão contribuir para uma maior compreensão da rápida perda de firmeza e facilitar a adoção de tecnologias visando aumentar a vida pós-colheita do fruto. Dessa forma, neste capítulo, são apresentados os resultados referentes à atividade de algumas enzimas relatadas por estarem associadas ao processo de amolecimento dos frutos, como esterase, pectinametilesterase, poligalacturonase, β -D-galactosidase, β -D-glicosidase, celulase e xilanase.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Os procedimentos relativos ao material, delineamento experimental e preparo das amostras, foram seguidos conforme descrito no material e métodos do capítulo 2.

2.2 Análises Enzimáticas

2.2.1 Esterase

A extração da enzima foi feita a partir de 5 g de miolo de goiaba, os quais adicionaram-se 40 mL de água destilada gelada. Homogeneizou-se em homogeneizador tipo Potter e centrifugou-se a 10000 x g, por 10 minutos, a 4°C. Em seguida, mediu-se o volume do sobrenadante e ressuspendeu-se o sedimento adicionando-se 40 mL de água destilada. Homogeneizou-se novamente e mediu-se o volume. A mistura de reação consistiu de 0,1 mL do extrato enzimático e 0,1 mL do substrato α -naftilacetato em tampão fosfato 0,22 mol.L⁻¹ pH 6,5. Após o período de incubação a 30°C, por 4 diferentes intervalos de tempo, a reação foi interrompida com 1,0 mL de reagente de cor, que foi preparado a partir de 5,25 g de ácido cítrico dissolvido em 40 mL de água sendo o pH ajustado para 6,0 com NaOH 2,0 mol.L⁻¹. Em seguida, adicionaram-se 0,5 g de SDS e 0,0254 g de *Fast blue RR salt*. Conferiu-se o pH e completou-se o volume para 50 mL.

A quantidade de α -naftol liberado foi determinada por leitura em espectrofotômetro a 500 nm. Uma unidade de enzima foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a liberação de 1 micromol de α -naftol por minuto nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos em miliunidades (mU) por g de miolo (Alfenas et al., 2001).

2.2.2 Obtenção da curva de pH da esterase

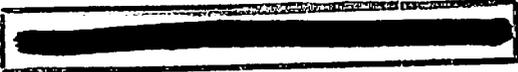
Alíquotas de 0,05 mL do extrato enzimático foram incubadas a 30°C, com 0,1 mL de tampão citrato fosfato 0,22 mol.L⁻¹ nos pHs 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5 e 7,0 e 0,05 mL do substrato α -naftilacetato preparado em água. A reação foi interrompida pela adição de 1,0 mL de reagente de cor após 40 minutos de reação e a leitura espectrofotométrica foi feita a 500 nm, zerando o aparelho com o branco. O pH ótimo foi obtido considerando-se o ponto de máximo na curva de pH.

2.2.3 Pectinametilsterase

A atividade da pectinametilsterase (PME) foi determinada de acordo com a técnica descrita por Jen & Robinson (1984). Utilizou-se, como substrato, uma solução de pectina cítrica a 1% em NaCl 0,2 mol.L⁻¹ pH 7,0 à temperatura de 30°C. A taxa de desmetilação da pectina, adicionada ao extrato enzimático, foi medida por titulação da mistura de reação com NaOH 0,01 mol.L⁻¹, mantendo-se o pH 7,0 constante por 5 minutos. Uma unidade de atividade enzimática (U) foi definida como sendo a capacidade da enzima em catalisar a desmetilação de pectina correspondente a 1 micromol de NaOH por minuto nas condições de ensaio. Os resultados foram expressos em miliunidade (mU) por g de miolo.

2.2.4 β -D-galactosidase

A extração da enzima foi feita a partir de 5 g de miolo de goiaba os quais adicionaram-se 40 mL de água destilada gelada. Homogeneizou-se em homogeneizador tipo Potter e centrifugou-se a 10000 x g por 10 minutos a 4°C. Em seguida, mediu-se o volume do sobrenadante e ressuspendeu-se o sedimento em 40 mL de água destilada, homogeneizando-se novamente em Potter.



A mistura de reação consistiu de 0,1 mL do extrato enzimático e 0,1 mL do substrato p-nitrofenil β -D-galactopiranosídeo $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ em tampão citrato fosfato $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ pH 4,0. Após cada período de incubação a 30°C (por 4 diferentes intervalos de tempo), a reação foi interrompida com 1,0 mL de NaOH $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$. A quantidade de p-nitrofenol liberado foi determinada por leitura em espectrofotômetro a 400 nm. Controles de branco de enzima e branco de substrato foram realizados do mesmo modo que os tubos experimentais. Uma unidade de enzima foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a liberação de 1 micromol de p-nitrofenol por minuto nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos em miliunidades (mU) por g de miolo (Ali et al., 1995).

2.2.5 Obtenção da curva de pH da β -D-galactosidase

Aliquotas de 0,1 mL do extrato enzimático foram incubadas a 30°C , com 0,1 mL do substrato p-nitrofenil β -D-galactopiranosídeo $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ preparado em tampão citrato fosfato $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ variando os pHs de 3,0 a 7,0, em intervalos de 0,5 unidade. A reação foi interrompida pela adição de 1,0 mL de NaOH $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$, após 60 minutos de incubação. A leitura espectrofotométrica foi feita a 400 nm, zerando-se o aparelho contra água e o pH ótimo foi obtido considerando-se o ponto de máximo na curva de pH.

2.2.6 β -D-glicosidase

A extração da enzima foi feita da mesma forma que a extração de β -D-galactosidase. A mistura de reação consistiu de 0,1 mL do extrato enzimático e 0,1 mL do substrato p-nitrofenil β -D-glicopiranosídeo $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$, em tampão citrato fosfato $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ pH 5,5. Após o período de incubação a 30°C , por 4 diferentes intervalos de tempo, a reação foi interrompida com 1,0 mL de NaOH $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$. Controles de branco de enzima e branco de substrato foram

realizados da mesma forma que o ensaio. A quantidade de p-nitrofenol liberado foi determinada por leitura em espectrofotômetro a 400 nm e os resultados foram expressos em miliunidades (mU) por g de miolo (Santos, 1985).

