

Efeitos de tratamentos pós-colheita sobre fatores que influenciam na textura de abacaxis cv. Smooth Cayenne

Patrícia Maria Pontes Thé¹, Raimundo de Pontes Nunes², Vânia Déa de Carvalho³

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo determinar os efeitos da associação de tratamento hidrotérmico, cloreto de cálcio e atmosfera modificada sobre fatores que influenciam na textura do abacaxi cv. Smooth Cayenne. Os frutos, provenientes de Canápolis, Estado de Minas Gerais, Brasil, foram colhidos em estágio de maturação 2, ou seja, região basal do fruto amarela sem atingir mais de duas fileiras de olhos e tamanho uniforme, com peso médio variando de 1,8 a 2,1 kg. Testou-se o tratamento hidrotérmico à temperatura de 40 °C, com e sem cloreto de cálcio a 2%, nos tempos de imersão de 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, além de armazenamento ou não em embalagens de polietileno. O armazenamento dos frutos foi realizado em sistema de refrigeração a uma temperatura de 8 °C ± 2 e umidade relativa de 90% ± 3, durante 20 dias. Em seguida, os frutos foram retirados do frio e armazenados em temperatura ambiente (20 °C ± 2) e umidade relativa de 80% ± 10, por cinco dias. Após esse período, foram avaliados os teores de pectina total e solúvel, a relação entre ambas (% de solubilidade) e as atividades das enzimas pécticas poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME). Verificou-se que os tratamentos hidrotérmicos causaram aumento na solubilização das pectinas. As atividades das PG tenderam a aumentar concomitantemente com o aumento do tempo de imersão, enquanto as atividades da PME foram pouco afetadas por este parâmetro. A embalagem retardou o processo de amadurecimento dos frutos, que apresentaram menor porcentagem de pectina solúvel e de solubilização das pectinas. As atividades das enzimas PME e PG foram menores nos frutos embalados.

Palavras-chave: *Ananas comosus* (L.) Merr., tratamentos hidrotérmicos, atmosfera modificada, pectina, poligalacturonase (PG), pectinametilesterase (PME).

ABSTRACT

Influence of postharvest treatments on factors affecting fruit texture of pineapple cv. Smooth Cayenne

The objective of the present study was to determine the effects of the combination of hydrothermal treatment, calcium chloride and modified atmosphere packaging on factors that affect the texture of pineapple cv. Smooth Cayenne. Fruits grown in Canápolis-MG-Brazil were harvested at the intermediate stage of maturation, with uniform size and weight varying from 1.8 to 2.1 kg. Hydrothermal treatment at 40°C was applied, with and without calcium chloride at 2%, during 10, 20, 30, 40 and 50 minutes and storage with and without modified atmosphere packaging. After the treatments, fruits were stored in a cold room at 8°C ± 2 and relative humidity of 90% ± 3, for 20 days. Then, the fruits were removed from the cold chamber and kept at room temperature (20°C ± 2 and 80% ± 10 relative humidity) for 5 days. After this period, fruits were evaluated for total and soluble pectin, the relation between both (% of solubility) and the activity of the enzymes polygalacturonase (PG) and pectin methyl esterase (PME). Hydrothermal treatments increased

Recebido para publicação em dezembro de 2007 e aprovado em maio de 2009

¹ Farmacêutica, Doutora. Departamento de Farmácia, Universidade Federal do Ceará, Rua Capitão Francisco Pedro, 1210. 60.430-360, Fortaleza, Ceará, Brasil. patricia@ufc.br.

² Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Rua Tibúrcio Cavalcante, 890/301, 60.125-100, Fortaleza, Ceará, Brasil. pontes@ufc.br.

³ Engenheira-Agrônoma, Doutora. Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

the pectin solubilisation. PG activities tended to increase with the rise of the immersion time. PME activity was not significantly affected by this variable. The polyethylene packing retarded the ripening process of the fruits that had less percentage of soluble pectin and less pectin solubilisation and reduced the activities of the enzymes polygalacturonase (PG) and pectin methyl esterase (PME).

Key words: *Ananas comosus* (L.) Meer, hydrometrical treatments, calcium chloride treatments, modified atmosphere, pectin, polygalacturonase (PG), pectin methyl esterase (PME).

INTRODUÇÃO

O transporte de frutos *in natura* entre grandes distâncias num país e entre diferentes nações exige métodos de colheita, transporte e conservação cada vez mais eficientes, para que os frutos cheguem à mesa do consumidor em condições ideais de consumo.

A expansão da produção brasileira de abacaxi e o incremento da exportação da fruta *in natura* mostram a necessidade e o interesse de estudos básicos de preservação do fruto, a fim de manter as suas qualidades para o mercado consumidor. A produção brasileira de abacaxi aumentou de 736 milhões de frutos em 1990 para 1.528 em 2005, sendo a previsão para 2007 de 1.682 (IBGE, 2007).

