

EFEITO DO CLORETO DE CÁLCIO E DO TRATAMENTO HIDROTÉRMICO NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA E NO TEOR DE FENÓLICOS DO ABACAXI¹

NEIDE BOTREL GONÇALVES², VÂNIA DÉA DE CARVALHO³ e JORGE RICARDO DE ALMEIDA GONÇALVES⁴

RESUMO - O abacaxi (*Ananas comosus* Mill.) está sujeito a danos causados pelo frio durante o armazenamento refrigerado. A aplicação, pós-colheita, de Ca pode contribuir para reduzir vários tipos de desordens fisiológicas. Neste trabalho, verificou-se a influência da aplicação, pós-colheita, de CaCl₂ a 2%, associada ao tratamento hidrotérmico (38°C e 40°C) por 10 e 20 minutos de imersão, na composição química (fenólicos e enzimas), e na suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi (*Ananas comosus* Mill.) cultivar Smooth Cayenne. Os frutos foram armazenados a 9°C e umidade relativa de 90% por um período de 15 dias. As avaliações foram efetuadas sete dias após a retirada dos frutos das condições de refrigeração. O tratamento dos frutos com CaCl₂ reduziu o índice de escurecimento interno, conferindo menor atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônio liase e reduzindo o teor de compostos fenólicos na polpa quando associado ao tratamento hidrotérmico, independentemente do tempo de imersão.

Termos para indexação: *Ananas comosus*, pós-colheita, armazenamento, refrigeração, manutenção da qualidade, desordens fisiológicas.

EFFECT OF CALCIUM CHLORIDE AND HYDROTHERMICAL TREATMENT ON ENZYMATIC ACTIVITY AND PHENOL CONTENT OF PINEAPPLE

ABSTRACT - Pineapple (*Ananas comosus* Mill.) is exposed to injuries caused by low temperature during the refrigerated storage. The post-harvest application of Ca may contribute to reduce a number of physiological disorders. In this work, the influence of the postharvest application of 2% CaCl₂ associated with hydrothermal treatment (38°C and 40°C) for 10 and 20 minutes, on the chemical composition (enzymes, phenols), and susceptibility to internal browning of pineapple 'Smooth Cayenne' fruits was studied. The fruits were stored at 9°C and 90% relative humidity for 15 days. The evaluations were performed seven days after removal of the fruits from the refrigerated conditions. The immersion of the fruits into a 2% CaCl₂ solution reduced the index of internal browning and diminished the activities of the enzymes polyphenoloxidase, peroxidase and phenylalanine ammonium lyase, as well as the content of phenolic compounds when associated with the hydrothermic treatment regardless to the immersion period.

Index terms: *Ananas comosus*, postharvest, storage, refrigeration, keeping quality, physiological disorders.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda das frutas tropicais no mercado internacional coloca o Brasil como um dos mais promissores países a dominar este mercado. Entre as principais frutas tropicais exploradas no Brasil, destaca-se o abacaxi, com suas excepcionais características organolépticas e nutricionais.

Entre os diversos fatores que contribuem para a manutenção da qualidade, dos frutos, destacam-se: a

¹ Aceito para publicação em 27 de julho de 1999.

² Eng. Agrôn., D.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos (CTAA), Av. das Américas, 29.501, Guaratiba, CEP 23020-470 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: nbotrel@ctaa.embrapa.br

³ Eng. Agrôn., D.Sc., Prof. Adjunto, Dep. Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: vaniadea@ufla.br

⁴ Eng. Agrôn., mestrando, UFLA.

qualidade inicial do produto; a temperatura na qual o produto foi manuseado, armazenado, transportado e distribuído; a umidade relativa do ambiente pós-colheita; o uso de atmosfera controlada ou modificada durante o armazenamento e o transporte; tratamentos químicos utilizados para o controle de desordens fisiológicas; tratamento a quente para o controle de perdas e embalagens e sistemas de manuseio (Harvey, 1978).

