

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

Chemical, physical and enzymatic transformations of guavas 'PEDRO SATO' treated at post-harvest with calcium chlorite and 1-methylcyclopropene and stored under refrigeration

Lucilia Alves Linhares¹, Custódio Donizete dos Santos², Celeste Maria Patto de Abreu³, Angelita Duarte Corrêa⁴

RESUMO

Com o objetivo de estudar o efeito dos tratamentos com cloreto de cálcio e com 1-MCP associando-se a refrigeração, na conservação e qualidade de goiabas 'Pedro Sato', conduziu-se o experimento em que frutos dessa cultivar foram tratados com solução de CaCl₂ a 2% por 5 minutos e com 1-MCP na concentração de 150 nL/L por 12 horas em câmara hermeticamente fechada. Após os tratamentos, os frutos foram armazenados em câmara refrigerada a 10°C e 90 ± 2% de umidade relativa, por um período de 25 dias. Os resultados indicaram que os tratamentos foram efetivos em manter a qualidade da fruta, salientando-se os frutos tratados com 1-MCP, que mantiveram uma melhor aparência interna e externa, apresentaram menor perda de massa, maior firmeza, menor síntese de vitamina C, menor solubilização de pectinas e menor atividade enzimática, aumentando desta forma a vida pós-colheita das goiabas.

Termos para indexação: Goiaba, endocarpo, amadurecimento, parede celular.

ABSTRACT

With the purpose of investigating the effect of the treatments with calcium chlorite and with 1-methylcyclopropene, associated with refrigeration, on the conservation and quality of guavas 'Pedro Sato', the experiment was carried out in which the fruit of this cultivar was treated with a solution of 2% CaCl₂ for 5 minutes and with 1-MCP at the concentration of 150 nL/L for 12 hours in a tightly sealed chamber. After the treatments, the fruit was stored in a refrigerated chamber at 10°C and 90 ± 2% of relative humidity for a 25-days period. The results pointed out that the treatments were effective in maintaining fruit quality, stressing the 1-MCP-treated fruit, which kept a better internal and external appearance, presented less loss of mass, greater firmness, less synthesis of vitamin C, less pectin and less activity enzymatic activity, increasing in this way the post-harvest life of guavas.

Index terms: Guava, endocarp, ripening, cell wall.

(Recebido em 3 de março de 2005 e aprovado em 10 de abril de 2006)

INTRODUÇÃO

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 já foram estudadas por Carvalho (1999), Lima (2004) e Xisto (2002).

Uma característica comum entre frutos durante o amadurecimento é o incremento na atividade enzimática degradativa da parede celular, responsável pelo amaciamento. Do ponto de vista bioquímico um grande número de enzimas tem participação na degradação

biológica das substâncias pécnicas, embora algumas ainda não tenham sido estudadas. No entanto, especial atenção tem sido dada a pectinametilsterase e a poligalacturonase, enzimas relacionadas com a degradação dos poliuronídeos.

A pectinametilsterase (PME) prepara o substrato para a ação da poligalacturonase (PG). A PME catalisa a desmetilação do C₆ do grupo carboxílico dos resíduos de galacturosil, desesterificando-o. Assim, a PG somente catalisa a hidrólise das ligações α-1,4 de ácido galacturônico quando desesterificado (ASSIS et al., 2001).

Os efeitos do cálcio nos frutos têm sido reportados; aplicações deste cátion produzem efeitos positivos na preservação da integridade e funcionalidade da parede celular mantendo a consistência firme do fruto (AWAD, 1993).

¹Química, Mestre em Ciências – Agroquímica e Agrobioquímica – Departamento de Química/DQI – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – lalinhaires@zipmail.com.br

²Engenheiro Agrônomo, DS. Ciências, Professor Titular do Departamento de Química/DQI – Universidade Federal de Lavras /UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – custodio@ufla.br

³Engenheira Agrônoma, DS. Ciência dos Alimentos, Professora Adjunta do Departamento de Química/DQI – Universidade Federal de Lavras /UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – celeste@ufla.br

⁴Engenheira Agrônoma, DS. Ciência dos Alimentos, Professora Adjunta do Departamento de Química/DQI Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – angelita@ufla.br

O 1-metilciclopropeno é um composto volátil que tem demonstrado ser um potente inibidor da ação do etileno na célula. Este produto se liga preferencialmente ao sítio de ligação do etileno, inibindo seu estímulo fisiológico sobre o amadurecimento e prolongando a vida útil dos frutos (SISLER & SEREK, 1997).

Em relação à atividade de enzimas associadas à degradação da parede celular do endocarpo em frutos de goiabeira, como nenhum estudo foi realizado, 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 da fruta. Dessa forma, estudou-se a perda de massa e firmeza no fruto como um todo e algumas alterações químicas e enzimáticas no endocarpo de goiabas 'Pedro Sato' tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração.

MATERIAIS E MÉTODOS

Colheita dos frutos e tratamentos

Goiabas (*Psidium guajava* L.) da cv. Pedro Sato cultivadas em pomar situado no município de Lavras – Minas Gerais, foram colhidas no início da manhã, de forma manual, acondicionadas em caixas de polietileno previamente esterilizadas e transportadas ao Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras – MG. Foram selecionados 135 frutos em estágio de maturação completo, apresentando polpa firme, casca verde e ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas.