2.2.7 Obtenção da curva de pH da β -D-glicosidase

Alíquotas de 0,1 mL do extrato enzimático foram incubadas a 30°C, com 0,1 mL do substrato p-nitrofenil β -D-glicopiranosídeo 0,01 mol.L⁻¹, preparado em tampão citrato fosfato 0,1 mol.L⁻¹, variando o pHs de 3,0 a 7,0, em intervalos de 0,5 unidade. A reação foi interrompida pela adição de 1,0 mL de NaOH 0,05 mol.L⁻¹, após 60 minutos de incubação. A leitura espectrofotométrica foi feita a 400 nm, zerando-se o aparelho contra água e o pH ótimo foi obtido considerando-se o ponto de máximo na curva de pH.

2.2.8 Celulase

A atividade de celulase foi determinada por medida dos grupos redutores liberados da carboximetilcelulose. A mistura de reação consistiu de 0,1 mL da enzima pura, 0,1 mL carboximetilcelulose (baixa viscosidade) 1% em tampão citrato 0,1 mol.L⁻¹ pH 6,0. Após incubação, durante 0, 15, 30, 60, 90, 120 e 180 minutos, interrompeu-se a reação por fervura durante 3 minutos. Após resfriamento, adicionou-se 0,1 mL do reativo C (reativo A + reativo B), ferveu-se por mais 10 minutos e adicionaram-se 0,1 do reativo arsenomolibdato e 0,6 mL de água. Em seguida leu-se a 510 nm. O aparecimento de grupos redutores foi determinado segundo Somogy & Nelson (1944).

2.2.9 Xilanase

A atividade de xilanase foi medida no sobrenadante e no sedimento de amostras dialisadas. A mistura de reação consistiu de 0,1 mL de enzima, 0,1 mL do substrato xilana 0,5% em tampão citrato fosfato 0,1 mol.L⁻¹ pH 6,0. Incubou-

se durante 0, 30, 60, 90, 120 e 240 minutos, ferveu-se por mais 10 minutos, adicionaram-se 0,1 de arsenomolibdato e 0,6 mL de água. Em seguida, leu-se a 510 nm e o aparecimento de extremidades redutoras foi determinado segundo Somogy & Nelson (1944).

2.2.10 Fumarase

A atividade de fumarase foi medida no sobrenadante e no sedimento de miolo de goiabas. A mistura de reação consistiu de 0,5 mL da enzima, 1,0 mL do substrato ácido málico $0,075 \text{ mol.L}^{-1}$ em tampão fosfato de sódio $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ pH 7,4. Incubou-se a 30°C durante 0, 30, 60, 90 e 180 minutos. A reação foi interrompida adicionando-se 0,5 mL de HCl $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ e o aparecimento de extremidades redutoras foi determinado segundo Somogy & Nelson (1944). A leitura foi feita a 240 nm contra água.

2.2.11 Poligalacturonase

A extração da enzima foi feita a partir de 5 g de miolo de goiaba os quais adicionaram-se 40 mL de água destilada gelada. Homogeneizou-se em homogeneizador tipo Potter e centrifugou-se a $10000 \times g$ por 10 minutos a 4°C . Em seguida, mediu-se o volume do sobrenadante e ressuspendeu-se o sedimento, adicionando-se 40 mL de água destilada. Homogeneizou-se novamente e mediu-se o volume. Após dialisar os extratos enzimáticos, testou-se a atividade da poligalacturonase, incubando-se 0,1 mL do extrato com 0,1 mL da solução de ácido poligalacturônico 1% em tampão acetato de sódio pH 5,0 por 3 horas. A reação foi interrompida em banho-maria fervente durante 3 minutos. Os grupos redutores liberados foram determinados segundo a técnica de Somogy & Nelson (1944), usando-se glicose anidra como padrão. Uma unidade de atividade enzimática foi definida como sendo a capacidade da enzima em catalisar a

*
...
formação de um micromol de açúcar redutor por minuto por grama nas condições de ensaio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atividade da esterase

As Figuras 1 e 2 mostram as atividades da esterase no sobrenadante e sedimento em função do pH. Variando-se o pH de 3,0 a 7,0 em intervalos de 0,5 unidades, verificou-se que a atividade máximas da esterase ocorreu em pH 6,0, ou seja, pH ótimo da enzima. Como as curvas de pH obtida para o sobrenadante e sedimento foram semelhantes, este fato sugere que a enzima solúvel pode ser a mesma enzima da membrana.

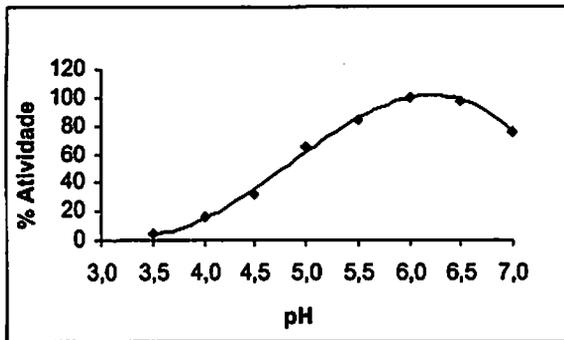


FIGURA 1 Atividade de esterase no sobrenadante em função do pH.

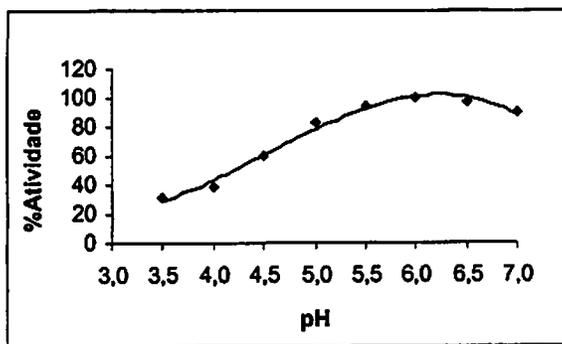


FIGURA 2 Atividade de esterase no sedimento em função do pH.

