

EFEITO DO PESO DO FRUTO NO ESCURECIMENTO INTERNO E QUALIDADE DO ABACAXI 'SMOOTH CAYENNE'. I - ATIVIDADE DE POLIFENOLOXIDASE, PEROXIDASE E COMPOSTOS FENÓLICOS¹

NEIDE BOTREL² e VÂNIA DÉA DE CARVALHO³

RESUMO - Verificou-se o efeito do peso do abacaxi 'Smooth Cayenne' na composição físico-química e química, o grau de escurecimento interno e as mudanças ocorridas após o armazenamento com e sem refrigeração. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 6, onde foram estudadas 6 categorias de peso (P1 - 1800 a 2300 g; P2 - 1500 a 1799 g, P3 - 1300 a 1499 g, P4 - 1100 a 1299 g, P5 - 900 a 1099 g e P6 - 700 a 899 g) e dois tipos de armazenamento (com e sem refrigeração). Os frutos mais suscetíveis ao escurecimento interno foram os pertencentes a P2, os quais apresentaram maior atividade polifenoloxidase. Os compostos fenólicos extraíveis em metanol e atividade peroxidásica foram maiores nos frutos mais resistentes ao escurecimento interno. Os frutos refrigerados apresentaram maior atividade de polifenoloxidase e peroxidase e menores teores de compostos fenólicos, comparados aos frutos não refrigerados.

Termos para indexação: escurecimento enzimático, refrigeração, composição química.

EFFECT OF FRUIT WEIGHT ON THE INTERNAL BROWNING AND QUALITY OF PINEAPPLE CV. SMOOTH CAYENNE I - POLYPHENOL OXIDASE, PEROXIDASE ACTIVITIES AND PHENOLIC COMPOUNDS.

ABSTRACT - This study determined the effect of pineapple fruit weight cv. Smooth Cayenne on the physico-chemical and chemical composition, and on the internal browning rate, as well as the alteration after storage with refrigeration. The experimental design was completely randomized in a 2 x 6 factorial scheme, where 6 weight classes (P1 - 1800 to 2300 g, P2 - 1500 to 1799 g, P3 - 1300 to 1499 g, P4 - 1100 to 1299 g, P5 - 900 to 1099 g, and P6 - 700 to 899 g), and 2 storing processes (with and without refrigeration). Fruit weight classes more susceptible to internal browning were P2 which presented greatest activities of polyphenol oxidases. Phenolic compounds extracted in methanol and peroxidases activities were greatest in more resistant fruits. Refrigerated ripe fruits showed greater polyphenol oxidase and peroxidase activities and lower amounts of phenolic compounds when compared to non-refrigerated fruits.

Index terms: enzymatic browning, refrigeration, chemical composition.

INTRODUÇÃO

Para prolongar a vida útil de produtos perecíveis são utilizadas baixas temperaturas, porque elas mantêm a um nível mínimo os processos naturais, como respiração, produção e ação do etileno, perda de água; além de retardar a maturação e a senescência das frutas. Entretanto, a exposição

de tecidos vegetais a baixas temperaturas pode provocar alterações em seu metabolismo e morte de suas células. O dano causado por refrigeração inadequada é denominado de distúrbio fisiológico causado pelo frio, "chilling injury", cujos sintomas são mais perceptíveis após a transferência do produto para o meio ambiente.

A sensibilidade ao escurecimento interno está estreitamente ligada à composição química do fruto. As condições climáticas, estádios de maturação, tamanho do fruto, diferenças varietais e nutrição mineral exercem influência acentuada na composição química do abacaxi, com conseqüente influência no grau de escurecimento interno dos

¹ Aceito para publicação em 17 de dezembro de 1992.

² Enga.-Agra., M.Sc. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras, MG.

³ Enga.-Agra., D.Sc. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG.

mesmos (Dull 1971, Py et al. 1984, Teisson 1979, Teisson & Combres 1979, Lacoecilhe 1982, Paull & Rohrbach 1985 e Paiva 1978).

O escurecimento enzimático é resultado da oxidação de fenóis e eventual polimerização não enzimática das quinonas formadas em taninos ou melaninas (Dilley 1970). Embora teoricamente duas enzimas, a polifenoloxidase e a peroxidase, possam intervir no processo de escurecimento interno, Teisson (1979), Van Lelyveld & De Bruyn (1977) e Paull & Rohrbach (1985) encontraram atividade peroxidásica no abacaxi sem, contudo, haver conexão com o escurecimento interno. De acordo com Amorim (1985) e Wheatley (1982), a peroxidase tem uma função importante na biossíntese de lignina e também está associada ao mecanismo de resistência de algumas plantas.