Aplicação dos tratamentos

Os 135 frutos colhidos e selecionados foram lavados em água corrente e separados em três grupos de 45 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, denominados controle, não sofreram nenhum tratamento. Os frutos do segundo grupo foram imersos em solução de cloreto de cálcio 2% (p/v) por 5 minutos. Os frutos do terceiro grupo foram tratados com 1-metilciclopropeno na concentração de 150 nL/L durante 12 horas em câmara hermeticamente fechada (temperatura ambiente). Após aplicação dos tratamentos os frutos de cada tratamento foram armazenados em câmara refrigerada a 10°C e $90 \pm 2\%$ de umidade relativa, por um período de 25 dias. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em

um esquema fatorial 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 composta por três frutos com três repetições.

Preparo das amostras

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.

Variáveis analisadas

a) **Perda de massa:** foi determinada utilizando-se balança analítica e expressa em porcentagem; b) **Firmeza:** foi medida 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, sendo os resultados expressos em Newton; c) **Açúcares totais:** foram extraídos segundo o método descrito por Lane-Enyon, citado pela AOAC (1992) e determinados pelo método de antrona segundo Dische (1962), sendo os resultados expressos em porcentagem; d) **Vitamina C:** foi determinada colorimetricamente por reação com 2,4-dinitrofenilhidrazina de acordo com Strohecker & Henning (1967); e) **Pectina total e solúvel:** foram extraídas segundo a técnica padronizada por McCread & McCoomb (1952) e quantificadas por reação com carbazol segundo a técnica de Bitter & Muir (1962); f) **Esterase:** a atividade enzimática foi determinada de acordo com a técnica padronizada por Alfenas et al. (2001) com algumas modificações. Os resultados foram expressos em miliunidade por g de miolo; g) **Pectinametilesterase (PME):** a atividade da PME foi determinada de acordo com a técnica descrita por Jen & Robinson (1984), utilizando-se como substrato uma solução de pectina cítrica a 1% em NaCl $0,2\text{mol.L}^{-1}$ pH 7,0 à temperatura de 30°C . Os resultados foram expressos em miliunidade por g de miolo; h) **β -D-Galactosidase:** a atividade enzimática foi determinada de acordo com a técnica padronizada por Ali et al. (1995), com algumas modificações. Os resultados foram expressos em miliunidade por g de miolo; i) **β -D-Glicosidase:** a atividade enzimática foi determinada de acordo com a técnica

padronizada por Santos (1985) e expressos em miliunidade por g de miolo. Os resultados de todas as análises foram submetidos à análise de variância e as médias quando significativas foram comparadas pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade utilizando-se o *software* Sanest (ZONTA & MACHADO, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A perda de massa dos frutos após 25 dias de refrigeração foi 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 1). Apesar de ter ocorrido perda de massa significativa em todos os tratamentos ao longo dos dias de armazenamento, 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 deva-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).

Analisando-se a Figura 2, verificou-se durante todo período experimental que a firmeza dos frutos diminuiu com os dias de armazenamento 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 atuação das enzimas responsáveis pelo processo de amolecimento. Após 12 horas da aplicação dos tratamentos, correspondente ao tempo zero, verificou-se que o tratamento com cloreto de cálcio 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.

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. Um dos fatores que contribuem para a firmeza 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.

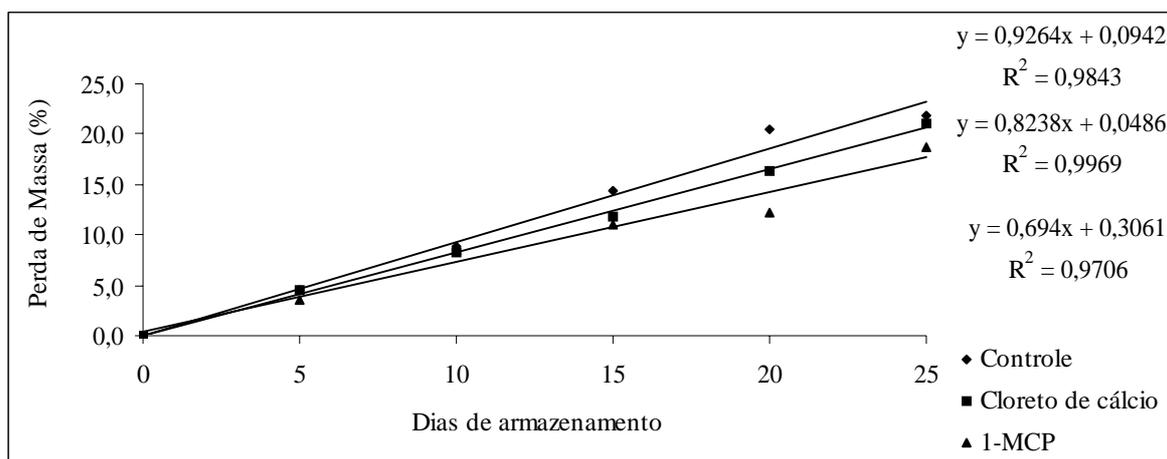


FIGURA 1 – Perda de massa de goiabas ‘Pedro Sato’ submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