Uma vez determinado o pH ótimo da enzima, nas condições de ensaio empregadas, pôde-se medir a atividade da mesma no endocarpo das goiabas. Deve-se salientar que a atividade da esterase foi medida no sobrenadante e no sedimento, separadamente. No experimento à temperatura ambiente, a análise de variância mostrou efeito significativo para os tratamentos, dias de maturação e para a interação entre esses fatores, tanto para o sobrenadante quanto para o sedimento (Tabelas 17 e 18A, Anexo A).

De acordo com a Figura 3, verificou-se que a atividade dessa enzima no sobrenadante aumentou durante todo o período de maturação do fruto e em todos os tratamentos, salientando-se os frutos tratados com 1-MCP, que tiveram um aumento menos acentuado, sugerindo a eficiência desse produto na redução da ação do etileno, o que indiretamente influi na atividade enzimática. Na Figura 4, observa-se que a atividade no sedimento aumentou nos frutos controle e nos frutos tratados com cálcio. No entanto, um comportamento diferente foi verificado para os frutos tratados com 1-MCP, ou seja, houve uma diminuição na atividade nos dois primeiros dias de maturação e aumento a partir desse período.

Sendo a atividade da esterase medida no sobrenadante e no sedimento verificou-se que maior atividade foi encontrada no sedimento. O sobrenadante respondeu por somente $8,32 \pm 0,662\%$ de atividade de esterase, enquanto, no sedimento, a atividade foi de, aproximadamente, $91,67\%$.

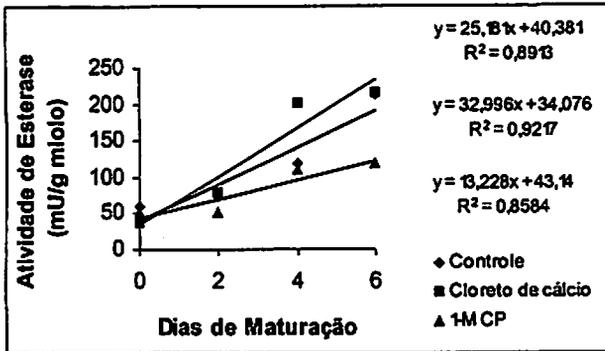


FIGURA 3 Atividade de esterase (sobrenadante) em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

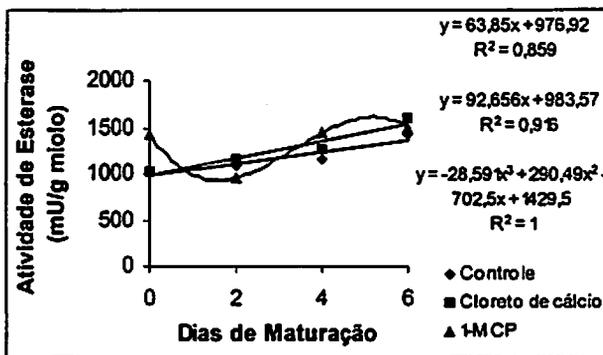


FIGURA 4 Atividade de esterase (sedimento) em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

Sendo a esterase de membrana (parede), a menor atividade nos frutos tratados com 1-MCP, sugere-se que a membrana desses frutos deteriorou mais lentamente, liberando menos esterase para o meio com a maturação.

No experimento em ambiente refrigerado, a análise de variância mostrou efeito significativo para os tratamentos, dias de maturação e para a interação tratamentos x dias de maturação sobre a atividade de esterase em sedimento (Tabela 18A, Anexo A). No entanto, não foi verificado efeito significativo para os tratamentos e para a interação tratamentos x dias de maturação sobre a atividade dessa enzima no sobrenadante (Tabela 17A, Anexo A). Na Figura 5 verifica-se aumento da atividade de esterase no sobrenadante com o decorrer dos dias de maturação. No sedimento, verificou-se um aumento na atividade até o 15º dia e uma diminuição a partir deste período (Figura 6). Maior atividade foi encontrada no sedimento. O sobrenadante respondeu por somente $14,94 \pm 0,92\%$ de atividade de esterase, enquanto que no sedimento, a atividade foi de, aproximadamente, 85,06%.

Em geral, considerando que houve aumento na atividade de esterase em ambos os experimentos, verificou-se que a atividade no sedimento no experimento à temperatura ambiente ocorreu de forma mais acentuada quando comparada com a atividade no sedimento em ambiente refrigerado. No armazenamento refrigerado verificou-se um comportamento semelhante entre os tratamentos ao decorrer dos dias de maturação, sugerindo a inexistência de um efeito aditivo entre a refrigeração e o 1-MCP.

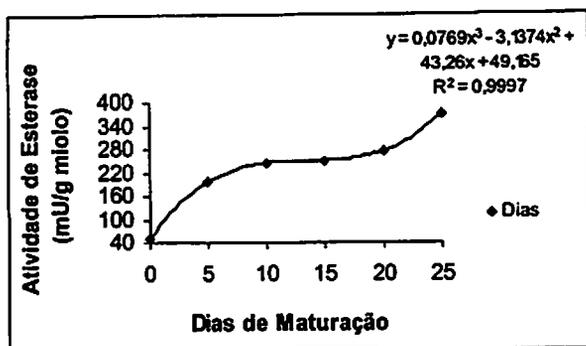


FIGURA 5 Atividade de esterase (sobrenadante) em miolo de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

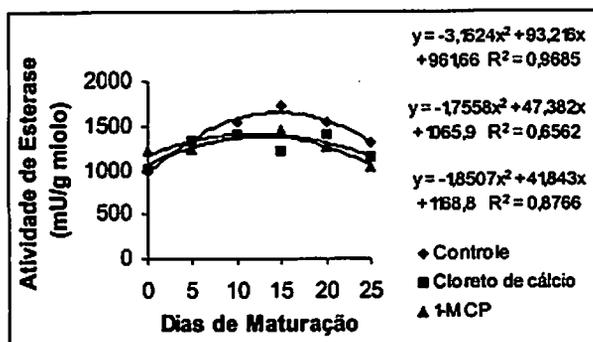


FIGURA 6 Atividade de esterase (sedimento) em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

3.2 Atividade da pectinametilsterase (PME) e poligalacturonase (PG)

Pôde-se observar neste estudo apenas a atividade da PME. A atividade da enzima PG não foi detectada durante o amadurecimento do endocarpo de goiabas 'Pedro Sato'.