O armazenamento sob baixas temperaturas é um dos métodos mais efetivo e prático utilizado no prolongamento da vida útil de frutos e hortaliças frescos. Embora o uso de baixa temperatura seja um fator importante na redução das perdas pós-colheita, em alguns casos apenas o abaixamento da temperatura não é suficiente para prolongar a vida útil pós-colheita e evitar mudanças indesejáveis na qualidade (Bleinroth, 1987).

O abacaxi é, assim, como a maioria dos produtos de origem tropical, muito sensível a baixas temperaturas, desenvolvendo sintomas característicos de "chilling". Um dos principais problemas apresentados pelo abacaxi, durante e após o armazenamento ou transporte, é o distúrbio fisiológico causado pela exposição a baixas temperaturas, que é denominado escurecimento interno ("brunissement interne" ou "internal browning") (Paull, 1993). Esse distúrbio tem sido constatado em todos os países que produzem e exportam o abacaxi sob refrigeração. Os sintomas são caracterizados pelo aparecimento de pequenas manchas escuras no ponto de inserção dos frutinhos, ao longo do cilindro central, que corresponde a uma degradação do tecido, revelada pelo aumento de translucidez e de sua condutividade elétrica. As partes afetadas estendem-se progressivamente ao longo do cilindro central, podendo, em estágios mais avançados da lesão, invadir toda a polpa do fruto (Teisson, 1979; Py et al., 1984; Kader, 1992).

A expansão da produção brasileira e o incremento da exportação de frutas frescas depende, sobretudo, da qualidade do produto ofertado ao consumidor final. Em diversos frutos a qualidade tem sido melhorada por meio do tratamento com Ca associado ao tratamento hidrotérmico, e pode ser uma alternativa para o aumento da vida útil do abacaxi.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de CaCl_2 na fase pós-colheita, associado

ao tratamento hidrotérmico, no teor de fenóis e na atividade de enzimas, e verificar sua influência na suscetibilidade do abacaxi ao escurecimento interno.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados frutos de abacaxizeiro da cultivar Smooth Cayenne, provenientes do município de Prata, Estado de Minas Gerais, situado a $19^{\circ}18'32''$ de latitude sul, $48^{\circ}55'32''$ de longitude leste, a uma altitude de 603 m. A precipitação média anual é de 1.300 mm, e a temperatura média do ar, de 23°C . De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região classifica-se no tipo Aw. O solo da área onde foram coletados os frutos é do tipo Latossolo Amarelo distrófico, com textura média.

A colheita foi realizada em 17 de dezembro de 1996, e os frutos, colhidos no estágio de maturação dois, conforme descrito por Giacomelli (1982), ou seja, região basal do fruto, amarela, sem atingir, porém, mais que duas fileiras de olhos; foram escolhidos frutos com tamanho uniforme e peso médio de 1.700 kg. Os frutos foram transportados para o Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

Foram selecionados 360 frutos, com eliminação dos doentes, danificados e mal-formados. Esses frutos foram divididos em grupos de dez, os quais compuseram a parcela experimental, com quatro repetições. Os frutos foram submetidos aos seguintes tratamentos: controle (sem tratamento); imersão em água à temperatura ambiente ($23,85^{\circ}\text{C}$) por 10 minutos; imersão em água à temperatura ambiente ($23,85^{\circ}\text{C}$) por 20 minutos; imersão em solução sem aquecimento, contendo CaCl_2 a 2%, por 10 minutos; imersão em solução sem aquecimento, contendo CaCl_2 a 2%, por 20 minutos; imersão em solução a 38°C , contendo CaCl_2 a 2%, por 10 minutos; imersão em solução a 38°C , contendo CaCl_2 a 2%, por 20 minutos; imersão em solução a 40°C , contendo CaCl_2 a 2%, por 10 minutos; imersão em solução a 40°C , contendo CaCl_2 a 2%, por 20 minutos.