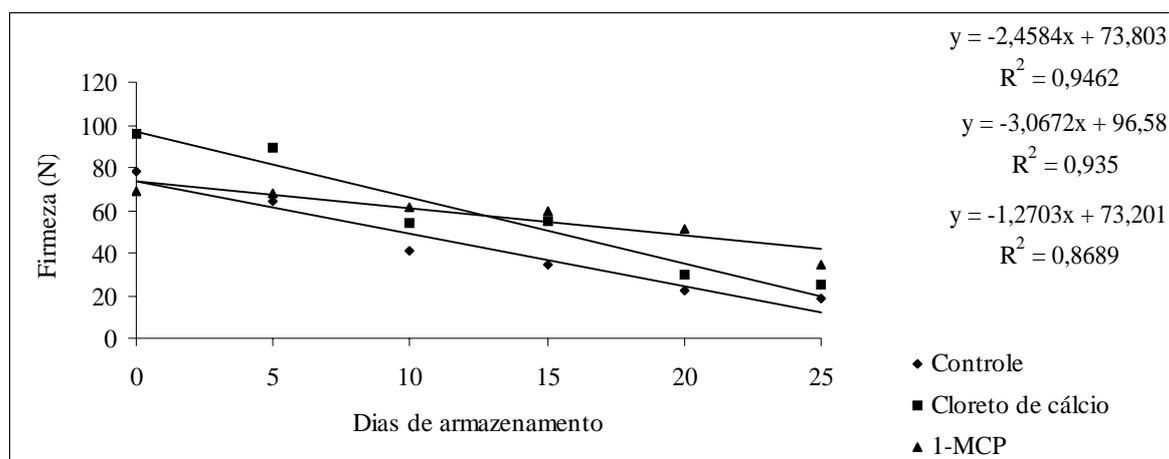


FIGURA 2—Firmeza de goiabas ‘Pedro Sato’ submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

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. Para Chitarra et al. (2000), a redução da firmeza é regulada principalmente, por dois processos enzimáticos: a desesterificação ou remoção de grupos metílicos ou acetil das pectinas pela enzima pectinametilesterase e a despolimerização ou encurtamento das cadeias de pectinas, pela ação da enzima poligalacturonase. Logo, a maior firmeza dos frutos tratados com 1-MCP pode estar associada à menor ação do etileno, que indiretamente, influi na redução da atividade dessas enzimas.

Quanto aos açúcares solúveis totais observou-se que, com o decorrer dos dias de armazenamento, os teores aumentaram em todos os tratamentos, sendo que 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 3). Os teores de açúcares solúveis totais encontrados para o fruto verde e maduro 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.

Xisto (2002), tratando goiabas ‘Pedro Sato’ com cloreto de cálcio (1 g/100 mL) a 30°C por 30 minutos, verificou aumento no teor de açúcares totais durante os 4 dias de armazenamento, sendo que 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.

Pela Figura 4, representa-se a variação dos teores de vitamina C. Verificou-se um aumento linear nos teores dessa variável durante todo o período em que os frutos ficaram armazenados indicando síntese dessa vitamina durante o amadurecimento. Os teores de vitamina C encontrados variaram de 26,5 a 51,9 mg de ácido ascórbico por 100 g de miolo para os frutos controle, de 23,5 a 52,6 mg de ácido ascórbico por 100 g de miolo 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.

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 100 g 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/100 g de polpa nas goiabas recém-colhidas e chegou a 153,0 mg/100 g 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 de ácido ascórbico durante o amadurecimento de goiaba.

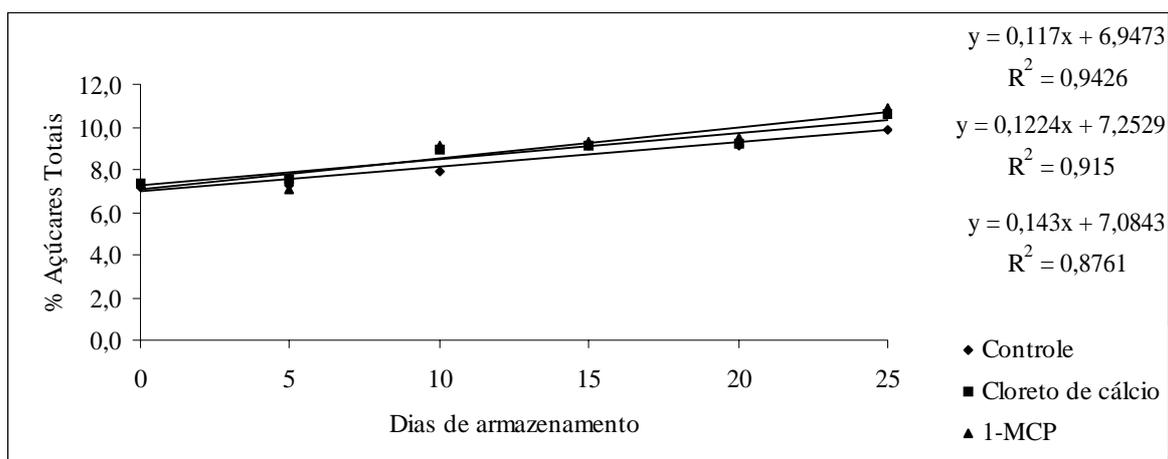


FIGURA 3 – Açúcares solúveis totais de miolo de goiaba 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