A análise de variância mostrou que os fatores tratamentos, dias de maturação e interação tratamentos x dias de maturação foram significativos sobre a atividade da pectinametilesterase, em ambos os experimentos (Tabela 19A, Anexo A). A atividade da PME pode aumentar, diminuir ou permanecer constante durante a maturação, dependendo do tipo de fruto (Awad, 1993). Além de sua função de desmetilação das pectinas, a PME pode também contribuir para o processo de amolecimento de certos frutos.

O comportamento da PME mostrou-se semelhante para todos os tratamentos estudados, ou seja, houve diminuição na atividade dessa enzima em todos os tratamentos, ao longo dos dias de armazenamento. Deve-se salientar que no início do experimento (dia zero), os frutos do tratamento controle em ambos os experimentos apresentaram maior atividade que os frutos dos tratamentos com cálcio e com 1-MCP.

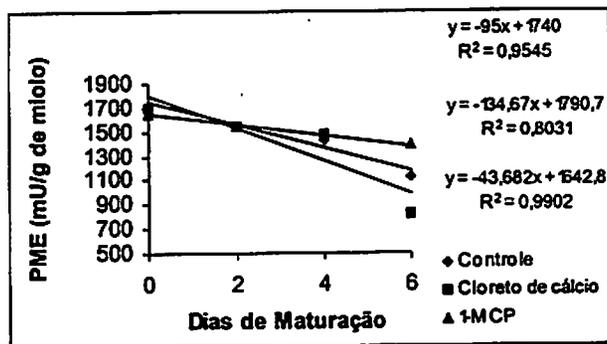


FIGURA 7 Atividade de pectinametilesterase em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

No entanto, no experimento à temperatura ambiente (Figura 7), verificou-se que com o passar dos dias de maturação menor redução de atividade foi encontrada nos frutos tratados com 1-MCP e que maior redução de atividade foi verificada nos frutos tratados com cloreto de cálcio.

Em ambiente refrigerado (Figura 8), observou-se que, com o decorrer dos dias de maturação, os frutos do tratamento controle apresentavam maior atividade da PME quando comparados aos frutos dos demais tratamentos. Verificou-se que, mesmo sob refrigeração, os frutos amoleceram com o avanço da maturação, porém, de forma mais lenta que a temperatura ambiente, ou seja, houve efeito positivo da refrigeração em reduzir a atividade enzimática nesses frutos.

Na cultivar estudada, a atividade da PME detectada nos frutos controle, tratados com cloreto de cálcio e com 1-MCP no primeiro dia de maturação foi, respectivamente, de 1713,3; 1693,3 e 1653,3 mU por g de miolo, sendo superiores à observada após 6 dias de maturação à temperatura ambiente e 25 dias em ambiente refrigerado.

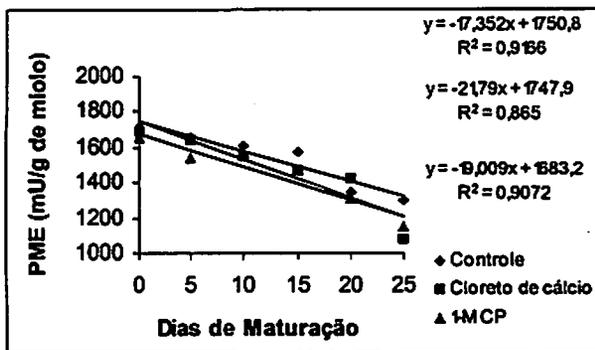


FIGURA 8 Atividade de pectinametilesterase em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Diminuição na atividade da PME em polpa de goiaba 'Pedro Sato' durante o período de armazenamento à temperatura ambiente também foi observada por Lima (2004). Diferentemente, Carvalho et al. (2001), estudando os componentes da parede celular de goiabas 'Kumagai', relataram que, com a evolução da maturação, houve, em geral, aumento na atividade da PME, seguido por declínio até o fim do período experimental. Bashir & Abu-Goukh (2003), estudando as mudanças em enzimas pécnicas e atividade de enzimas durante o amadurecimento de goiabas de polpa branca e vermelha, relataram que a atividade da pectinesterase aumentou, em ambos os tipos de goiaba, até o pico climatérico de respiração e, subseqüentemente diminuíram.

Redução na atividade de pectinametilesterase também foi verificada por Oliveira (2002) em fruta-de-lobo, tendo a atividade média detectada sido de 17,10 U. Carvalho (1999), estudando a utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita de goiaba 'Kumagai', observou incremento na atividade da enzima durante o período de desenvolvimento do fruto, com valor máximo no início do amadurecimento e declínio até o final do período experimental.

A atividade da PME no endocarpo de goiabas durante a maturação em temperatura ambiente diminuiu em uma intensidade muito menor que os frutos tratados com CaCl_2 e controle. A manutenção da alta atividade durante todo o período de maturação deveria conferir à goiaba um amolecimento mais intenso (já que esta enzima é citada por vários autores como diretamente envolvida no amolecimento dos frutos) do que os outros tratamentos. A análise da firmeza dos frutos (capítulo 2, Figura 3) mostra exatamente o contrário, ou seja, os frutos tratados com 1-MCP permanecem mais firmes após os 6 dias de armazenamento. Apesar dos estudos terem sido realizados somente no endocarpo, a manutenção da firmeza, juntamente com alta atividade da PME, sugere que o amadurecimento dos frutos ainda precisa ser estudado mais

profundamente, a fim de que sejam explicados todos os processos envolvidos na maturação e que sejam sugeridos processos de controle da firmeza.

3.3 Atividade de β -D-galactosidase

Nas Figuras 9 e 10 mostra-se a atividade da enzima β -D-galactosidase no sedimento em função do pH. Variando o pH de 3,0 a 7,0 em intervalos de 0,5 unidade, verificou-se que o pH ótimo da enzima foi 3,5.