A água utilizada na execução dos tratamentos apresentou uma temperatura natural de $23,85^{\circ}\text{C}$ e 8,8 mg/L de Ca. A solução contendo CaCl_2 a 2% apresentou uma concentração de Ca de 52,76 mg/L (43,96 mg/L + 8,8 mg/L). Após a realização dos respectivos tratamentos, o pedúnculo dos frutos foi cortado a 3 cm da base dos frutos, e tratados com uma solução contendo benomyl a 4.000 mg/L, a fim de protegê-los contra podridão-negra causada pelo fungo *Ceratocystis paradoxa*. Em seguida, foram armazenados em câmara fria a $9^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $90\% \pm 3\%$ de umidade relativa, por um período de 15 dias. Após terem sido retirados

das condições de armazenamento refrigerado, os frutos foram colocados em temperatura ambiente, por sete dias, antes de se efetuar as avaliações.

Foram determinados o número de frutos afetados e o índice de escurecimento interno. Os frutos foram descascados e cortados longitudinalmente, contando-se o número de frutos afetados em cada parcela experimental. O índice de escurecimento (IE) foi obtido multiplicando-se a porcentagem de área afetada pela intensidade do escurecimento interno (EI) apresentada em cada fruto.

Para avaliar a porcentagem de escurecimento interno, utilizou-se o seguinte método topográfico: os contornos das manchas provenientes do escurecimento interno da polpa de cada fruto foram copiados em folhas transparentes, com auxílio de uma caneta apropriada. Essas folhas foram fotocopiadas e a porcentagem de área afetada e área total de cada fruto foram recortadas e pesadas em balança analítica, calculando-se, a seguir, a porcentagem de polpa com o dano.

A intensidade de escurecimento interno foi determinada por uma escala de notas 0, 1, 2 e 3 correspondendo respectivamente à ausência de escurecimento interno; coloração marrom-clara, coloração marrom-média e coloração marrom-escura.

Após avaliado o escurecimento interno, dez frutos de cada parcela foram cortados em pedaços representativos, obtendo-se uma amostra composta, congelada imediatamente em N líquido para posteriormente proceder-se às seguintes análises: a) compostos fenólicos (mg/100 g) - extraídos e doseados segundo a técnica de Goldstein & Swain (1963), com algumas modificações. Foram feitas três extrações sucessivas, usando como meio extrator o metanol 80% e determinados pelo método de Follin-Denis, conforme recomendação da Association of Official Analytical Chemists (1992); b) fenilalanina amônio liase (FAL) - a extração foi feita com base na técnica preconizada por Rhodes & Woollorton (1977). A atividade enzimática foi expressa em U/min/g, definida como conteúdo de enzima que produz um aumento na absorção a 290 nm de 0,01 por minuto (Zucker, 1965); c) peroxidase (PER) - a extração e determinação da atividade enzimática foram realizadas pelo método preconizado por Matsuno & Uritani (1972). A atividade da enzima foi expressa em unidade por minuto por grama de tecido fresco; d) polifenoloxidase (PFO) - a extração foi feita de acordo com método proposto por Matsuno & Uritani (1972) e a atividade, expressa em unidade por minuto, por grama de tecido fresco (Teisson, 1979).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com nove tratamentos e quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de

variância, e as comparações entre as médias dos tratamentos foram realizadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independentemente dos tratamentos utilizados, todos os frutos apresentaram sintomas do dano de "chilling". Considerou-se, dessa forma, que 100% dos frutos foram afetados. Os tratamentos empregados não foram efetivos a ponto de evitar completamente a manifestação dos sintomas de escurecimento interno da polpa no abacaxi. Porém, observaram-se índices de escurecimento interno diferenciados nos diversos tratamentos empregados (Fig. 1). Os frutos tratados com CaCl_2 demonstraram menor suscetibilidade ao escurecimento interno. Dessa forma, constatou-se a eficiência do tratamento à base de Ca na