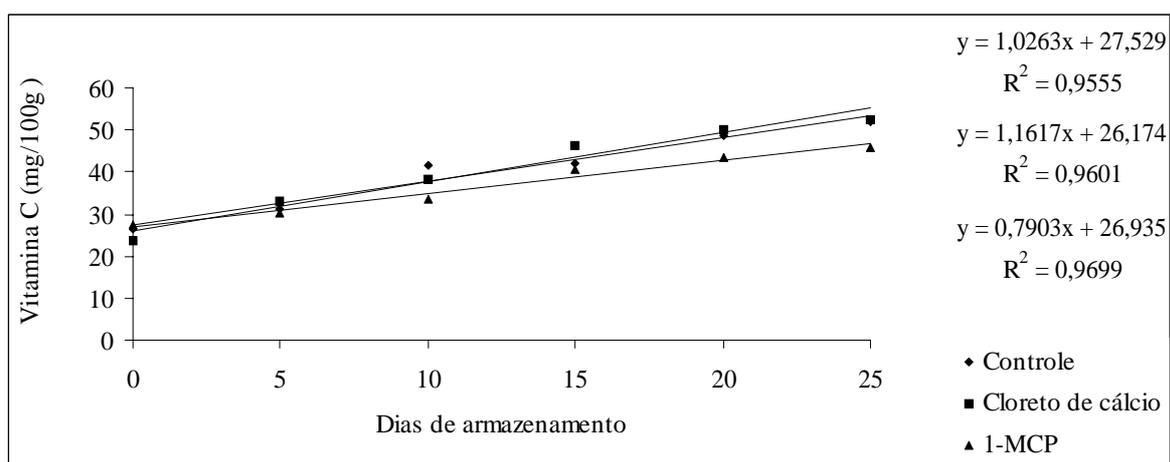


FIGURA 4 – Vitamina C de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

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.

Na análise de variância dos teores de pectina total não foram verificadas diferenças entre os tratamentos. 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. Em geral, o teor de pectina total pode permanecer inalterado ou diminuir, como observaram Mowlah & Itoo (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%.

O teor de pectina solúvel aumentou com o amadurecimento 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 e ou retardando a atividade das enzimas pécticas. O aumento nos teores de pectina solúvel, durante o amadurecimento de goiaba, também foi observado por Lima (2004). O teor inicial de 0,30% nos frutos controle, 0,26% nos frutos tratados com cálcio e de

0,24% nos frutos tratados com 1-MCP elevou-se após 25 dias de armazenamento e as variações encontradas foram de 0,59; 0,54 e 0,51%, respectivamente (Figura 6).

Determinou-se o pH ótimo da esterase, verificando-se que a atividade máxima da ocorreu em pH 6,0, ou seja o pH ótimo da enzima. Como as curvas de pH obtidas para o sobrenadante e para o sedimento foram semelhantes, este fato sugere que a enzima solúvel pode ser a mesma enzima de membrana (Figura 7). A atividade da esterase foi medida no sobrenadante e no sedimento separadamente, sendo observado efeito significativo para todos os fatores sobre a atividade de esterase em sedimento e efeito significativo apenas para os dias de maturação sobre a atividade dessa enzima no sobrenadante.

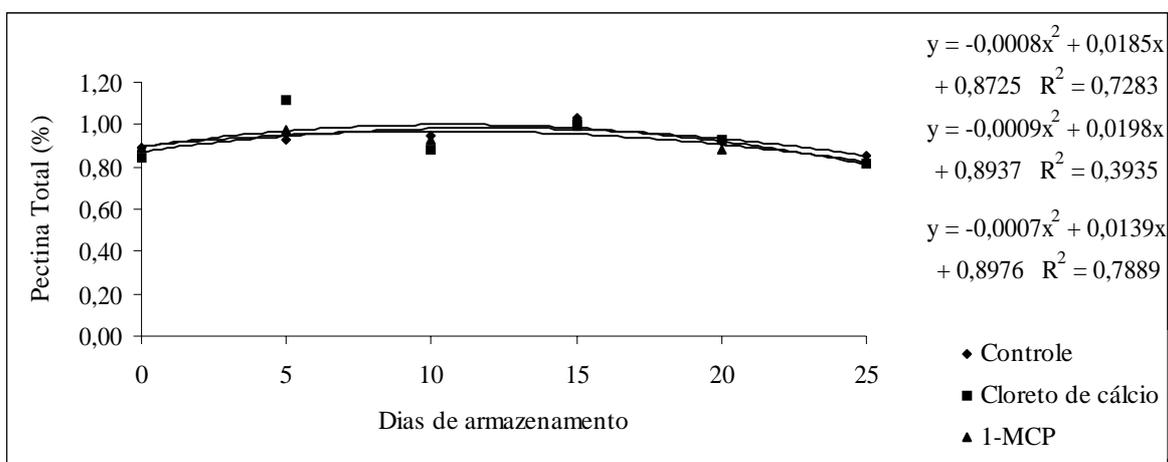


FIGURA 5 – Pectina total de miolo de goiabas ‘Pedro Sato’ submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

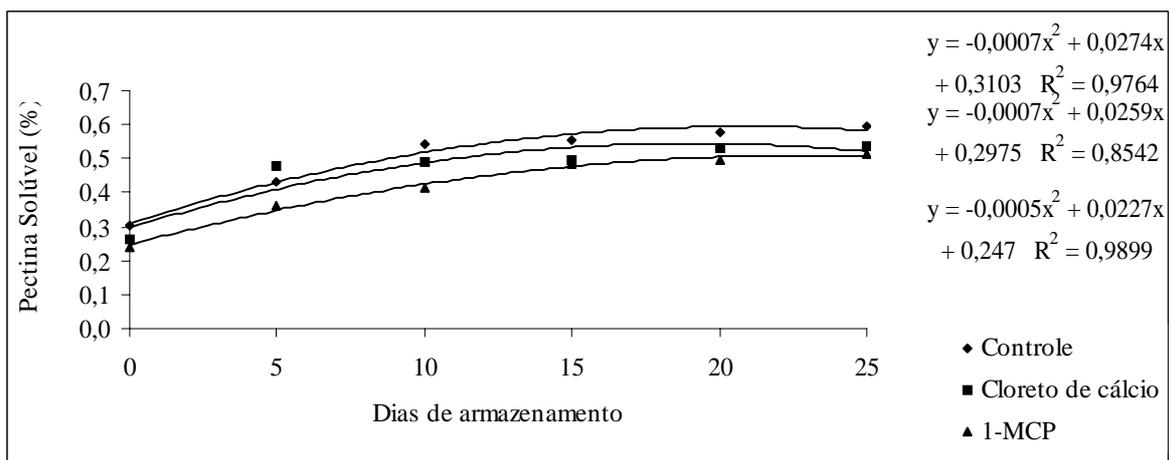


FIGURA 6 – Pectina solúvel de miolo de goiabas ‘Pedro Sato’ submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