A maior parte da exportação de abacaxi do Brasil é feita na forma de fruta fresca, exigindo cuidados especiais nas fases de colheita, pós-colheita e, particularmente, no transporte, que deve ser realizado sob refrigeração (Thé, 2001). As exportações brasileiras ainda somam um percentual muito pequeno em relação à produção, em torno de 0,8% em frutas *in natura* e um volume também muito limitado em forma de suco (Agriannual, 2006).

O conhecimento da fisiologia pós-colheita do abacaxi é importante para a conservação do fruto, uma vez que fornece subsídios técnicos que visam à ampliação do tempo de armazenamento e à melhor qualidade do produto (Thé, 2001). Diversas pesquisas utilizando atmosferas modificadas (Santos *et al.*, 2001), armazenamento em diferentes temperaturas (Sarzi *et al.*, 2001), aplicação de cálcio (Antonioli *et al.*, 2003), entre outras, têm sido realizadas. Essas pesquisas visam desenvolver e disponibilizar tecnologias para amenizar os prejuízos das perdas pós-colheita no Brasil (Granada *et al.*, 2004).

O cálcio participa de forma importante da estrutura e da resistência mecânica da parede celular (Poovaiah, 1986). Os efeitos do cálcio nos frutos têm recebido muita atenção, visto que as aplicações desse cátion produzem efeitos positivos no adiamento da maturação e da senescência. O acúmulo dos cátions Ca^{2+} pode facilitar a ligação entre os polímeros de pectina, particularmente na

lamela média, aumentando sua resistência (Siddiqui & Bangerth, 1996).

A aplicação de cálcio pode ser potencializada quando associada ao tratamento hidrotérmico, uma vez que a elevação da temperatura pode favorecer a penetração do elemento através da epiderme do fruto (Lurie & Klein, 1992; Holland, 1993; McCollum *et al.*, 1995). Em diversos frutos a qualidade tem sido melhorada por meio do tratamento com cálcio associado ao tratamento hidrotérmico, o que pode ser uma alternativa para o aumento da vida útil do abacaxi (Gonçalves *et al.*, 2000).

A atmosfera modificada é uma técnica de armazenamento de frutos e hortaliças realizada em condições de composição da atmosfera diferente daquela presente na atmosfera do ar normal (Lana & Finger, 2000). A modificação da atmosfera provoca decréscimo na velocidade da respiração, atraso na maturação e diminuição na deterioração de frutos e hortaliças (Kader *et al.*, 1989), podendo ser obtida com o uso de materiais plásticos como polietileno, policloreto de vinila e, ou por meio da aplicação de produtos como ceras, ésteres de sacarose e outros aditivos (Kluge *et al.*, 2002).

O polietileno vem sendo usado na embalagem de vários frutos, pois reduz a perda da umidade, diminui o metabolismo respiratório e, conseqüentemente, as alterações resultantes deste processo (Thé, 2001).

Tradicionalmente, os produtores usam filmes de PVC esticável de baixa espessura para acondicionar frutos em embalagens comerciais. Aumentando-se a espessura dos filmes, diminui-se a sua permeabilidade, possibilitando maior acúmulo de CO_2 e aumentando a vida de prateleira dos frutos (Brackmann *et al.*, 1999).

A textura é um dos atributos de qualidade mais importantes em frutos e hortaliças, sendo as substâncias pécticas os principais componentes químicos dos tecidos responsáveis pelas mudanças de textura (Chitarra & Chitarra, 1990).

Grande número de enzimas tem participação na degradação biológica das substâncias pécticas, embora algumas não sejam bem estudadas. Dentre elas, as mais

importantes e objetos de maiores estudos são as pectinametilesterases (PME) e as poligalacturonases (PG) (Fonseca, 1974).

O presente trabalho teve por objetivo verificar a influência da associação de tratamento hidrotérmico, cloreto de cálcio e atmosfera modificada sobre fatores relacionados à textura de abacaxi, cultivar Smooth Cayenne. Foram avaliados os teores de pectina total e solúvel, a relação entre ambas (% de solubilidade) e as atividades das enzimas pécticas poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME).

MATERIAL MÉTODOS

Origem, colheita e transporte dos frutos

Foram utilizados abacaxis cultivar Smooth Cayenne, provenientes do município de Canápolis, Estado de Minas Gerais (Triângulo Mineiro), situado a 550 m de altitude. Os frutos foram cultivados em solo do tipo Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico, com adubação de fundação na cova na dose de 3 g de P_2O_5 por planta, e durante o ciclo 12 g de K_2O e 9 g de N por planta em cobertura. Irrigou-se a lavoura de 10 em 10 dias, sendo a densidade de plantio de 40.000 plantas por hectare.