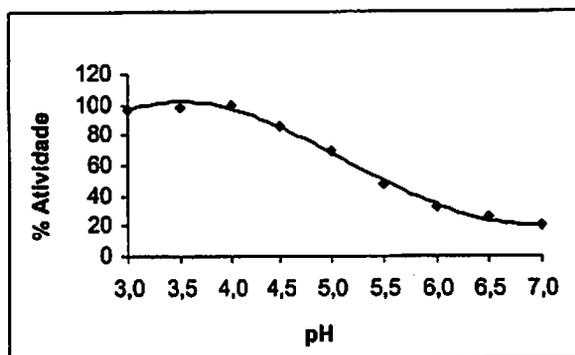


FIGURA 9 Atividade de β -D-galactosidase (sedimento) em função do pH.

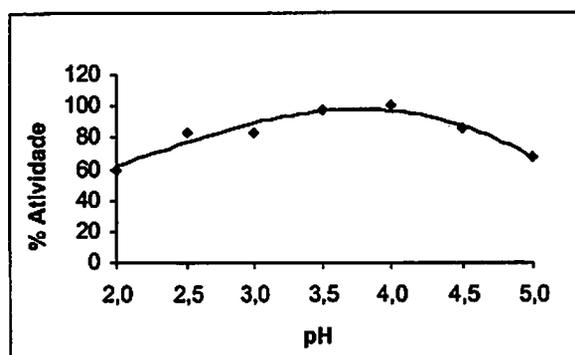


FIGURA 10 Atividade de β -D-galactosidase (sedimento) em função do pH.

Ao medir-se a atividade de β -D-galactosidase no sobrenadante e no sedimento, verificou-se que maior atividade foi encontrada, principalmente no sedimento. O sobrenadante respondeu por somente $11,2 \pm 1,92\%$ de atividade de β -D-galactosidase, enquanto, no sedimento a atividade foi de, aproximadamente, 88,82%. Houve diferença significativa entre os valores médios obtidos para a atividade da β -D-galactosidase nos diferentes tratamentos, dias de maturação e interação tratamento x dias no experimento à temperatura ambiente (Tabela 20A, Anexo A). Em condições ambiente (Figura 11), houve diminuição na atividade de β -D-galactosidase nos frutos de todos os tratamentos durante todo o período de armazenamento. No entanto, menor redução da atividade foi observada nos frutos tratados com 1-MCP.

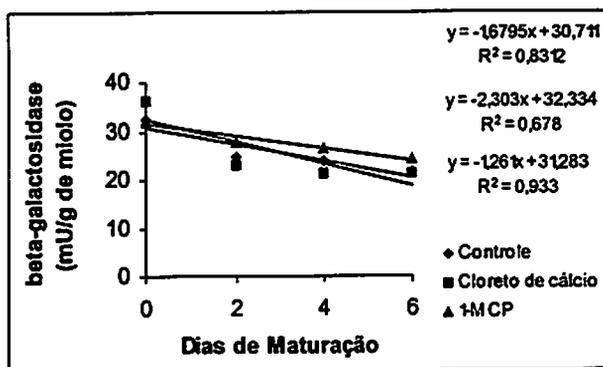


FIGURA 11 Atividade de β -D-galactosidase em sedimento de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

Para o armazenamento refrigerado (Figura 12), a análise estatística dos dados não mostrou efeito significativo para a interação tratamento x dias de

maturação sobre a atividade da β -D-galactosidase (Tabela 20A, Anexo A). No entanto, verificou-se uma diminuição na atividade desta enzima com o decorrer do período de maturação do fruto. Isto sugere que em frutos climatéricos, o abaixamento da temperatura resulta em redução da atividade de enzimas.

Estudando a atividade da enzima β -D-galactosidase de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração, Chitarra et al. (2000) verificaram que os frutos submetidos ao tratamento com CaCl_2 5% apresentaram menor atividade da enzima, porém, durante o período de armazenamento notou-se aumento na atividade da mesma. De maneira geral, o que limita o uso do cálcio é ele próprio, ou seja, dependendo do fruto e da concentração de cálcio aplicada, este induz um efeito fitotóxico com elevação na taxa respiratória e o aparecimento de zonas depressivas e escuras na superfície do fruto. No caso da goiaba, este tipo de fitotoxidez é observado com CaCl_2 a 5%.

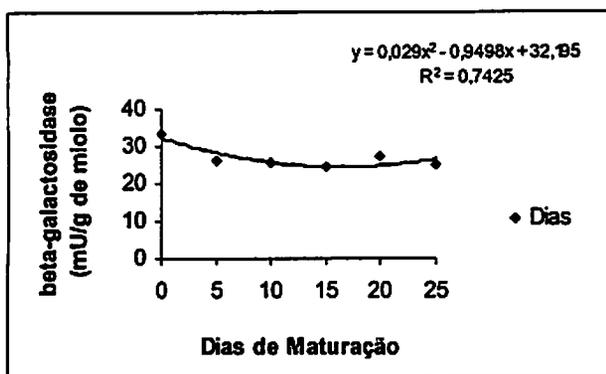


FIGURA 12 Atividade de β -D-galactosidase em sedimento de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

3.4 Atividade de β -D-glicosidase

Na Figura 13 mostra-se a atividade da enzima β -D-glicosidase, em função do pH. Variando o pH de 3,0 a 7,0 em intervalos de 0,5 unidade, verificou-se que o pH ótimo da enzima foi 5,5.

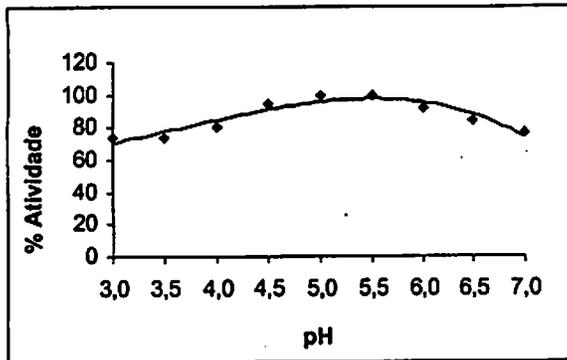


FIGURA 13 Atividade de β -D-glicosidase (sedimento) em função do pH.