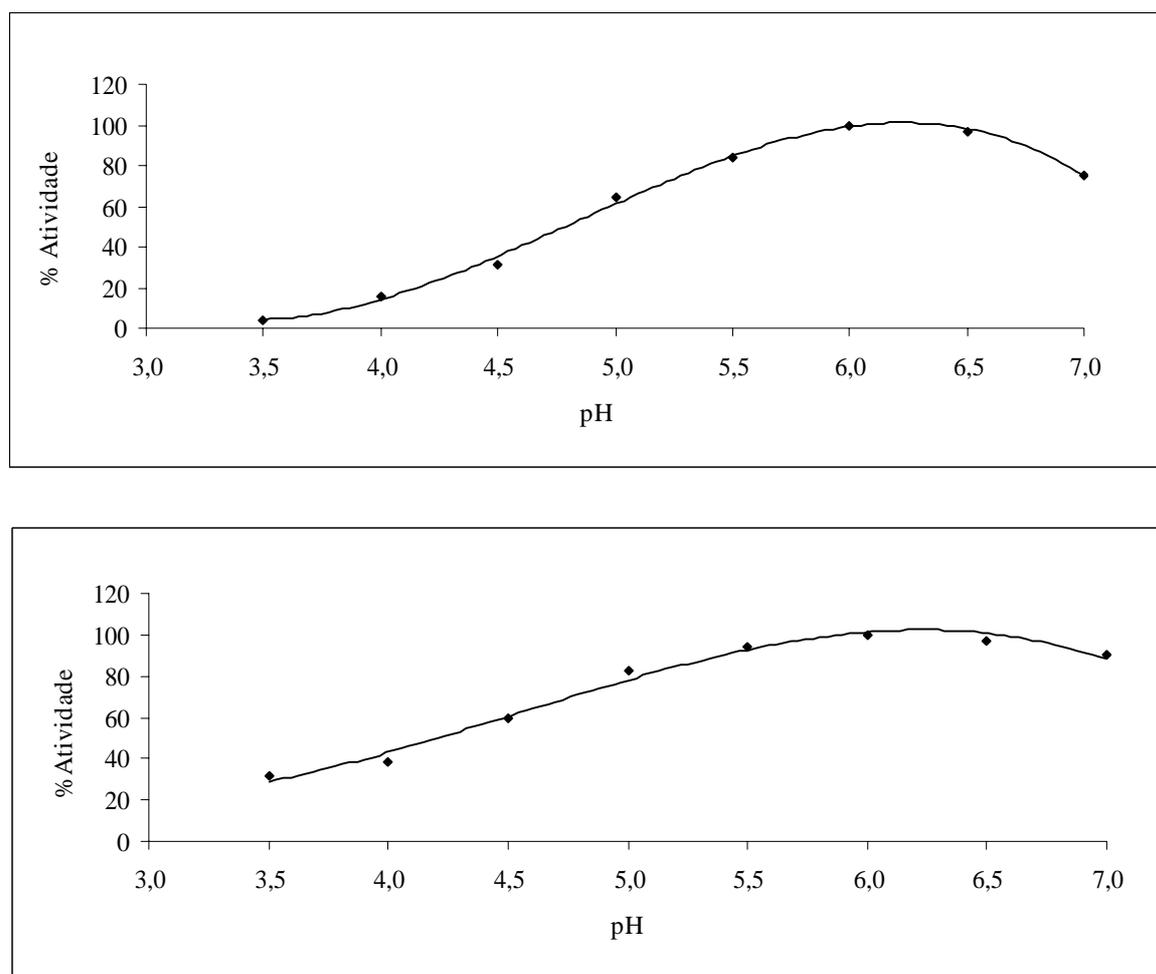


FIGURA 7 – Atividade da Esterase no sobrenadante e no sedimento em função do pH.

Verificou-se aumento da atividade de esterase no sobrenadante com o decorrer dos dias de maturação (Figura 8). No sedimento, verificou-se um aumento na atividade até o 15º dia e uma diminuição a partir deste período (Figura 9).

Maior atividade foi encontrada no sedimento. O sobrenadante respondeu por somente $14,94 \pm 0,92\%$ da atividade de esterase, enquanto que no sedimento, a atividade foi de aproximadamente 85,06%. Em geral, considerando que houve aumento na atividade de esterase verificou-se um comportamento semelhante entre os tratamentos ao decorrer dos dias de armazenamento, sugerindo a inexistência de um efeito aditivo entre a refrigeração e o 1-MCP.

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 (Figura 10). Deve-se salientar que no início do experimento (dia zero), os frutos do tratamento controle apresentaram maior atividade que os frutos dos tratamentos com cálcio e com 1-MCP.

Observou-se que, com o decorrer dos dias de armazenamento, os frutos do tratamento controle apresentavam

maior atividade da PME quando comparado aos frutos dos demais tratamentos. Verificou-se que, mesmo sob refrigeração, os frutos amoleceram com o avanço da maturação, porém, de forma mais lenta, ou seja, houve efeito positivo da refrigeração em reduzir a atividade enzimática nesses frutos (Figura 10).

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 superior à observada após 25 dias em ambiente refrigerado.