O tempo decorrido do plantio até a colheita foi de 15 meses. No momento da colheita, os pedúnculos cortados foram tratados com Benomyl a 4.000 mg/L para proteção contra a podridão-negra e, em seguida, acondicionados a granel em caminhão. Os abacaxis foram colhidos em estágio de maturação 2, ou seja, região basal do fruto amarela sem atingir mais de duas fileiras de olhos (Giacomelli, 1982) e peso médio entre 1,8 e 2,1 kg.

Os frutos foram transportados para o Laboratório de Produtos Vegetais, Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, para a montagem do experimento.

Tratamentos pós-colheita

Para compor os tratamentos foram selecionados 528 frutos sadios. Os tratamentos estudados formaram 22 combinações de tratamentos pós-colheita. Usou-se um esquema fatorial ($2 \times 2 \times 5 + 2$), resultante de dois tipos de armazenamento (com e sem embalagem), duas concentrações de cloreto de cálcio durante o tratamento hidrotérmico a 40 °C (com cloreto de cálcio a 2% e sem cálcio) e cinco diferentes tempos de imersão (10, 20, 30, 40 e 50 minutos), mais dois testemunhas. Os testemunhas: (1) frutos sem embalagem e sem imersão e (2) frutos com embalagem e sem imersão representaram o Tempo 0 dos respectivos tratamentos (com e sem embalagem). Conduziu-se o experimento em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada unidade experimental constituída de seis frutos.

Os frutos dos tratamentos com embalagem foram acondicionados individualmente em sacos de polietileno transparentes de 0,10 mm de espessura, com dimensões de 50 x 50 cm, e fechados em seladora elétrica.

Para a realização do tratamento hidrotérmico, os seis frutos de cada unidade experimental foram imersos durante 10, 20, 30, 40 ou 50 minutos em um tanque de aquecimento contendo água ou solução de cloreto de cálcio a 2%, à temperatura controlada de 40 °C, conforme o respectivo tratamento. A água empregada na execução dos tratamentos apresentou concentração de 9,0 mg de cálcio/litro.

Após os tratamentos, procedeu-se ao armazenamento em câmara fria a 8 °C \pm 2 e umidade relativa de 90% \pm 3, durante 20 dias. Os frutos foram retirados das condições de armazenamento refrigerado e deixados em temperatura ambiente (20 °C \pm 2) e umidade relativa de 80% \pm 10, durante cinco dias. Utilizou-se termohigrógrafo para registrar a temperatura e a umidade relativa durante todo o período de armazenamento dos frutos. Decorrido esse período, foram efetuadas as avaliações das atividades enzimáticas e dos teores de pectina.

Avaliações dos frutos

Os seis frutos de cada parcela experimental foram descascados e as polpas cortadas em pedaços, obtendo-se uma amostra composta. Para a análise das atividades enzimáticas (pectinametilesterase e poligalacturonase), as amostras foram imediatamente congeladas em nitrogênio líquido, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas sob congelamento. O restante das amostras foi congelado em freezer doméstico para a realização das análises dos teores de pectinas totais e solúveis.

Atividades enzimáticas

Pectinametilesterase (PME)

Utilizou-se a técnica de Ratner *et al.* (1969) para a extração e o doseamento. Considerou-se uma unidade de pectinametilesterase como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente a um nmol de NaOH por minuto nas condições do ensaio. A atividade enzimática por minuto, com base na massa fresca, foi expressa em nmol g⁻¹.

Poligalacturonase (PG)

Realizou-se a extração segundo os métodos descritos por Pressey & Avants (1973) e Jen & Robinson (1984). Considerou-se uma unidade de atividade de poligalacturonase a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de um nmol de grupos redutores por minuto nas condições do ensaio. Os resultados das atividades enzimáticas por minuto, com base na massa fresca, foram expressos em nmol g⁻¹.

Substâncias pécticas (mg de ácido poligalacturônico/100g)

As pectinas totais e solúveis foram extraídas segundo a técnica padronizada por McCready & McComb (1952). No doseamento foi utilizada a técnica de Bitter & Muir (1962), e os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico/100 g de peso fresco. A porcentagem de solubilidade foi obtida pela porcentagem de pectina solúvel em relação à pectina total.