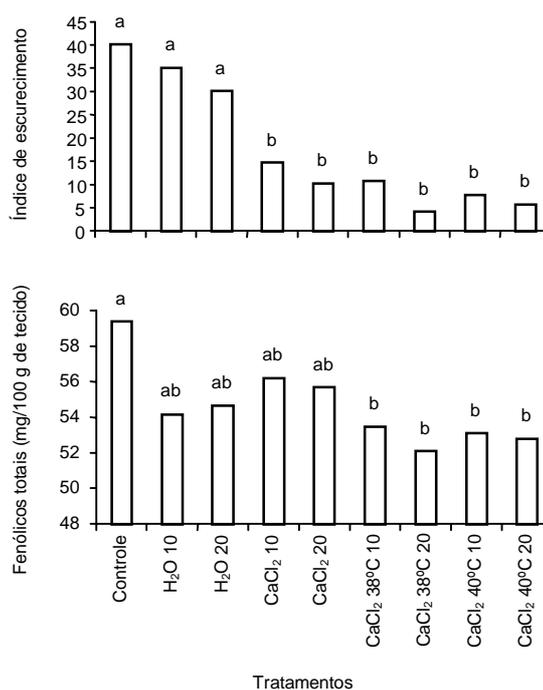


FIG. 1. Índice de escurecimento interno e teor de compostos fenólicos totais em abacaxis submetidos à imersão em água e à solução de CaCl_2 a 2%, associada ou não a tratamentos hidrotérmicos (38°C ou 40°C), por 10 e 20 minutos. Lavras, 1997.

redução dessa desordem fisiológica, que tem afetado a exportação brasileira de abacaxi.

Por outro lado, não houve resposta significativa ao tratamento hidrotérmico, no que diz respeito à temperatura da solução de imersão e ao tempo em que os frutos permaneceram submersos. Entretanto, observou-se que, quando o tempo de imersão foi de 20 minutos, houve tendência de redução dos sintomas de escurecimento interno, sobretudo quando se utilizou a solução CaCl_2 aquecida. Os frutos que receberam os tratamentos em água pura apresentaram, numericamente, menores sintomas do dano em relação ao tratamento-controle. Esse fato pode ser atribuído à influência do resfriamento do fruto associado ao teor de Ca apresentado pela água, que foi de 8,8 mg de Ca/L. Em trabalho realizado por Holland (1993), verificou-se que os pêssegos cultivar Biuti, quando tratados com CaCl_2 associado com intermitência de temperatura, apresentaram menores índices de escurecimento interno.

Observa-se que os frutos-controle apresentaram maiores teores de fenólicos totais comparados aos que foram submetidos ao tratamento hidrotérmico com Ca (Fig. 1). Valores intermediários foram observados tanto nos frutos tratados apenas com água quanto naqueles tratados com Ca sem aquecimento da solução. De acordo com Lacoëuilhe (1982), os compostos fenólicos e seus precursores têm sido associados aos distúrbios causados pelas baixas temperaturas em vegetais. A refrigeração induz a modificações nos compostos fenólicos, que podem agir como substratos, cofatores ou inibidores da atividade enzimática. Wheatley (1982) relatou que há aumentos nos teores de fenólicos nos frutos sensíveis ao dano de "chilling". Os frutos mais sensíveis ao escurecimento interno tiveram tendência em apresentar maiores teores de fenólicos. Abreu (1995) e Teisson et al. (1979) também detectaram maiores teores de fenólicos nos frutos mais sensíveis ao escurecimento interno.

Diversos mecanismos têm sido propostos com o intuito de prevenir o escurecimento dos tecidos, os quais visam à diminuição da biossíntese de enzimas envolvidas e cuidados na manutenção da integridade celular do tecido vegetal. Sabe-se que o calor pode reduzir a atividade de enzimas, e o Ca pode contribuir para a manutenção da integridade celular; como

conseqüência, a interação entre esses dois fatores também pode ter contribuído para menor acúmulo de substratos (fenólicos) nos tecidos da polpa do abacaxi reduzindo a interação destes com as enzimas menos ativas, responsáveis pelas reações de escurecimento.