Quanto à β -D-glicosidase, verificou-se que a atividade dessa enzima ocorre quase que totalmente no sedimento (87,42%). O sobrenadante respondeu por somente $12,58 \pm 1,59\%$ dessa atividade. À temperatura ambiente (Figura 14), a análise estatística dos dados mostrou efeito significativo para os tratamentos, dias de armazenamento e para a interação destes fatores (Tabela 21A, Anexo A). Entretanto, verificou-se uma diminuição na atividade desta enzima durante todo o tempo em que os frutos ficaram armazenados, tendo sido encontrada menor diminuição nos frutos tratados com 1-MCP, como verificado para a atividade de β -D-galactosidase.

Para o armazenamento refrigerado (Figura 15), verificou-se uma diminuição na atividade de β -D-glicosidase até o 10º dia de armazenamento,

estabilização do 10º ao 20º dia e uma posterior diminuição a partir deste período. Observou-se menor diminuição da atividade nos frutos tratados com 1-MCP e um comportamento semelhante para os frutos controle e tratados com cloreto de cálcio. Isto ocorreu possivelmente, pela estabilização conformacional inferida pelo íon cálcio, ao se formar o pectato (egg-box).

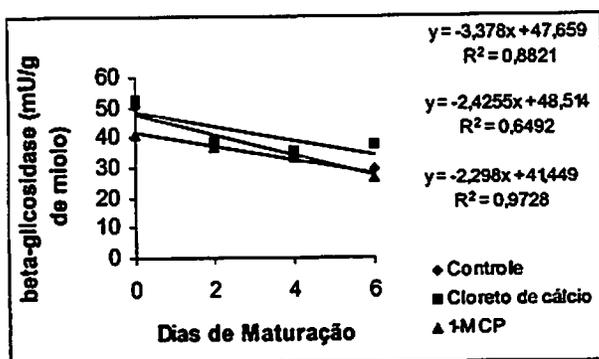


FIGURA 14 Atividade de β -D-glicosidase em sedimento de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente.

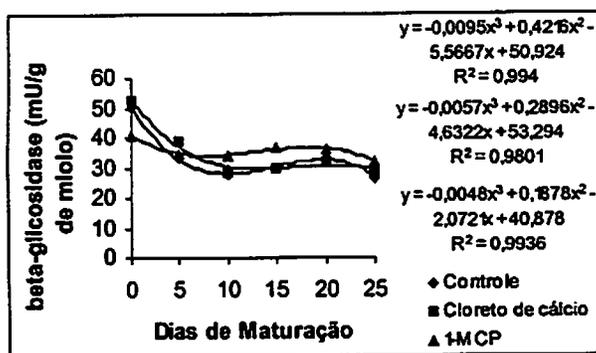


FIGURA 15 Atividade de β -D-glicosidase em sedimento de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

Não foram detectadas atividades de poligalacturonase, celulase, fumarase e xilanase no estudo com endocarpo de goiabas 'Pedro Sato'. No presente estudo, dentre as enzimas citadas, constatou-se que, apesar da pectinametilesterase ter diminuído nos frutos de todos os tratamentos, a pectina continuou a ser solubilizada, indicando que outros fatores podem estar relacionados ao processo de amolecimento. Apesar de ter sido detectada atividade da enzima PME, uma das esterases envolvidas no processo de amaciamento, com conseqüente aumento nos teores de pectina solúvel, não se pode afirmar que essa enzima esteja envolvida no processo de degradação no endocarpo das goiabas. Mas como verificou-se aumento na atividade da esterase, possivelmente outras hidrolases atuam, promovendo a despolimerização das frações pécticas da parede celular durante o amadurecimento, principalmente a β -D-galactosidase. Dessa forma, torna-se necessário estudo mais detalhado para elucidar o processo de amaciamento do endocarpo da goiaba durante o amadurecimento, uma vez que a não detecção da ação das várias enzimas estudada não impediu o amaciamento dos frutos.

4 CONCLUSÃO

Pelo estudo das enzimas, pode-se concluir que a atividade da pectinametilesterase diminuiu durante todo o período de maturação do fruto e para todos os tratamentos estudados e que, dentre os tratamentos, o 1-MCP não se mostrou eficaz em reduzir a atividade da pectinametilesterase no endocarpo das goiabas em ambos os experimentos. O tratamento com cloreto de cálcio foi o que proporcionou maior redução da atividade desta enzima. Em contrapartida, a atividade da esterase aumentou durante todo o período de maturação do fruto, salientando-se os frutos tratados com 1-MCP, que tiveram um aumento menos acentuado, sugerindo a eficiência desse produto em diminuir a ação do etileno reduzindo assim a atividade enzimática. O aumento na atividade da esterase no endocarpo das goiabas é indício de que, possivelmente, outras enzimas possuem um papel chave na despolimerização da fração péctica da parede celular do endocarpo do fruto.

Verificou-se diminuição da atividade de β -D-galactosidase e de β -D-glicosidase com o decorrer do período de maturação do fruto em ambos os experimentos, tendo maior atividade sido encontrada no sedimento para as duas enzimas. As enzimas celulase, xilanase, poligalacturonase e fumarase não apresentaram atividade no endocarpo desses frutos.

O 1-MCP não possui nenhuma capacidade em bloquear a atividade de enzimas. Ele funciona por ser uma molécula simples, gasosa, que permeia tecidos na sua forma gasosa e ocupa centros ativos antes do etileno, com isso retardando processos que normalmente seriam ativadas com o etileno. O etileno, sim, tem relação com a ativação de enzimas, principalmente enzimas ligadas ao processo de maturação de frutos e hortaliças.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados revelaram que, dentre os tratamentos, a aplicação de 1-MCP em goiabas "Pedro Sato" é satisfatória para retardar o amadurecimento dos frutos como um todo e aumentar a vida pós-colheita dos mesmos. No entanto, a partir das constatações referentes ao endocarpo, sugere-se uma investigação mais minuciosa, uma vez que variações em alguns parâmetros foram encontradas e ainda não se encontram disponíveis, na literatura, estudos referentes a esta parte da fruta. Sugerem-se estudos mais detalhados da atividade de enzimas relacionadas ao processo de amolecimento da parede celular no endocarpo para auxiliar no entendimento dos processos fisiológicos do amadurecimento em goiabas.