Análise estatística

Os resultados das atividades das enzimas pectinametilsterase, poligalacturonase e dos valores das substâncias pécticas de cada tratamento foram submetidos a análise da variância, usando-se o Programa MSTATC (1989). Havendo efeito significativo entre os tratamentos e suas interações, as respectivas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Para a descrição das variáveis em função dos tempos de duração dos tratamentos térmicos efetuaram-se análises de regressão, considerando os tempos de imersão como variável independente (x) e como variável dependente as características avaliadas cujos tempos de imersão foram significativos (teste F). Os modelos de regressão polinomiais foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e pelo coeficiente de determinação (Nunes, 1998).

RESULTADOS

A análise de variância para a pectina total é apresentada na Tabela 1. Não foram verificadas diferenças significativas entre os teores de pectina total dos fru-

tos sem imersão/sem embalagem (270,58 mg de ácido galacturônico/100g) e os teores dos frutos sem imersão/com embalagem (263,46 mg de ácido galacturônico / 100g), ou seja, entre as testemunhas (tempo 0). Todas as demais causas de variação apresentaram valores de F significativos.

Os teores de pectina total diminuíram com o aumento do tempo de imersão, porém de forma não uniforme. Notaram-se diferenças significativas relacionadas aos tempos de imersão entre os tratamentos com e sem cloreto de cálcio, tendo os frutos tratados com cálcio apresentado médias 8,53% superiores às dos tratamentos com água.

Detectaram-se diferenças significativas relacionadas ao uso ou não da embalagem, em que os frutos embalados tiveram médias 10,51% mais elevadas, comparadas aos tratamentos sem embalagem. Os valores desta variável oscilaram de 289,6 mg de ácido galacturônico/100g (água/com embalagem/10) a 144,8 mg de ácido galacturônico/100 g (água/sem embalagem/10).

Os teores de pectina total dos frutos tratados com cálcio (com e sem embalagem) pouco diferiram entre si nos diferentes tempos de imersão, enquanto nos tratamentos com água (com e sem embalagem) observou-se maior variação. Os frutos sem embalagem, tratados com água, apresentaram os menores teores de pectina total, comparados aos demais tratamentos (Figura 1).

Os tratamentos hidrotérmicos, com e sem cloreto de cálcio, provocaram diminuição nos teores de pectina total quando comparados aos tratamentos testemunha (tempo 0), com exceção dos tratamentos água/com embalagem/10 e água/com embalagem/20. Nos tratamentos água/sem embalagem, água/com embalagem e cálcio/sem embalagem, houve aumento nos teores de pectina total.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos fatores relacionados à textura dos frutos de abacaxi mostrando causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais⁽¹⁾

Causa de Variação	G L	Variáveis				
		Pectina total (mg/100 g)	Pectina solúvel (mg/100 g)	Solubilidade pectinas (%)	PG (nmol g ⁻¹)	PME (nmol g ⁻¹)
Tratamentos	21	6584,84***	445,33***	161,09***	54477,31***	150320,62***
Testemunhas x fatorial	1	35895,44***	685,61***	221,69***	58063,80***	567639,21***
Entre testemunhas	1	101,39 n.s.	39,46***	84,31***	49269,58***	37812,5***
Cálcio (C)	1	6170,94***	908,85***	1,19 n.s.	1229,62 n.s.	10125,00***
Embalagem (E)	1	9536,65***	6853,80***	2749,26***	43046,21***	1740500,00***
C x E	1	15160,22***	208,13***	63,51***	223432,89***	9031,25***
Tempo (T)	4	6147,93***	76,15***	11,82***	87895,94***	75554,69***
C x T	4	1711,39***	21,41***	15,97***	18957,81***	92937,5***
E x T	4	4430,29***	13,61**	21,52***	48677,59***	17765,63***
C x E x T	4	5564,67***	52,84***	16,42***	36714,00***	11648,44***
Erro	66	37,40	1,87	0,991	1840,18	894,89
C.V. (%)	—	3,01	3,16	4,53	6,25	6,01
Média geral	—	203,15	43,22	21,96	686,87	497,73

⁽¹⁾: n.s. – não significativo; (*), (**) e (***) significativo aos níveis de probabilidade de 0,05; 0,01 e 0,001 ou menos, respectivamente.

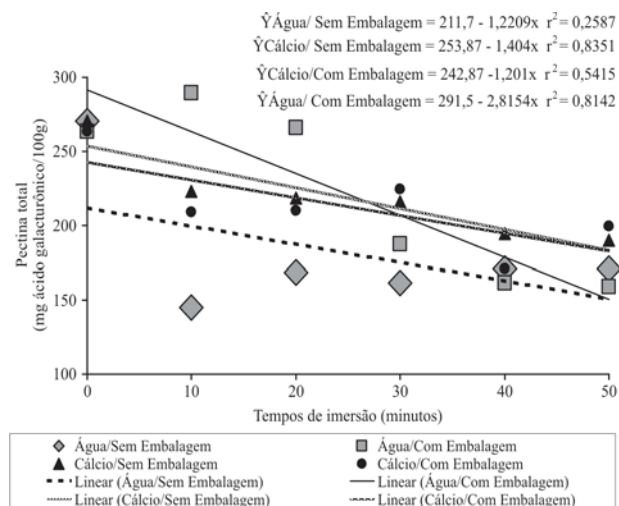


Figura 1. Teores médios e estimados pelas respectivas equações de regressão de pectina total em frutos de abacaxi tratados com água e cálcio, sem e com embalagem, em função dos tempos de imersão.

cio/sem embalagem, verificou-se efeito significativo e decrescente dos teores de pectina total em função do tempo de imersão.