Os frutos tratados com CaCl_2 apresentaram valores significativamente menores quanto à atividade da FAL, quando comparados aos frutos não tratados com CaCl_2 , independentemente do tempo de imersão e da associação com o tratamento hidrotérmico (Fig. 2). A FAL catalisa a desaminação da L-fenilalanina para ácido transcinâmico e tem papel-chave na biossíntese de fenilpropanóides. Jones (1984) citou que a atividade da FAL é afetada por numerosos fatores, incluindo luz, temperatura, reguladores de crescimento, inibidores da síntese de RNA, proteína, infecção, fermentos e nutrição mineral. Neste trabalho, verificou-se que a aplicação de CaCl_2 como tratamento pós-colheita em abacaxis pode reduzir a atividade dessa enzima. Tem sido observado que em muitos tecidos vegetais os níveis da FAL e de compostos fenólicos aumentam concomitantemente. Abreu (1995) observou que abacaxis embalados com polietileno sem perfuração apresentaram menor atividade para a FAL, menor índice de escurecimento interno e menores teores de fenólicos, quando comparados aos frutos embalados com perfuração, e aos sem embalagem. Neste trabalho, verificaram-se também menores atividades para a FAL nos frutos que apresentaram menores índices de escurecimento interno; porém, tal associação foi menos nítida.

Verificou-se que os valores da atividade peroxidásica foram significativamente influenciados pelos tratamentos. Os frutos tratados com CaCl_2 apresentaram atividade peroxidásica estatisticamente inferior à dos frutos não tratados, com atividades inferiores nos frutos que receberam também o tratamento hidrotérmico (Fig. 2). Nota-se que a temperatura da solução e o tempo de imersão não interferiram significativamente nos resultados. Esses resultados sugerem uma associação da atividade peroxidásica com o índice de escurecimento interno, uma vez que os frutos tratados com CaCl_2 apresentaram menor escurecimento interno, sobretudo quando a solução foi aquecida. A menor atividade peroxidásica apresentada pelos frutos tratados com CaCl_2 pode ser atri-

buída à ação do Ca na manutenção da integridade celular, evitando, desse modo, o contato enzima-substrato, e, conseqüentemente, reduzindo a formação de pigmentos escuros que resultariam em maior índice de escurecimento interno. Sugere-se que a menor atividade enzimática demonstrada pelos frutos que receberam o tratamento hidrotérmico pode ter sido causada pelo efeito da temperatura na redução da atividade da peroxidase. Segundo McCollum

et al. (1995), o tratamento hidrotérmico pode ser um método efetivo na redução dos danos causados pelo armazenamento refrigerado, o que se deve à inativação de enzimas responsáveis pela desordem fisiológica. Os resultados deste estudo coincidem com os obtidos por Teisson et al. (1979) e Abreu (1995), e associa maiores índices de escurecimento interno com maiores atividades da enzima.

A aplicação de CaCl_2 quando associada ao tratamento hidrotérmico reduziu significativamente a atividade polifenoloxídásica (Fig. 2). Os frutos-controle e os que não foram tratados com Ca apresentaram atividades polifenoloxídásicas superiores a todos os outros tratamentos. Como a polifenoloxídase é considerada a mais importante enzima que catalisa a oxidação de fenólicos, resultando na polimerização de pigmentos escuros, era de se esperar que os frutos que não foram tratados com Ca apresentassem maiores atividades dessa enzima, em face de terem sido os mais suscetíveis ao escurecimento interno.

Diversos mecanismos têm sido propostos para prevenir ou retardar o escurecimento de tecidos vegetais causado pela ação das polifenoloxídases. O efeito favorável do binômio Ca/calor certamente se deveu à atuação do Ca na manutenção da integridade celular do tecido da polpa, que foi facilitada pelo aquecimento da solução e pelo efeito do próprio calor na diminuição da atividade da enzima. Wills et al. (1989) reportaram que a atividade de enzimas em frutos e hortaliças declina para temperaturas acima de 30°C , e a maioria das enzimas é inativada a 40°C . Neste trabalho, como as temperaturas utilizadas para tratamento dos frutos foram de 38 e 40°C , sugere-se que realmente esse fator possa ter contribuído para o decréscimo da atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxídase.