A função mais importante da polifenoloxidase é a capacidade de oxidar inicialmente monofenóis para o-difenóis (atividade cresolásica), seguida por uma oxidação de o-difenóis para o-quinona (atividade catecolásica). Ambas as reações utilizam o oxigênio molecular (Scott 1975). Os pigmentos escuros formados pela oxidação de o-quinonas não contêm nitrogênio e, portanto, são diferentes das melaninas (Paull & Rohrbach 1985 e Van Lelyveld & De Bruyn 1977).

Vukomanovic (1988), estudando a atividade da polifenoloxidase em abacaxis, verificou que os frutos menos sensíveis ao escurecimento interno apresentaram diminuição nas atividades da enzima e maior teor de ácido ascórbico.

Os compostos fenólicos estão largamente distribuídos em plantas e são proeminentes nos frutos, onde exercem influência na cor e "flavor" (Van Buren 1970). Esses compostos e seus precursores têm sido associados aos distúrbios causados pelas baixas temperaturas em várias espécies vegetais. A refrigeração induz modificações nos compostos fenólicos que podem agir como substratos, co-fatores ou inibidores da atividade enzimática. Lacoecilhe (1982), Van Lelyveld & Bruyn (1977) verificaram que os frutos com escurecimento interno apresentaram maiores teores de fenólicos que os frutos sadios. Segundo Van Buren (1970), esses compostos constituem uma etapa importante na formação de outros compos-

tos fenólicos mais complexos. Goldstein & Swain (1963) ressaltaram que o aumento de compostos fenólicos nos frutos com escurecimento interno se dá em função da própria defesa à injúria.

O presente trabalho teve por objetivos:

1. determinar o efeito do peso do abacaxi na composição físico-química e química e no grau de escurecimento interno dos frutos;
2. verificar as mudanças ocorridas na composição físico-química e química após o armazenamento dos frutos com e sem refrigeração.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados frutos da cultivar Smooth Cayenne, provenientes do município de Ijaci, Estado de Minas Gerais, a uma altitude de 805 m, 21°10' de latitude sul e 44°55' de longitude W.Gr., com precipitação média anual de 1493 mm, temperatura média anual de 19,3°C e insolação média diária de 11,4 h.

Os frutos foram colhidos no estádio de maturação 2 descritos por Giacomelli (1982), com 5 a 6 cm de pedúnculo, e classificados por peso.

A classificação foi efetuada de acordo com seis categorias de peso, estabelecidas pela Costa do Marfim, visando exportação para a Europa Ocidental (Giacomelli 1982, Py et al. 1984 e Bleinroth 1987), a saber:

- Categoria 1 - 1800 a 2300 g (P1)
- Categoria 2 - 1500 a 1799 g (P2)
- Categoria 3 - 1300 a 1499 g (P3)
- Categoria 4 - 1100 a 1299 g (P4)
- Categoria 5 - 900 a 1099 g (P5)
- Categoria 6 - 700 a 899 g (P6)

Para proteger os frutos contra podridão negra, causada pelo fungo *Thielaviopsis paradoxa* (De Seynes) Von Hoehn, procedeu-se à imersão dos pedúnculos numa solução de benomyl a 4000 ppm. Acondicionados em contentores plásticos, os frutos foram transportados até o Laboratório de Ciências dos Alimentos, na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL.

Foram utilizados um total de 720 frutos, divididos em três grupos de 240 e avaliados:

- no dia da colheita (DC);
- armazenamento sem refrigeração (SR) - os frutos permaneceram durante 7 dias a uma temperatura de 25°C e umidade relativa de 75%, na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, em Lavras;
- armazenamento com refrigeração - os frutos foram armazenados durante 15 dias em câmara climática a 5°C e com umidade relativa de 90%, na Fazenda Ex-

perimental da EPAMIG em Maria da Fé. Após a refrigeração, os frutos foram conduzidos ao Departamento de Ciências dos Alimentos da ESAL, onde permaneceram por 7 dias em condições ambientais, a fim de manifestarem os sintomas visíveis de escurecimento interno.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×6 , em que estudaram-se o tipo de armazenamento (com e sem refrigeração) e o peso dos frutos (seis categorias). Foram utilizados 10 frutos por parcela com 4 repetições.