A análise de variância para a pectina solúvel encontra-se na Tabela 1. Observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos com água e cálcio, o uso ou não de embalagem, e entre os diferentes tempos de imersão. Da mesma forma como verificado para os teores de pectina total, a pectina solúvel decresceu com o aumento no tempo de imersão. Os teores médios de pectina solúvel dos frutos tratados com água foram 14,53% inferiores aos respectivos tratamentos com cálcio. Nos frutos com embalagem, os valores observados foram 35,42% inferiores aos não-embalados.

Os frutos não embalados, tratados com cálcio, apresentaram teores de pectina solúvel variando de 60,52 a 55,06 mg de ácido galacturônico/100 g, valores superiores aos dos frutos não embalados, tratados com água (51,27 a 44,14 mg de ácido galacturônico/100 g). O teor médio de pectina solúvel dos tratamentos cálcio/sem embalagem (57,25 mg de ácido galacturônico/100 g) foi superior aos dos demais grupos.

Os frutos embalados, tratados com e sem cálcio, apresentaram teores de pectina solúvel variando de 38,33 a 25,63 mg de ácido galacturônico/100 g, valores inferiores aos dos frutos sem embalagem, indicando que a embalagem controlou a solubilização das pectinas, mantendo a firmeza dos frutos.

As variações referentes aos teores de pectina solúvel estão representadas na Figura 2. Apenas para o tratamento água/com embalagem ocorreu efeito significativo em função do tempo de imersão ($v_{\text{Água/Com Embalagem}} = 38,273 - 0,2239X; r^2 = 0,8793$), esperando-se um decréscimo de 0,2239 para cada minuto de aumento no tempo de imersão.

Na Tabela 1 observaram-se diferenças significativas para as porcentagens de solubilidade das pectinas entre os tratamentos com uso ou não de embalagem. No entanto, entre os tratamentos com água ou cálcio não se verificaram diferenças significativas, observando-se médias um pouco mais elevadas nos tratamentos com cálcio. As principais diferenças verificadas estão relacionadas à embalagem, com médias 41,38% inferiores nos frutos embalados, comparados aos sem embalagem.

As porcentagens de solubilidade variaram de 31,77 (água/sem embalagem/30) a 12,88% (água/com embalagem/10). As menores foram observadas nos frutos tratados com água e embalados. Os frutos tratados com cálcio/sem embalagem (27,55%) apresentaram porcentagem de solubilidade 5,29% inferior à dos frutos tratados com água/sem embalagem (29,09%), enquanto os frutos tratados com cálcio/com embalagem (17,61%) tiveram solubilidade 11,53%

$$\hat{Y}_{\text{Água/Com Embalagem}} = -0,2239x + 38,273 \quad r^2 = 0,8793 \quad \hat{Y}_{\text{Cálcio/Sem Embalagem}} = 56,81$$

$$\hat{Y}_{\text{Água/Sem Embalagem}} = 48,5 \quad \hat{Y}_{\text{Cálcio/Com Embalagem}} = 35,6$$

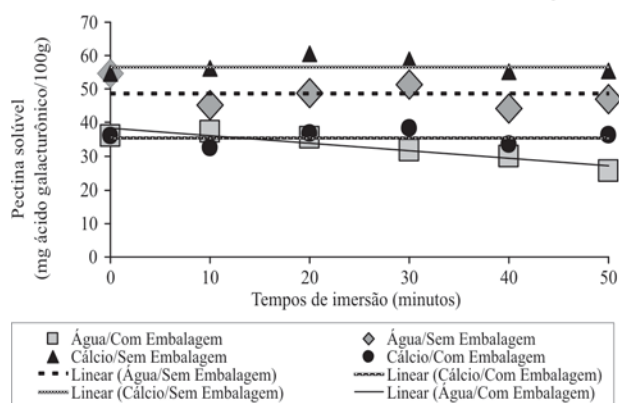


Figura 2. Teores médios e estimados pelas respectivas equações de regressão de pectina solúvel em frutos de abacaxi submetidos a diferentes combinações embalagem x cálcio, em função do tempo de imersão.