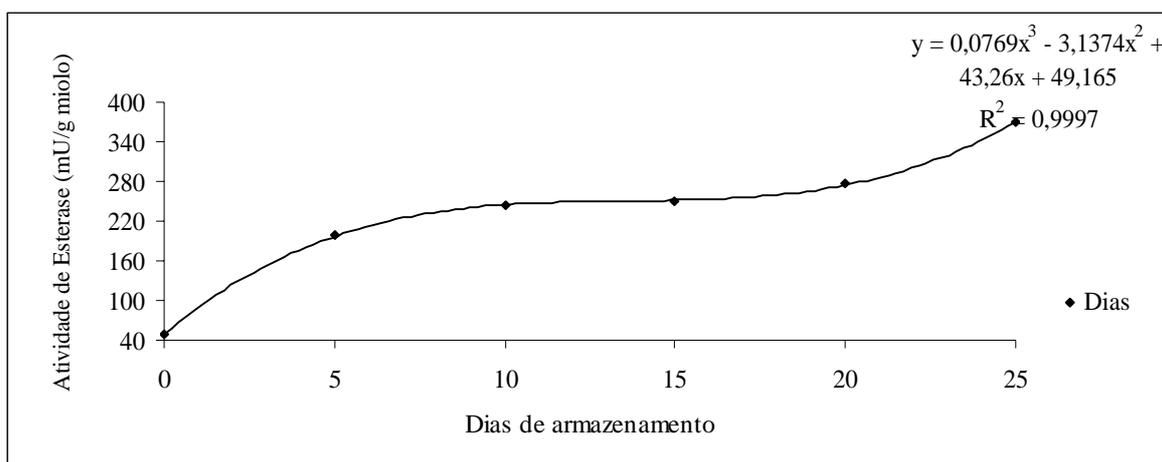


FIGURA 8 – Atividade de esterase (sobrenadante) em miolo de goiabas ‘Pedro Sato’ tratadas com cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em ambiente refrigerado.

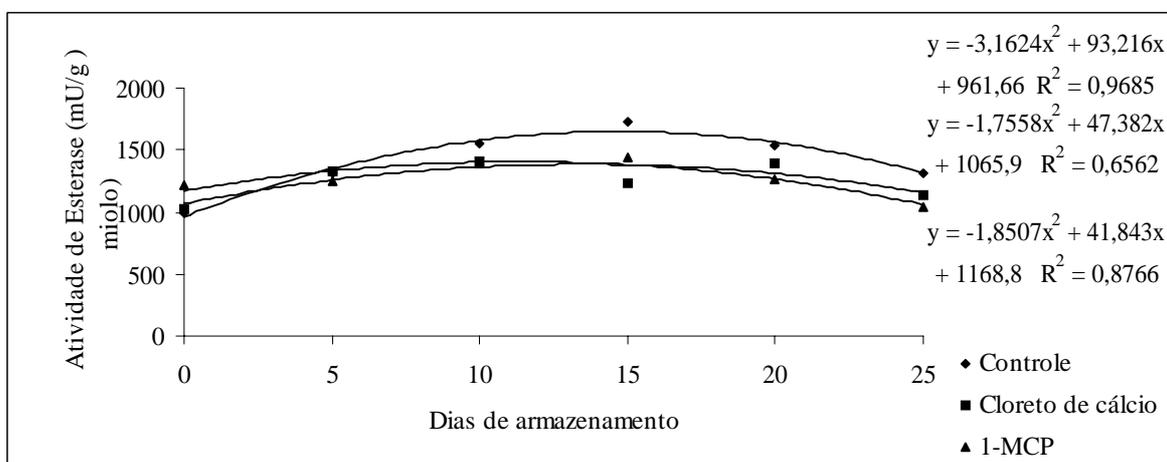


FIGURA 9 – Atividade de esterase (sedimento) em miolo de goiabas ‘Pedro Sato’ submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP e armazenadas em ambiente refrigerado.

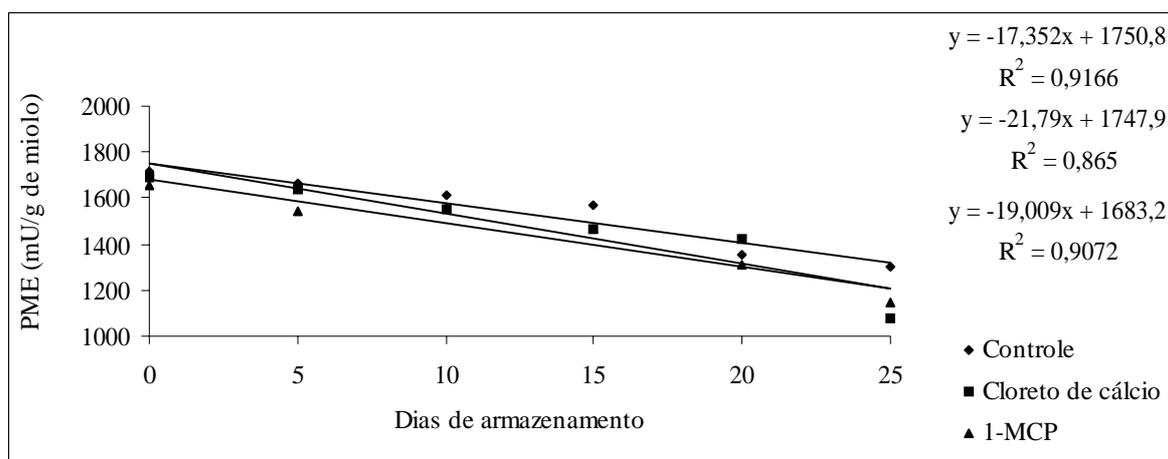


FIGURA 10 – Atividade de pectinametilesterase em miolo de goiabas ‘Pedro Sato’ submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

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), que 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.