Foram realizadas as seguintes avaliações

Escurecimento interno - Os frutos foram cortados longitudinalmente e avaliado o índice de escurecimento interno, de acordo com um método topográfico. O método utilizado consistiu em copiar em folhas transparentes de polietileno a área total do fruto e as manchas correspondentes ao escurecimento da polpa. Essas folhas foram fotocopiadas e, em seguida, recortaram-se a área total de cada fruto e as áreas correspondentes às manchas causadas pela injúria de "chilling". As respectivas áreas foram pesadas em balanças analíticas e, por diferença, calculou-se a percentagem de área afetada de cada fruto.

Compostos fenólicos - Foram extraídos pelo método de Swain & Hillis (1959) e determinados de acordo com o método de Folin-Denis, descrito pela Associação de Official Analytical Chemists (1970). As frações dos compostos fenólicos foram extraídas com metanol, metanol 50% e água. Os fenólicos totais constituem o somatório das frações obtidas nas 3 extrações.

Atividade de polifenoloxidase - A enzima foi extraída de acordo com o método proposto por Matsuno & Uritani (1972) e a atividade determinada segundo método descrito por Teisson (1979). Os resultados foram expressos em U/min/g de polpa.

Atividade de peroxidase - A enzima foi extraída e a atividade determinada de acordo com o método de Matsuno & Uritani (1972). Os resultados foram expressos em U/min/g de polpa.

A análise estatística foi efetuada através da análise de variância. A diferença entre os tratamentos foi determinada pelo Teste de Tukey ao nível de 5%.

Os dados referentes à percentagem de escurecimento interno foram transformados: $\log \frac{x}{100} + 2,5$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados observou-se que os frutos avaliados no dia da colheita e aqueles armazenados em condições ambientais não apresentaram sin-

tomas de escurecimento interno. Entretanto, nos frutos refrigerados a manifestação dos sintomas foi bastante evidente. As percentagens médias da mancha causada pelo frio, nas diversas categorias de pesos estudadas, encontram-se na Fig. 1. Os frutos que demonstraram maior suscetibilidade ao escurecimento interno foram os pertencentes às categorias 1 e 2, constituídas por unidades maiores. Os frutos menores, que compõem a categoria 6, apresentaram menor índice de escurecimento interno. As categorias 3, 4 e 5, cujos pesos situam-se no intervalo de 900 a 1499 g, apresentaram resistência mediana ao distúrbio, comparadas às demais.

Os resultados concordam com as observações de vários autores. Entre eles, Teisson (1979), Py et al. (1984) e Paull & Rohrbach (1985) afirmam ser mais intensa nos frutos maiores a injúria causada pelo frio. Assemelham-se também aos dados de Teisson et al. (1978) e de Teisson (1979), os quais verificaram que no mesmo lote de frutos os maiores e mais verdes foram os mais sensíveis aos distúrbios fisiológicos causados pelas baixas tem-

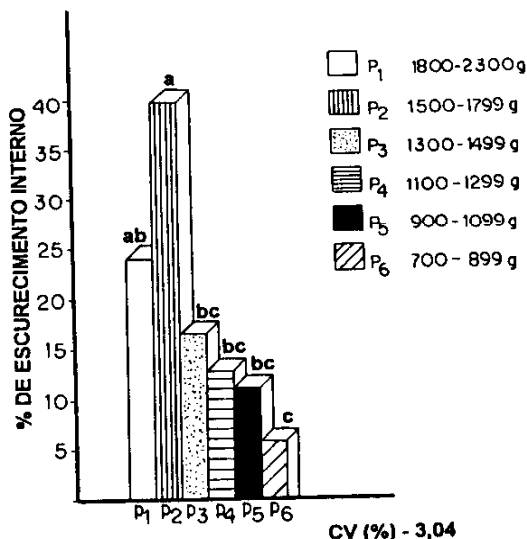


FIG. 1. Percentagens médias de escurecimento interno nas diferentes categorias de peso de abacaxi 'Smooth Cayenne', após 15 dias de armazenamento com refrigeração, seguidos de 7 dias em condições ambientais. CV (%) - 3,04.

peraturas, e que o frio provocou numerosas modificações quantitativas e qualitativas na composição química dos frutos. Estes resultados concordam, da mesma forma, com as afirmações de Tisseau (1984) de que os abacaxis maiores são mais frágeis que os de calibres médios e pequenos. São também mais sensíveis aos choques, às manchas causadas por fungos e ao escurecimento interno.

Quanto à atividade de polifenoloxidase, verificou-se que no dia da colheita apenas os frutos maiores, pertencentes à categoria 1, demonstraram diferença significativa e superior na atividade enzimática, em relação às demais categorias de peso (Fig. 2).