$$\hat{Y}_{\text{Água/Sem Embalagem}} = 27,603 \quad \hat{Y}_{\text{Cálcio/Sem Embalagem}} = 26,322$$

$$\hat{Y}_{\text{Água/Com Embalagem}} = 15,265 \quad \hat{Y}_{\text{Cálcio/Com Embalagem}} = 16,955$$

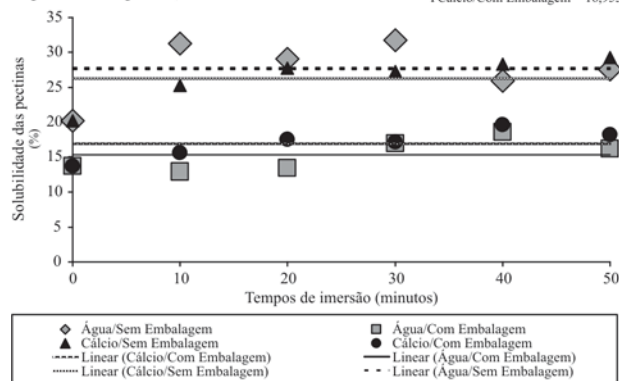


Figura 3. Solubilidade média de pectinas em frutos de abacaxi submetidos a diferentes combinações de tratamentos embalagem x cálcio, em função do tempo de imersão.

superior à dos frutos tratados com água/com embalagem (15,58%). As variações ocorridas nas porcentagens de solubilização das pectinas, relacionadas aos diferentes tratamentos, são mostradas na Figura 3.

A atividade da poligalacturonase (PG) aumentou concomitantemente com o aumento do tempo de imersão. Na análise de variância (Tabela 1), da mesma forma como foi observado para as porcentagens de solubilidade das pectinas, verifica-se variação em todos os tratamentos, exceto para a variável cálcio (C).

A utilização de cloreto de cálcio ou água pouco interferiu na atividade dessa enzima. Ocorreram diferenças variadas entre os tratamentos, devendo-se ressaltar que a atividade média da PG foi inferior nos frutos tratados com cálcio e embalados.

Os frutos embalados apresentaram atividade enzimática média 6,46% inferior aos não embalados. As atividades da PG em função do tempo de imersão estão mostradas na Figura 4. Elas variaram de 929,38 $\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}$ (cálcio/sem embalagem/50) a 526,85 $\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}$ (sem imersão/com embalagem). No tratamento cálcio/sem embalagem verificou-se efeito significativo relacionado ao tempo de imersão ($v_{\text{cálcio/sem embalagem}} = 592,11 + 6,5134X$; $r^2 = 0,6699$).

A análise de variância (Tabela 1) mostra que as atividades da pectinametilsterase (PME) foram influenciadas por todos os tratamentos e suas interações.

As atividades da PME sofreram pouca influência dos tempos de imersão (Figura 5). Em geral, nos frutos tratados com cálcio as atividades da PME foram menores do que naqueles tratados com água, embora esse fato não tenha refletido em menor solubilização das pectinas, uma vez que os frutos do tratamento água/com embalagem apresentaram porcentagens de solubilização inferiores às dos tratamentos cálcio/com embalagem. As menores atividades ocorreram nos frutos tratados com cálcio e emba-

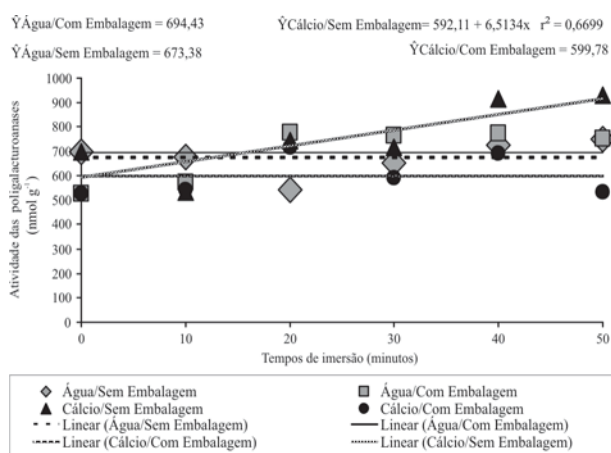


Figura 4. Atividades médias e estimadas pelas respectivas equações de regressão de poligalacturonases em frutos de abacaxi submetidos a diferentes combinações embalagem x cálcio, em função do tempo de imersão.

lados. Comprova-se, conseqüentemente, a ação da embalagem na manutenção da textura dos frutos.

A maior atividade média da PME foi detectada nos tratamentos água/sem embalagem, porém com diferença de apenas 0,19% em relação ao tratamento cálcio/sem embalagem, que também apresentou a maior atividade média da PG. Contudo, esta relação não ocorreu em todos os tratamentos (Figura 5).