Os resultados obtidos neste estudo indicam estreita associação entre atividade polifenoloxídásica e o índice escurecimento interno, o que também tem sido observado por vários autores, tais como Scott & Wills (1975), Paull & Rohrbach (1985), Vukomanovic (1988), Abreu (1991, 1995) e Botrel (1991), que também obtiveram maior atividade polifenoloxídásica nos frutos mais sensíveis ao escurecimento interno.

Em síntese, os resultados obtidos sugerem que a manutenção da integridade celular conferida pela aplicação de CaCl_2 nos frutos se reflete numa menor

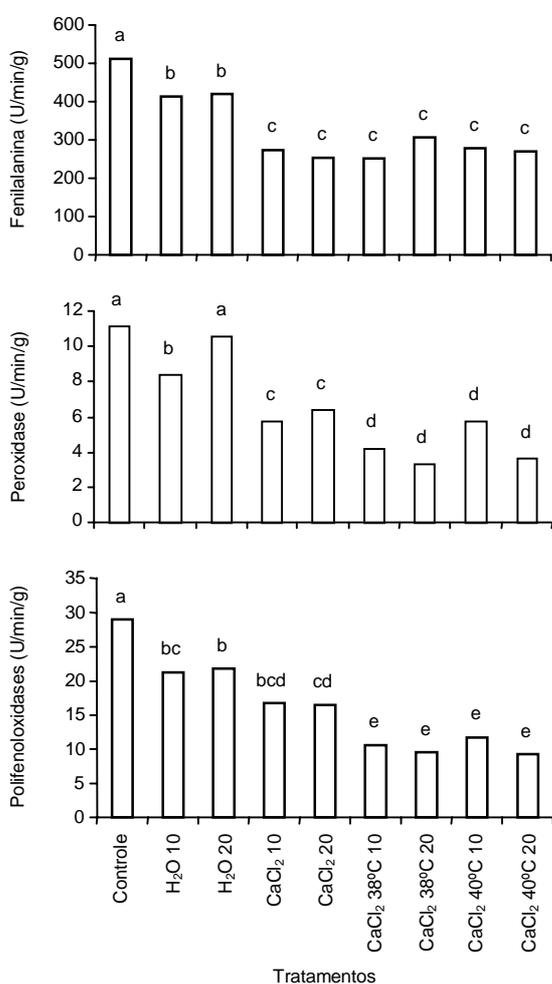


FIG. 2. Atividade média das enzimas fenilalanina amônio liase, peroxidase e polifenoloxídases em abacaxis submetidos à imersão em água e à solução de CaCl_2 a 2%, associada ou não a tratamentos hidrotérmicos (38°C ou 40°C), por 10 e 20 minutos. Lavras, 1997.

atividade das enzimas oxidativas (peroxidase e polifenoloxidase), e da fenilalanina amônio liase, resultando em menor índice de escurecimento, o que pode ser, em parte, atribuído à menor possibilidade de contato das enzimas com substratos e menor disponibilidade de fenólicos.