Nenhuma diferença significativa entre as categorias de peso nos frutos sem refrigeração foi detectada. Porém, analisando-se os valores médios encontrados nos frutos refrigerados, verifica-se que os maiores (categoria 1 e 2) apresentaram maior atividade polifenoloxidásica. Por outro

lado, observou-se um menor valor na categoria 6; e, nas demais, valores intermediários e semelhantes entre si. Comparando-se a média geral nos dois tipos de armazenamento, nota-se que os frutos refrigerados apresentaram um valor duas vezes maior que os frutos armazenados sem refrigeração. Constatou-se que os frutos armazenados em condições de refrigeração apresentaram um aumento acentuado na atividade polifenoloxidásica, sobretudo aqueles pertencentes às categorias 1 e 2, que apresentaram maiores percentagens de escurecimento interno.

Através dos resultados encontrados, comprova-se a teoria do mecanismo de "chilling", proposta por Lyons (1973), a qual ressalta que, quando os frutos são expostos a baixas temperaturas, há um aumento da permeabilidade da membrana celular e um aumento da energia de ativação das enzimas, principalmente da polifenoloxidase.

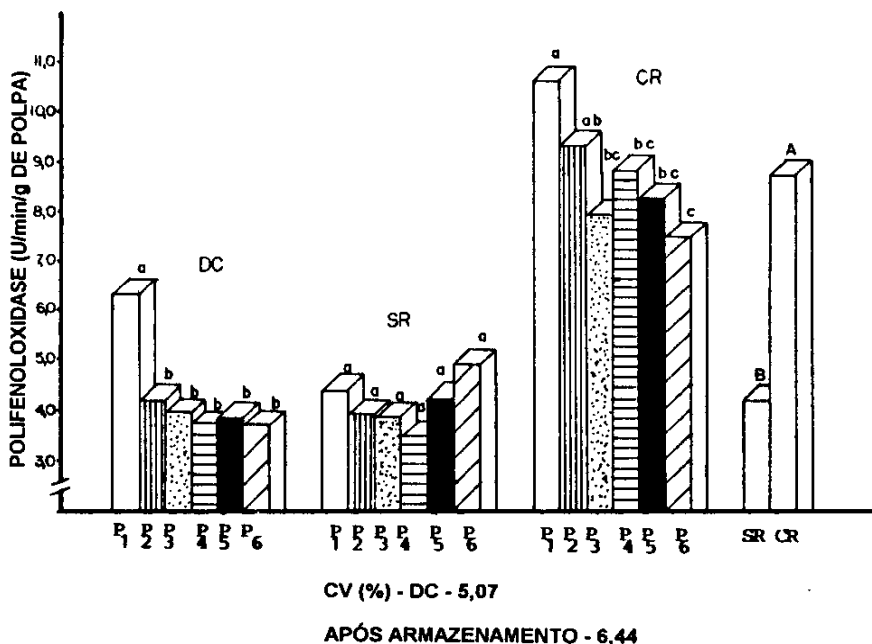


FIG. 2. Atividades médias da polifenoloxidase nas diferentes categorias de peso de abacaxi 'Smooth Cayenne', no dia da colheita (DC) e após o armazenamento com (CR) e sem refrigeração (SR). CV (%) - DC - 5,07 e após o armazenamento (CR) e (SR) - 6,44.

Os resultados concordam em parte com Teisson (1979), que concluiu ser a atividade polifenoloxídica praticamente nula no momento da colheita. Discordam, porém, da afirmação de que o mesmo acontece durante toda a conservação a 8°C, permanecendo em níveis muito baixos nos frutos mais resistentes ao escurecimento interno. Os resultados deste trabalho foram similares àqueles encontrados por Van Lelyveld & De Bruyn (1977), Paull & Rohrbach (1985) e Vukomanovic (1988), que encontraram nos frutos sensíveis ao escurecimento interno atividade de polifenoloxídase superior àquela encontrada nos frutos resistentes.

A atividade de polifenoloxídase demonstrou possuir uma ligação direta com o escurecimento interno, sendo que os frutos mais sensíveis apresentaram uma maior atividade enzimática. Isso concorda com Scott (1975) ao afirmar que, embora várias enzimas possam estar envolvidas nos processos de escurecimento enzimático de muitos frutos e vegetais, a polifenoloxídase apresenta-se como a mais importante.