A atividade da PME foi menor nos frutos armazenados nas embalagens, que tiveram valores 43,98% inferiores aos dos tratamentos sem embalagem (Figura 5). Os frutos embalados também apresentaram menor porcentagem de solubilidade das pectinas e menor atividade da PG.

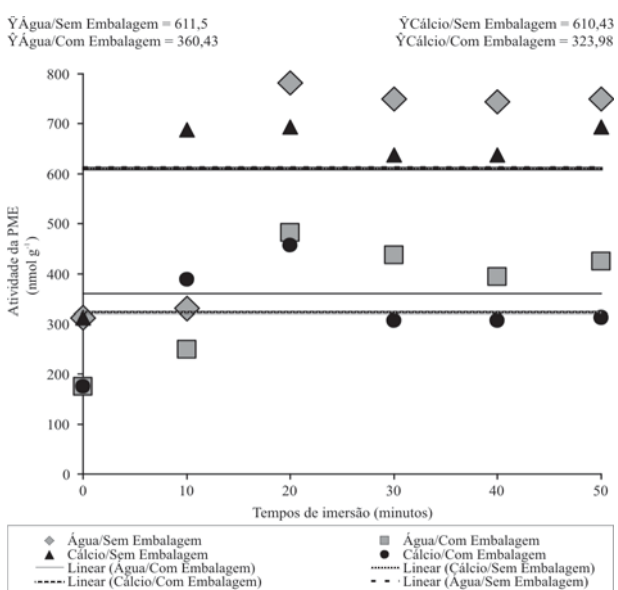


Figura 5. Atividades médias de pectinametilsterases (PME) em frutos de abacaxi submetidos a diferentes combinações embalagem x cálcio, em função do tempo de imersão.

DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, pode-se afirmar que a embalagem retardou o processo de amadurecimento dos frutos, diminuindo a porcentagem de pectina solúvel e de solubilização das pectinas.

Os frutos embalados também estavam visualmente mais firmes, comparados aos não embalados. Esses resultados concordam com os de Abreu (1995), que observou redução na solubilização das pectinas em frutos armazenados sob atmosfera modificada.

Os resultados obtidos indicam que o uso do tratamento hidrotérmico com e sem cloreto de cálcio à temperatura de 40 °C aumentou a solubilização das pectinas, não contribuindo para a manutenção da firmeza da polpa.

A degradação de polissacarídeo pectínicos é uma das principais causas do processo de amaciamento dos fru-

tos. Estão envolvidos na modificação da textura de frutas dois principais processos enzimáticos, cuja ação é devida à poligalacturonase (PG) e à pectinametilesterase (PME) (Anthon *et al.*, 2002). Tais enzimas atuam na despolimerização e solubilização de substâncias pectínicas e hemicelulósicas que culminam com o amaciamento dos frutos (Vilas Boas, 2002).

Abreu (1995), em seu trabalho com abacaxis cv. Smooth Cayenne armazenados em embalagens de polietileno, verificou que os frutos acondicionados em embalagens sem perfuração apresentaram menor atividade da poligalacturonase, comportamento semelhante ao obtido no presente estudo.

De acordo com os resultados, ao se relacionar os teores de pectina solúvel com as atividades das poligalacturonases, constatou-se que o tratamento cálcio/sem embalagem, que apresentou as maiores atividades desta enzima, também apresentou os maiores teores de pectina solúvel.

No presente estudo, a menor porcentagem de solubilização das pectinas observada nos frutos embalados, comparados aos não embalados, provavelmente está relacionada à menor atividade das enzimas PG e PME, também observada nos tratamentos com embalagem.

CONCLUSÕES

A embalagem retarda o processo de amadurecimento dos frutos de abacaxi que apresentam menor porcentagem de pectina solúvel e de solubilização das pectinas. Os frutos embalados apresentam-se visualmente mais firmes e menos ressecados, comparados aos não-embalados. A atividade das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) é menor nos frutos embalados.

O uso de tratamento hidrotérmico, com ou sem cloreto de cálcio, aumenta a solubilização das pectinas, não contribuindo para a manutenção da firmeza da polpa. As atividades das PG aumentam concomitantemente com o aumento do tempo de imersão, enquanto as atividades da PME são pouco afetadas por este parâmetro.