Na Figura 11, mostra-se a atividade da enzima β -D-galactosidase no sedimento em função do pH. Variando-se o pH de 3,0 a 7,0 em intervalos de 0,5 unidade, verificou-se que a atividade máxima da β -D-galactosidase foi encontrada em pH 3,5, ou seja pH ótimo da enzima. 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%.

A análise estatística dos dados não mostrou efeito significativo para a interação tratamento x dias de maturação sobre a atividade da β -D-galactosidase (Figura 12). No entanto, verificou-se uma diminuição na atividade desta enzima com o decorrer do período de armazenamento do fruto, o que pode estar relacionada

com o avanço da maturação, ou seja, com o passar do tempo o fruto começa entrar no estágio de senescência, período que pode ocorrer redução da atividade enzimática.

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.

Quanto à atividade da enzima β -D-glicosidase, variando-se o pH de 3,0 a 7,0 em intervalos de 0,5 unidade, verificou-se que seu pH ótimo foi 5,0 (Figura 13).

Quanto à atividade de β -D-glicosidase, verificou-se que a mesma ocorre quase que totalmente no sedimento (87,42%) (Figura 14). O sobrenadante respondeu por somente $12,58 \pm 1,59\%$ dessa atividade. 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 possivelmente pela estabilização conformacional inferida pelo íon cálcio, ao se formar o pectato de cálcio.

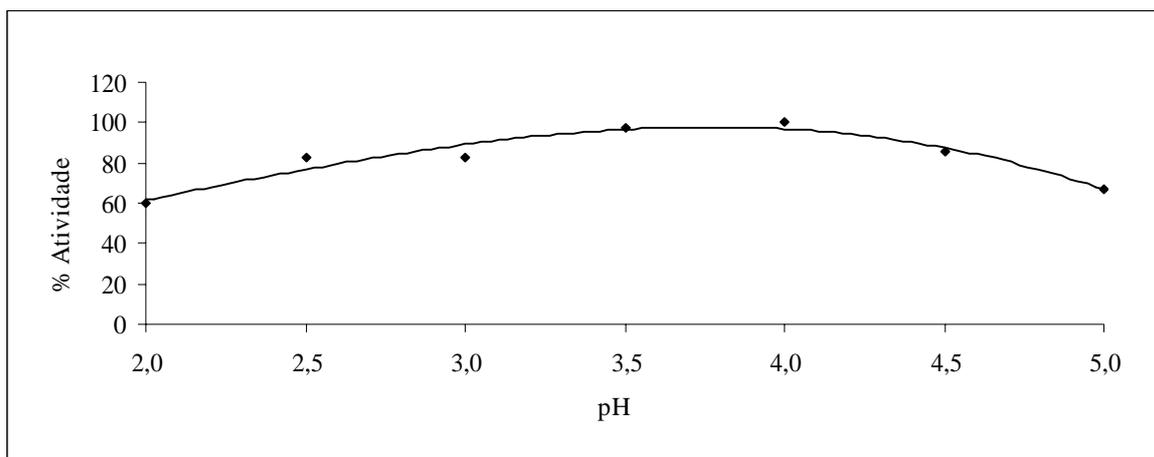


FIGURA 11 – Atividade da β -D-galactosidase no sedimento em função do pH.

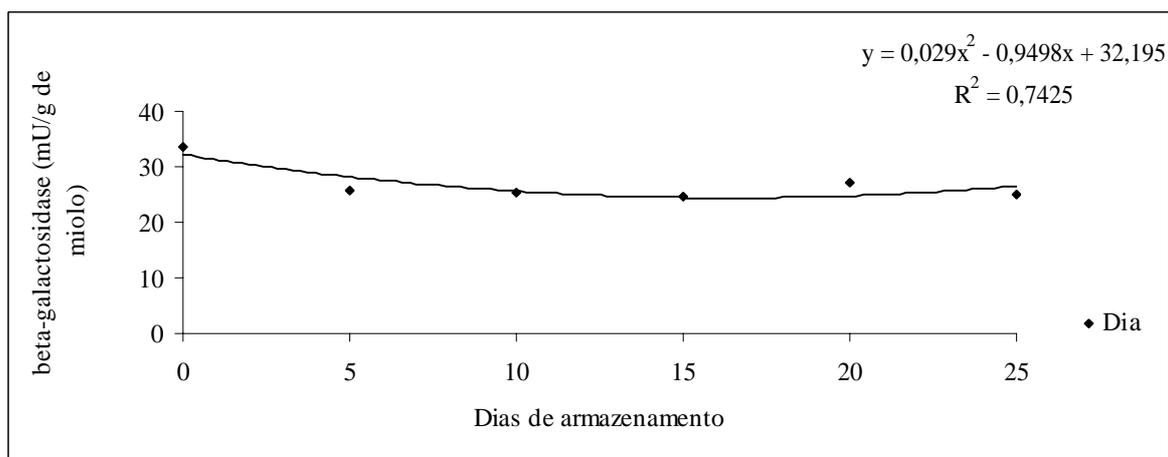


FIGURA 12 – Atividade de β -D-galactosidase em sedimento de miolo de goiabas 'Pedro Sato' submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