Os valores médios encontrados no dia da colheita, referentes à atividade peroxidásica nas diferentes categorias de peso de abacaxi, encon-

tram-se na Fig. 3. As categorias 1 e 2 apresentaram maiores atividades de peroxidase e as demais, valores inferiores e semelhantes entre si. Após o armazenamento dos frutos com e sem refrigeração, detectaram-se aumentos da atividade enzimática, sobretudo naqueles armazenados sob condições de refrigeração. O armazenamento em condições ambientais demonstrou maior atividade peroxidásica nos frutos pertencentes à categoria 1, 5 e 6, enquanto um menor valor foi observado na categoria 3. Analisando-se os frutos submetidos à refrigeração, verifica-se que os menores, os quais exibiram menor índice de escurecimento interno, apresentaram maior atividade de peroxidase.

Estes resultados sugerem uma associação da atividade peroxidásica ao índice de escurecimento interno. Divergem daqueles obtidos por Van Lelyveld & De Bruyn (1977) e Paull & Rohrbach (1985), que não verificaram nenhuma conexão entre o escurecimento interno e a atividade de peroxidase. O aumento desta atividade pode indicar aumento na biossíntese de lignina, como foi sugerido por Wheathey (1982) e Amorim (1985), o que, conseqüentemente, confere às plantas maior resistência a injúrias causadas por infecção ou "stress". Partindo-se dessa observação, a maior

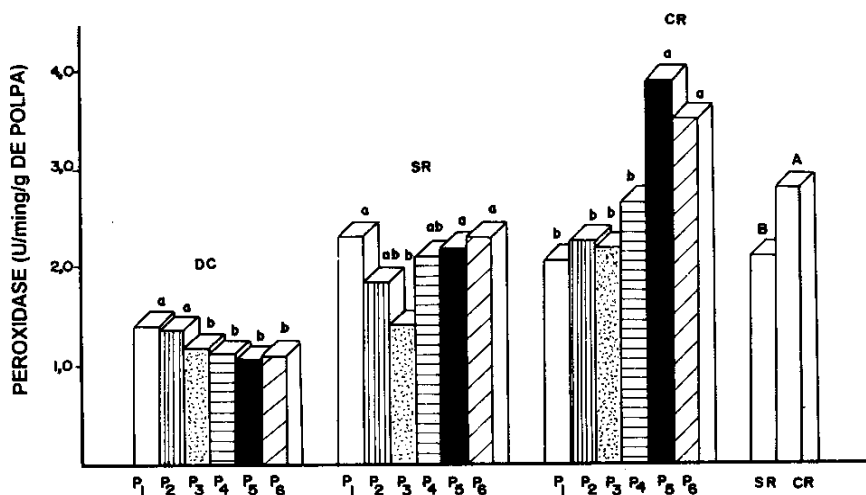


FIG. 3. Atividades médias da peroxidase nas diferentes categorias de peso de abacaxi 'Smooth Cayenne', no dia da colheita (DC) e após o armazenamento com (CR) e sem refrigeração (SR). CV (%) - DC - 5,64 e após o armazenamento (CR) e (SR) - 13,78.

atividade peroxidásica aliada a outras características inerentes aos frutos menores podem ter conferido maior resistência ao distúrbio causado pelo frio.

As alterações que se processam no fruto após a exposição a baixas temperatura e estão ligadas a um teor de ácido ascórbico insuficiente para evitar oxidações dos fenólicos, como constataram Py et al. (1984) e Lacoueilhe (1982). Essas oxidações são devidas à peroxidase funcionando como uma oxidase.

Os teores médios de compostos fenólicos extraíveis em metanol, metanol 50%, água e compostos fenólicos totais encontram-se nas Figs. 4, 5, 6 e 7. Nota-se que, no dia da colheita, não houve diferença significativa entre as diversas categorias de peso com relação à nenhuma forma de extração de fenólicos.

Analisando-se os resultados referentes aos compostos fenólicos extraíveis em metanol, após o armazenamento sem refrigeração (Fig. 4), observa-se que as categorias 3 e 4 apresentaram maiores valores em relação às demais, destacando-se a categoria 4. Os frutos submetidos à refrigeração também apresentaram efeito significativo, sobres-

saindo-se a categoria 6 (pesos de 700 a 899 g), cujos frutos apresentaram menores índices de escurecimento interno (Fig. 1), seguida das categorias 5 e 4.

Os compostos fenólicos extraíveis em metanol 50% apresentaram variação significativa em relação às formas de armazenamento utilizadas, ou seja, com e sem refrigeração. Sobressaíram-se com um maior valor os frutos de categoria 4, enquanto os maiores frutos, pertencentes às categorias 1 e 2, apresentaram menores valores desta fração de fenólicos. As diferenças observadas no armazenamento com refrigeração indicaram a categoria 3 como sendo a que apresentou maior teor de compostos fenólicos extraíveis em metanol 50%, seguida da categoria 2 e das demais, sem diferença significativa.