Para otimizar os efeitos benéficos dos tratamentos em pós-colheita de goiabas, é preciso dar continuidade e intensificar as pesquisas, sempre considerando que a eficácia dos tratamentos é dependente da relação entre concentração e tempo de aplicação, espécie e cultivar a ser tratada e, principalmente, do estágio de maturação do fruto no momento do tratamento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C.; PETERS, I.; BRUNE, W.; PASSADOR, G. C. Eletroforese de proteínas, isoenzimas, fungos e essências florestais. Viçosa, SIF, 2001.
- ALI, Z. M.; ARMUGAM, S.; LAZAN, H. β -Galactosidase and its significance in ripening mango fruit. *Phytochemistry*, v. 38, n. 5, p. 1109-1114, 1995.
- AWAD, M. *Fisiologia pós-colheita de frutos*. São Paulo: Nobel, 1993, 114 p.
- BASHIR, H. A.; ABU-GOUKH A. A. Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, v. 80, p. 557-563, 2003.
- CARVALHO, H. A. de. Utilização da atmosfera modificada na conservação pós-colheita de goiaba 'Kumagai'. 1999. 115 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade federal de Lavras, Lavras.
- CARVALHO, H. A.; CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 25, n. 3, p. 605-615, maio/jun., 2001.
- CHITARRA, A. B.; EVANGELISTA, R. M.; CHITARRA, M. I. F. Influência da aplicação pré-colheita de cálcio na textura e na atividade das enzimas poligalacturonase, pectinametilesterase e β -galactosidase de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 24, p. 174-181, dez., 2000.
- JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science*, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1085-1087, July/Aug. 1984.
- LIMA, A. V. *Qualidade pós-colheita da goiaba "Pedro Sato" tratada com cloreto de cálcio e 1-MCP em condições ambiente*. Lavras, 2004, 67p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, MG.
- OLIVEIRA, E. N. J. *Alterações pós-colheita da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil) durante o amadurecimento*. 2002. p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica), Universidade Federal de Lavras.

SANTOS, C. D. **Fisiologia e bioquímica da digestão em *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae)**. São Paulo: USP, 1985. 178p. (Tese – Doutorado em Bioquímica).

SOMOGHY, M.; NELSON, N. Notes on sugar determination. **Journal of Biological Chemistry**. 153, 375, 1944.

XISTO, A. L. R. P. **Conservação pós-colheita de goiaba 'Pedro Sato' com aplicação de cloreto de cálcio em condições ambiente**. 2002. 47 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ANEXOS

		Página
TABELA 1A	Resumo da análise de variância das médias percentuais de perda de massa das goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	125
TABELA 2A	Resumo da análise de variância dos teores médios de firmeza das goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	125
TABELA 3A	Resumo da análise de variância das médias percentuais de rendimento em polpa das goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	126
TABELA 4A	Resumo da análise de variância das médias percentuais de rendimento em miolo das goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	126
TABELA 5A	Resumo da análise de variância das médias percentuais de umidade das goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	127
TABELA 6A	Resumo da análise de variância das médias de acidez total titulável de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	127

TABELA 7A	Resumo da análise de variância das médias de pH de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada..	128
TABELA 8A	Resumo da análise de variância das médias de sólidos solúveis totais de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	128
TABELA 9A	Resumo da análise de variância das médias de açúcares totais de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	129
TABELA 10A	Resumo da análise de variância das médias de frutose de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	129
TABELA 11A	Resumo da análise de variância das médias de sacarose de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	130
TABELA 12A	Resumo da análise de variância das médias de vitamina C de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	130
TABELA 13A	Resumo da análise de variância das médias de polifenóis de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	131

TABELA 14A	Resumo da análise de variância das médias percentuais de proteínas de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	131
TABELA 15A	Resumo da análise de variância das médias de pectina total de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	132
TABELA 16A	Resumo da análise de variância das médias de pectina solúvel de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	132
TABELA 17A	Resumo da análise de variância das médias de esterase em sobrenadante de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	133
TABELA 18A	Resumo da análise de variância das médias de esterase em sedimento de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	133
TABELA 19A	Resumo da análise de variância das médias de pectinametilsterase em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	134
TABELA 20A	Resumo da análise de variância das médias de β -D-galactosidase em sedimento de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	134

TABELA 21A	Resumo da análise de variância das médias de β-D-glicosidase em sedimento de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em condições ambiente e refrigerada.....	135
-------------------	--	------------

TABELA 1A- Resumo da análise de variância da perda de massa das goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Perda de Massa	GL	Perda de Massa
Tratamentos	2	3,902**	2	32,645**
Dias	3	182,94**	5	522,90**
Trat. x Dias	6	1,117**	10	7,464**
Resíduo	24	0,142**	36	0,438**
CV		7,57		6,40
Média Geral		4,988		10,334

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

TABELA 2A- Resumo da análise de variância de firmeza de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Firmeza	GL	Firmeza
Tratamentos	2	496,758**	2	1301,45**
Dias	3	5039,52**	5	4167,28**
Trat. x Dias	6	275,921**	10	319,019**
Resíduo	24	13,5767	36	6,51587
CV		6,975		4,827
Média Geral		52,827		52,879

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

TABELA 3A- Resumo da análise de variância do rendimento em polpa de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Rend. Polpa	GL	Rend. Polpa
Tratamentos	2	14,315*	2	3,083 ^{NS}
Dias	3	38,568**	5	189,11**
Trat. x Dias	6	3,436 ^{NS}	10	3,125 ^{NS}
Resíduo	24	3,649	36	3,818
CV		2,70		2,832
Média Geral		70,76		69,004

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

TABELA 4A- Resumo da análise de variância do rendimento em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Rend. Miolo	GL	Rend. Miolo
Tratamentos	2	4,639 ^{NS}	2	2,415 ^{NS}
Dias	3	26,896**	5	139,905**
Trat. x Dias	6	2,414 ^{NS}	10	2,325 ^{NS}
Resíduo	24	3,546	36	1,762
CV		7,94		5,25
Média Geral		23,713		25,286