CONCLUSÃO

A imersão pós-colheita de frutos de abacaxizeiro cultivar Smooth Cayenne em solução aquosa de cloreto de cálcio a 2% reduz a atividade da fenilalanina amônio liase, da peroxidase, e da polifenoloxidase e o teor de compostos fenólicos na polpa, resultando num menor índice de escurecimento interno dos frutos; este efeito aumenta quando a imersão dos frutos é realizada em água aquecida (38°C ou 40°C) por 10 ou 20 minutos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C.M.P. **Alterações no escurecimento interno e na composição química do abacaxi cv. Smooth Cayenne durante seu amadurecimento com e sem refrigeração.** Lavras : ESAL, 1991. 72p. Dissertação de Mestrado.
- ABREU, C.M.P. **Efeito da embalagem de polietileno e da refrigeração no escurecimento interno e composição química durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne.** Lavras : UFLA, 1995. 94p. Tese de Doutorado.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (Gaithersburg, Estados Unidos). **Official methods of analysis.** 12.ed. Washington, 1992. 1015p.
- BLEINROTH, E.W. **Abacaxi:** cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2.ed.rev.ampl. Campinas : ITAL, 1987. p.133-164. (Série Frutas Tropicais, 2).
- BOTREL, N. **Efeito do peso do fruto no escurecimento interno e qualidade do abacaxi 'Smooth Cayenne'.** Lavras : ESAL, 1991. 81p. Dissertação de Mestrado.
- GIACOMELLI, E.J. **Expansão da abacaxicultura no Brasil.** Campinas : Fundação Cargill, 1982. 79p.
- GOLDSTEIN, J.L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v.2, p.371-383, 1963.
- HARVEY, J.M. Reduction of losses in fresh market fruits and vegetables. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.16, p.321-341, 1978.
- HOLLAND, N. **Conservação pós-colheita de pêssegos (cv. Biuti): interação entre cálcio e temperatura.** Lavras : ESAL, 1993. 116p. Dissertação de Mestrado.
- JONES, D.H. Phenylalanine ammonia lyase: regulation of its induction, and its role in plant development. **Phytochemistry**, Oxford, v.23, p.1349-1359, 1984.
- KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops.** Davis : University of California, 1992. 296p.
- LACOEUILHE, J.J. Cuidados com o fruto após a colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1., 1982, Jaboticabal. **Anais.** Jaboticabal : UNESP-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 1982. p.217-234.
- McCOLLUM, T.G.; DOOSTDAR, H.; MAYER, R.T.; McDONALD, R.E. Immersion of cucumber fruit in heated water alters chilling-induced physiological changes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.6, p.55-64, 1995.
- MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v.13, p.1091-1101, 1972.
- PAULL, R.E. Postharvest handling of Smooth Cayenne pineapple in Hawaii for fresh fruit market. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.334, p.273-285, 1993.
- PAULL, R.E.; ROHRBACH, K.G. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit. **American Society for Horticultural Science Journal**, Alexandria, v.110, n.1, p.100-105, 1985.
- PY, C.; LACOEUILHE, J. J.; TEISSON, C. **L'ananas:** sa culture, ses produits. Paris : G.P. Maisonneuve et Larose, 1984. 562p.
- RHODES, M.J.C.; WOOLTORTON, L.S.C. The effect of ethylene on the respiration and the activity of phenylalanine ammonia lyase in swede and parship root tissue. **Phytochemistry**, Oxford, v.6, p.655-659, May 1977.
- SCOTT, K.J.; WILLS, R.B.H. Postharvest application of calcium as a control for storage breakdown of apples. **HortScience**, Alexandria, v.10, p.75-76, 1975.

- TEISSON, C. Le brunissement interne de l'ananas. I. Historique. II. Material et méthodes. **Fruits**, Paris, v.34, n.4, p.245-281, avr. 1979.
- TEISSON, C.; MARTIN-PREVEL, P.; MARCHAL, J. Le brunissement interne de l'ananas. VI. Approche biochimique du phénomène. **Fruits**, Paris, v.34, n.5, p.329-339, mai 1979.
- VUKOMANOVIC, C.R. **Efeito da maturação e da baixa temperatura na composição química e no escurecimento interno do abacaxi**. Lavras : ESAL, 1988. 80p. Dissertação de Mestrado.
- WHEATLEY, C.C. **Studies on cassava (*Manihot esculenta* Grants) root post-harvest physiological deterioration**. London : University of London/Wye College, 1982. 242p.
- WILLS, R.B.H.; McGLASSON, W.B.; GRAHAM, D.; LEE, T.H.; HALL, E.G. **Postharvest**: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. 3.ed. Oxford : BSP Professional Books, 1989. p.39-52.
- ZUCKER, M. Induction of phenylalanine decarboxylase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. **Plant Physiology**, Rockville, v.40, n.5, p.779-784, Sept. 1965.