Analisando-se os resultados referentes aos compostos fenólicos extraíveis em água, de frutos submetidos ao armazenamento sem refrigeração (Fig. 6), verifica-se que a categoria 6 apresentou maior valor; as categorias 1 e 2 demonstraram valores inferiores e as demais, valores intermediários e semelhantes. Quando o armazenamento foi

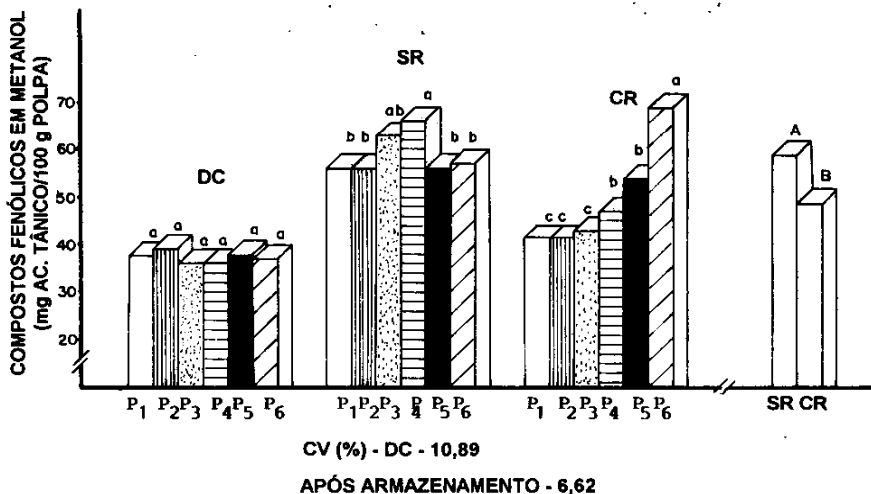


FIG. 4. Valores médios de compostos fenólicos extraíveis em metanol nas diferentes categorias de abacaxi 'Smooth Cayenne', avaliados no dia da colheita (DC) e após o armazenamento dos frutos com refrigeração (CR) e sem refrigeração (SR). CV (%) - DC - 10,89 e após o armazenamento (CR) e (SR) - 6,62.

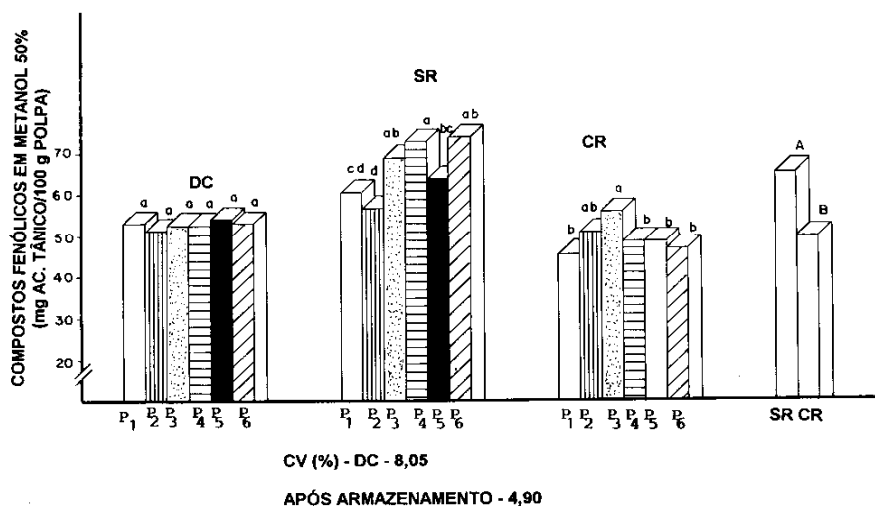


FIG. 5. Valores médios de compostos fenólicos extraíveis em metanol 50%, nas diferentes categorias de abacaxi 'Smooth Cayenne', avaliados no dia da colheita (DC) e após o armazenamento dos frutos com refrigeração (CR) e sem refrigeração (SR). CV (%) - DC - 8,05 e após o armazenamento (CR) e (SR) - 4,90.