REFERÊNCIAS

- Abreu CMP de (1995) Efeito da embalagem de polietileno e da refrigeração no escurecimento interno e composição química durante a maturação do abacaxi cv. *Smooth Cayenne*. Tese de doutorado. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 94p.
- Agrianual (2006) Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, FNP Consultoria e Comércio. 521p.
- Anthon GE, Sekine Y & Watanabe N (2002) Thermal inactivation of pectin methylesterase, polygalacturonase, and peroxidase in tomato juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:6153-6159.
- Antonioli LR, Benedetti BC & Souza Filho M de SM de (2003) Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:1105-1110.
- Bitter V & Muir HM (1962) A modified uronic acid carbazole reaction. *Analytical Biochemistry*, 34:330-334.
- Brackmann A, Hunsche M & Balem TA (1999) Efeito de filmes de PVC esticável e polietileno no acúmulo de CO₂ e na manutenção da qualidade pós-colheita de morango cv. Tangi. *Revista Brasileira de Agrociência*, 5:89-92.
- Chitarra MIF & Chitarra AB (1990) Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras, ESAL/FAEPE. 320p.
- Fonseca H (1974) Amadurecimento de frutas. In: Fonseca H, Nogueira JN, Graner M, Camargo R, Oliveira AJ (Eds.) *Bioquímica de alimentos*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. p.172-190.
- Giacomelli EJ (1982). *Expansão da abacaxicultura no Brasil*. Campinas, Fundação Cargill. 79p.
- Gonçalves NB, Carvalho VD de & Gonçalves JR de A (2000) Efeito do cloreto de cálcio e do tratamento hidrotérmico na atividade enzimática e no teor de fenólicos do abacaxi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:2075-2081.
- Granada GG, Zambiasi RC & Mendonça CRB (2004) Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. *Boletim CEPPA*, 22:405-422
- Holland N (1993) *Conservação pós-colheita de pêssegos (cv. Biuti): Interação entre cálcio e temperatura*. Dissertação de Mestrado. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras. 116p.
- IBGE (2007) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal e levantamento sistemático da produção agrícola (fevereiro/07) Disponível em: <<http://www.agricultua.gov.br/pls/portal/does/PAGE/MAPA/ESTATÍSTICAS/CULTURAS/2.2AXLS>> Acessado em: 18 de setembro de 2007.
- Jen JJ & Robinson MLP (1984) Pectolytic in sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.). *Journal of Food Science*, 9:1045-1087.
- Kader AA, Zagory D & Kerbel EL (1989) Modified atmosphere packing of fruits and vegetables. *Food Science and Nutrition*, 28:1-9.
- Kluge RA, Natchigal JC, Fachinello JC & Bilhalva AB (2002) Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. Pelotas, UFPel. 214p.
- Lana MM & Finger FL (2000) Atmosfera modificada e controlada: aplicação na conservação de produtos hortícolas. Brasília, Embrapa Hortaliças. 34p.
- Lurie S & Klein JD (1992) Calcium and heat treatments to improve storability of 'Anna' apples. *HortScience*, 27:36-39.
- McCullum TG, Doostdar H, Mayer RT & McDonald RE (1995) Immersion of cucumber fruit in heated water alters chilling-induced physiological changes. *Postharvest Biological and Technology*, 6:55-64.
- McCready RM & McComb EA (1952) Extraction and determination of total pectin materials in fruits. *Analytical Chemistry*, 24:1586-1588.
- MSTATC (1989). MSTATC versão 2.10 East Lansing, Michigan State University.
- Nunes RP (1998) Métodos para a pesquisa agrônômica. Fortaleza, UFC/Centro de Ciências Agrárias. 564p.
- Pooaiah BW (1986) Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, 40:86-89.
- Pressey R & Avants JK (1973) Separation and characterization of the endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from peaches. *Plant Physiology*, 52:252-256.

- Ratner A, Goren R & Monselise SP (1969) Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. *Plant Physiology*, 44:1717-1723.
- Santos JCB, Vilas Boas EV de B, Pinheiro ACM & Prado MET (2001) Avaliação da qualidade de abacaxis cv. Pérola minimamente processados submetidos à diferentes atmosferas modificadas ativas. In: 4º Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, Campinas. Resumos. p.133.
- Sarzi B, Durgan JF, Teixeira GHA & Donadon JR (2001) Avaliação química de abacaxi minimamente processado e armazenado sob diferentes temperaturas. In: 4º Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, Campinas. Resumos. p.150.
- Siddiqui S & Bangerth F (1996) The effect of calcium infiltration on structural changes in cell walls of stored apples. *Journal of Horticultural Science*, 5:703-708.
- Thé PMP (2001) Efeito da associação de tratamento hidrotérmico, cloreto de cálcio e atmosfera modificada sobre o escurecimento interno e qualidade do abacaxi cv. Smooth Cayenne. Tese de Doutorado. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 128p.
- Vilas Boas EV de B (2002) Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. In: 1º Seminário Internacional de Pós-colheita e Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, Piracicaba. Anais, ESALQ. p.1-7.