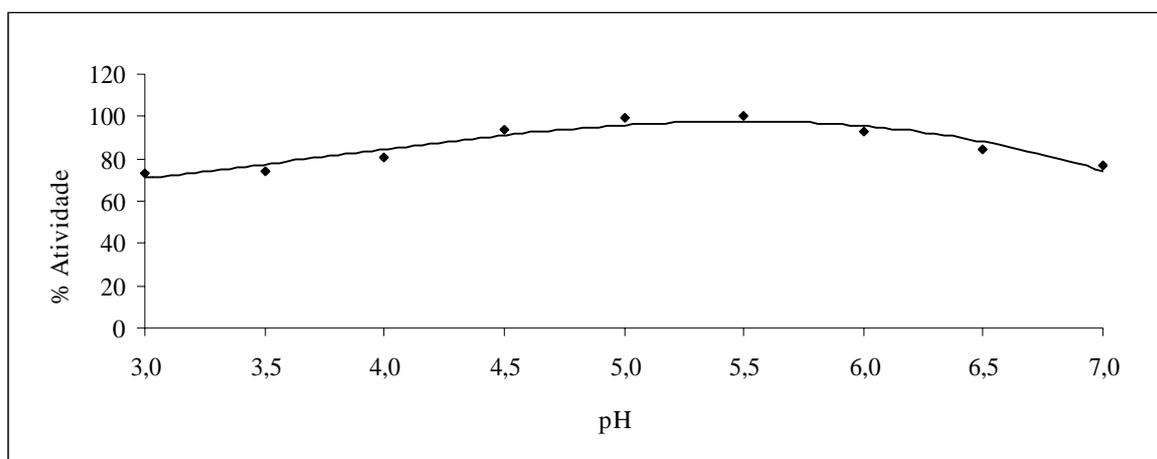


FIGURA 13 – Atividade da β -D-glicosidase no sedimento em função do pH.

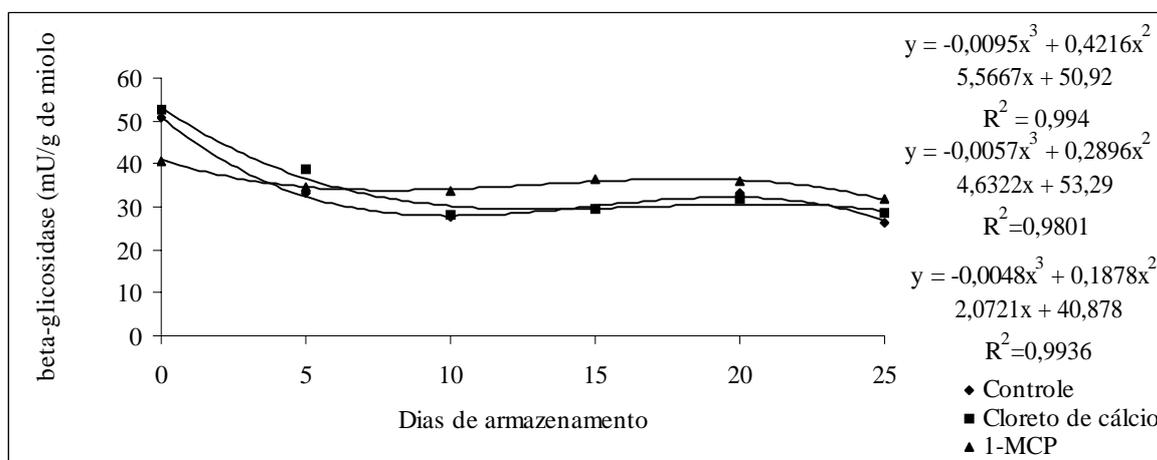


FIGURA 14 – Atividade de β -D-glicosidase em sedimento de miolo de goiabas ‘Pedro Sato’ submetidas aos tratamentos controle, cloreto de cálcio e 1-MCP, armazenadas em ambiente refrigerado.

CONCLUSÕES

Os resultados revelaram que os tratamentos com cloreto de cálcio e com 1-MCP afetaram as características analisadas, proporcionando maior firmeza, menor perda de massa, menor teor de pectina solúvel e menor síntese de vitamina C quando comparado aos frutos controle. Dentre os tratamentos, o 1-MCP foi o que manteve os frutos mais firmes, proporcionou atividades mais baixas das enzimas, promovendo um amaciamento menos intenso e estendendo assim a vida pós-colheita da fruta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Eletroforese de proteínas, isoenzimas, fungos e essências florestais**. Viçosa: SIF, 2001.
- ALI, Z. M.; ARMUGAM, S.; LAZAN, H. b-Galactosidase and its significance in ripening mango fruit. **Phytochemistry**, Oxford, v. 38, n. 5, p. 1109-1114, 1995.
- ALI, Z. M.; LAZAN, H. Guava. In: MITRA, S. K. **Postharvest of physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 145-165.
- 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**, London, v. 74, p. 133-137, 2001.
- 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.
- BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, New York, v. 34, p. 330-334, 1962.
- 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, 1999.
- CARVALHO, H. A. de et al. 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 b-galactosidase de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, p. 174-181, dez. 2000.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p. 477-512.
- JACOMINO, A. P. et al. Embalagens para conservação refrigerada de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 50-54, 2001.
- 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**. 2004. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- 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**, Saint 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.

- POOVAIAH, B. W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Oxford, v. 16, p. 86-89, 1986.
- SANTOS, C. D. **Fisiologia e bioquímica da digestão em *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae)**. 1985. 178 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.
- SISLER, E. C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Plant Physiology**, Washington, v. 100, p. 577-582, 1997.
- STROHECKER, R. L.; HENING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.
- 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, 2002.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Manual do Sanest: sistema de análise estatística para microcomputadores**. Pelotas: UFPel, 1991. 102 p.