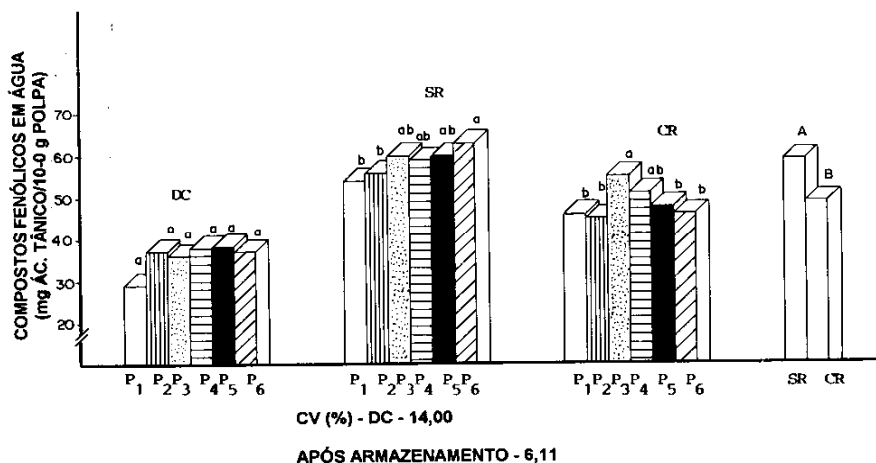


FIG. 6. Valores médios de compostos fenólicos extraíveis em água, nas diferentes categorias de abacaxi 'Smooth Cayenne', avaliados no dia da colheita (DC) e após o armazenamento dos frutos com refrigeração (CR) e sem refrigeração (SR).

efetuado com refrigeração, a categoria que se destacou foi a 3, seguida de 4. As demais apresentaram valores inferiores e sem diferenças significativas entre si.

Os valores médios dos compostos fenólicos totais encontrados nos frutos armazenados sem refrigeração (Fig. 7) apresentaram menores valores nas amostras pertencentes às categorias 1 e 2. O

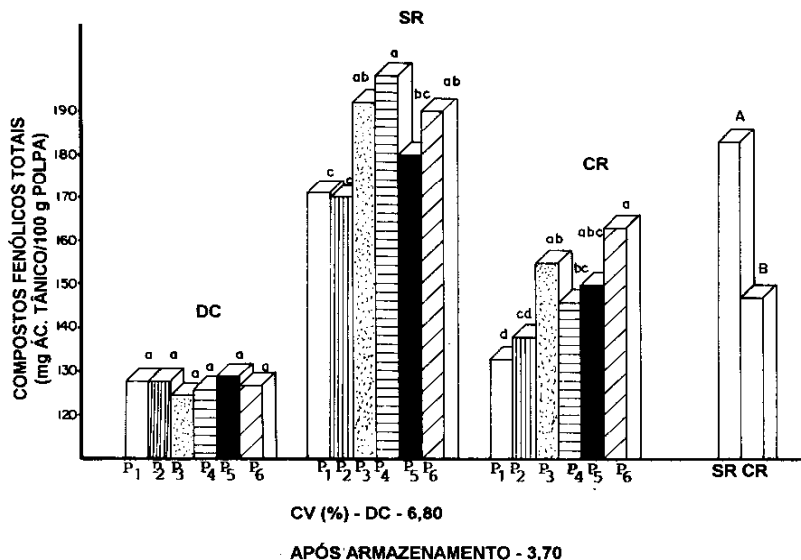


FIG. 7. Valores médios de compostos fenólicos totais nas diferentes categorias de abacaxi 'Smooth Cayenne', no dia da colheita (DC) e após o armazenamento dos frutos com refrigeração (CR) e sem refrigeração (SR). CV (%) - 6,80 e após o armazenamento (CR) e (SR) - 3,70.

maior valor foi observado na categoria 4, seguida de 3 e 6. Após o armazenamento com refrigeração, a categoria 6, cujos frutos apresentam menor índice de escurecimento interno (Fig. 1), foi a que teve maior valor de compostos fenólicos totais. O inverso ocorreu com as categorias 1 e 2, ou seja, maiores índices de escurecimento interno (Fig. 1) e menores valores de compostos fenólicos totais (Fig. 7).

De modo geral, os resultados observados nas diferentes formas de extração de compostos fenólicos apresentaram-se inferiores nos frutos submetidos à refrigeração e analisados após o aparecimento dos sintomas de escurecimento interno. Esses resultados estão de acordo com a observação feita por Goldstein & Swain (1963), os quais ressaltam que, após o escurecimento enzimático, a quantidade de fenólicos detectada é diminuída pela transformação dos mesmos em quinonas. Esse último produto não é identificado pelo método clássico de Folin-Denis, que foi utilizado no presente trabalho.