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

TABELA 5A- Resumo da análise de variância da umidade de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Umidade	GL	Umidade
Tratamentos	2	2,051 ^{NS}	2	3,523 ^{NS}
Dias	3	2,552 ^{NS}	5	1,830 ^{NS}
Trat. x Dias	6	5,446 ^{NS}	10	2,741 ^{NS}
Resíduo	24	4,967	36	4,228
CV		2,509		2,315
Média Geral		88,82		88,83

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

TABELA 6A- Resumo da análise de variância da ATT de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	ATT	GL	ATT
Tratamentos	2	0,00174 ^{NS}	2	0,00180 ^{NS}
Dias	3	0,00700 ^{**}	5	0,00302 ^{**}
Trat. x Dias	6	0,00193 ^{**}	10	0,00247 ^{**}
Resíduo	24	0,00054	36	0,00021
CV		4,606		2,659
Média Geral		0,5053		0,5441

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

TABELA 7A- Resumo da análise de variância do pH de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	pH	GL	pH
Tratamentos	2	0,0108 ^{NS}	2	0,0052 ^{NS}
Dias	3	0,0152 ^{NS}	5	0,0092 ^{NS}
Trat. x Dias	6	0,0049 ^{NS}	10	0,0083 ^{NS}
Resíduo	24	0,0039	36	0,0067
CV		1,445		1,946
Média Geral		4,317		4,196

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

TABELA 8A- Resumo da análise de variância de SST de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	SST	GL	SST
Tratamentos	2	0,3325 ^{NS}	2	0,1138 ^{NS}
Dias	3	2,2839**	5	2,2750**
Trat. x Dias	6	0,8033**	10	0,6772**
Resíduo	24	0,1531	36	0,0967
CV		3,511		2,747
Média Geral		11,146		11,317

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

TABELA 9A- Resumo da análise de variância de Açúcares totais de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Açúcares totais	GL	Açúcares totais
Tratamentos	2	3410894,76*	2	2289934,13**
Dias	3	537469599,1**	5	13536327,5**
Trat. x Dias	6	4410336,067**	10	742664,538**
Resíduo	24	800942,546	36	142220,919
CV		6,069		4,454
Média Geral		14746,98		8466,397

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

TABELA 10A- Resumo da análise de variância de Frutose em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Frutose	GL	Frutose
Tratamentos	2	4815055,21**	2	1545737,01**
Dias	3	4601038,21**	5	4426891,31**
Trat. x Dias	6	118147,19 ^{NS}	10	399334,89**
Resíduo	24	81485,54	36	114060,28
CV		4,584		6,749
Média Geral		6227,21		5003,90

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

TABELA 11A- Resumo da análise de variância de Sacarose em miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Sacarose	GL	Sacarose
Tratamentos	2	27370,79**	2	31437,257**
Dias	3	34847,19**	5	536809,03**
Trat. x Dias	6	4574,230 ^{NS}	10	71062,22**
Resíduo	24	5094,308	36	4730,39
CV		17,030		10,597
Média Geral		419,10		649,04

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

TABELA 12A- Resumo da análise de variância de Vitamina C de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Vitamina C	GL	Vitamina C
Tratamentos	2	15,363 ^{NS}	2	83,233**
Dias	3	640,92**	5	788,84**
Trat. x Dias	6	33,240**	10	19,347**
Resíduo	24	7,915	36	4,7905
CV		7,780		5,571
Média Geral		36,161		39,290

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

TABELA 13A- Resumo da análise de variância de Compostos fenólicos de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Fenólicos	GL	Fenólicos
Tratamentos	2	107,502 ^{NS}	2	2836,66**
Dias	3	2409,19**	5	8835,74**
Trat. x Dias	6	170,684**	10	854,682**
Resíduo	24	53,3098	36	94,8758
CV		5,052		7,034
Média Geral		144,53		138,471

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

TABELA 14A- Resumo da análise de variância de Proteína de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Proteína	GL	Proteína
Tratamentos	2	0,0028717 ^{NS}	2	0,0023174 ^{NS}
Dias	3	0,0701096*	5	0,0257079**
Trat. x Dias	6	0,0059583 ^{NS}	10	0,0098717 ^{NS}
Resíduo	24	0,0225010	36	0,0070688
CV		19,20		10,416
Média Geral		0,7809		0,807

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

TABELA 15A- Resumo da análise de variância de Pectina total de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Pectina total	GL	Pectina total
Tratamentos	2	0,0035897*	2	0,00081 ^{NS}
Dias	3	0,064587**	5	0,04557**
Trat. x Dias	6	0,0095093**	10	0,00721 ^{NS}
Resíduo	24	0,0008191	36	0,00074
CV		2,976		2,935
Média Geral		0,96183		0,9245

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

TABELA 16A- Resumo da análise de variância de Pectina solúvel de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Pectina solúvel	GL	Pectina solúvel
Tratamentos	2	0,00630**	2	0,03256**
Dias	3	0,06266**	5	0,09888**
Trat. x Dias	6	0,00167**	10	0,00210**
Resíduo	24	0,000389	36	0,00019
CV		5,186		3,013
Média Geral		0,3803		0,4624

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

TABELA 17A- Resumo da análise de variância de Esterase em sobrenadante de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Esterase	GL	Esterase
Tratamentos	2	7827,171**	2	1449,710 ^{NS}
Dias	3	35451,98**	5	101437,7**
Trat. x Dias	6	3238,485**	10	1085,676 ^{NS}
Resíduo	24	65,0139	36	518,396
CV		7,290		9,844
Média Geral		110,60		231,28

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

TABELA 18A- Resumo da análise de variância de Esterase em sedimento de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em condições ambiente e refrigerada.

Causas de Variação	Quadrados Médios			
	Ambiente		Refrigerado	
	GL	Esterase	GL	Esterase
Tratamentos	2	79297,08**	2	118884,14**
Dias	3	332663,8**	5	230590,14**
Trat. x Dias	6	68774,55**	10	49746,527**
Resíduo	24	11430,96	36	14226,053
CV		8,529		9,115
Média Geral		1253,48		1308,54

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