Verificou-se que os compostos fenólicos extraíveis em metanol e os totais revelaram maiores valores nos frutos menos sensíveis ao escurecimento interno, o que, de acordo com Goldstein & Swain (1963), pode ser entendido como o próprio mecanismo de defesa do fruto à injúria, em consequência da ativação da enzima fenilalanina amônio-liase e da ocorrência de uma menor oxidação de fenólicos em quinonas.

Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Teisson et al. (1979), que verificaram aumentos na quantidade de compostos fenólicos totais e ortofenóis em frutos com escurecimento interno, comparados aos teores encontrados no dia da colheita.

CONCLUSÕES

1. O peso do fruto exerce influência na suscetibilidade do abacaxi ao escurecimento interno. Os frutos mais suscetíveis foram aqueles com pesos de 1500 a 1799 g (Categoria 2).

2. Os frutos mais sensíveis ao escurecimento interno caracterizaram-se principalmente por apresentar uma maior atividade de polifenoloxidase.

3. O teor de compostos fenólicos extraíveis em metanol e a atividade peroxidásica foram maiores nos frutos mais resistentes ao escurecimento interno.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, H.V. de. Respiração. In: FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. 2.ed. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1985. v.1, p.251-282.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 11.ed. Washington, 1970. 1015p.
- BLEINROTH, E.W. Matéria-prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (Campinas). **Abacaxi - Cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2.ed. Rev. ampl. Campinas, 1987. p.133-164. (Série Frutas Tropicais, 2).
- DILLEY, D.R. Enzymes. In: HULME, A.C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v.1, cap. 8, p.179-204.
- DULL, G.G. The pineapple: general. In: HULME, A.C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. England: Academic Press, 1971. v.2, cap. 9A, p.303-324.
- 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.
- LACOEUILHE, J.J. Cuidados com o fruto após a colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1., Jaboticabal, 1982. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal - UNESP, 1982. p.217-234.
- LYONS, J.M. Chilling injury in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.445-466, 1973.
- MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cuytng or with black rot. **Plant and cell Physiology**, Tóquio, v.13, 1091-1101, 1972.
- PAIVA, M.J.G. de. **Características físicas, químicas e ponto de colheita do abacaxi (*Ananas comosus*, L. cvs. 'Pérola' e 'Smooth Cayenne')**. Lavras: ESAL, 1978. 82p. Tese de Mestrado.
- PAULL, R.E.; ROHRBACH, K.G. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.110, n.1, p.100-105, jan. 1985.
- PY, C.; LACOEUILHE, J.J.; TEISSON, C. **L'ananas; sa culture, ses produits**. Paris: G.P. Maisonneuve et Larousse ACCT, 1984. 562p.
- SCOTT, D. Oxidoreductases. In: REED, G. **Enzymes in food processing**. 2.ed. New York: Academic Press, 1975. Cap. 9, p.22-252.
- SWAIN, T.; HILLIS, W.G. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.10, p.63-68, Jan. 1959.
- TEISSON, C. Le brunissement interne de l'ananas. I - Historique. II - Matériel et méthodes. **Fruits**, Paris, v.34, n.4, p.245-261, avr. 1979.
- TEISSON, C.; COMBRES, J.C. Le brunissement interne de l'ananas. III - Symptomatologie. **Fruits**, Paris, v.34, n.5, p.315-329, mai. 1979.
- TEISSON, C.; LACOEUILHE, J.J.; COMBRES, J.C. Le brunissement interne de l'ananas. V - Recherches des moyens de lute. **Fruits**, Paris, v.34, n.6, p.339-415, Juin. 1979.
- TEISSON, C.; MARTIN PREVEL, P.; COMBRES, J.C.; PY, C. A propos du brunissement interne de l'ananas, accident de la réfrigération. **Fruits**. Paris, v.33, n.1, p.48-50, Jan. 1978.
- TISSEAU, R. Évolution en cours de commercialisation des principaux caractéristiques de qualité de l'ananas. **Fruits**. Paris, v.39, n.12, p.767-775, déc. 1984.
- VAN BUREN, J. Fruits fenolics in: HULME, A.C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v.1, p.269-304.
- VAN LELYVELD, L.J.; DE BRUYN, J.A. Polyphenoles, ascorbic acid and related enzyme activities associated with black-heart in Cayenne pineapple fruit. **Agrochemophisica**, South Africa, v.9, v.1, p.1-6, Mar. 1977.

- VUKOMANOVIC, C.R. Efeito da maturação e da baixa temperatura na composição química e no escurecimento interno do abacaxi. Lavras: ESAL, 1988. 80p. Tese de Mestrado.
- WHEATHEY, C.C. Studies on Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root post-harvest physiological deterioration. London: University of London, 1982. 246p.