

**CELESTE MARIA PATTO DE ABREU**

**EFEITO DA EMBALAGEM DE POLIETILENO E DA  
REFRIGERAÇÃO NO ESCURECIMENTO INTERNO E  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DURANTE A MATURAÇÃO DO  
ABACAXI c.v. *Smooth Cayenne***

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do curso  
de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos  
para obtenção do grau de "DOUTOR".

**ORIENTADORA  
VÂNIA DÉA DE CARVALHO**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1995**



DESCARTADO

CELESTE MARIA PATTO DE ABREU

*mailein*  
ASSINATURA

Data 16, 08, 17

BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA  
UFLA

**EFEITO DA EMBALAGEM DE POLIETILENO E DA  
REFRIGERAÇÃO NO ESCURECIMENTO INTERNO E  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DURANTE A MATURAÇÃO DO  
ABACAXI c.v. *Smooth Cayenne***

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do curso  
de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos  
para obtenção do grau de "DOUTOR".

**ORIENTADORA  
VÂNIA DÉA DE CARVALHO**



EX [REDACTED]  
N.º [REDACTED]  
N.º [REDACTED]  
D. [REDACTED]

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1995

DEBENTE MARIA PATTO DE ARAUJO

EFEITO DA EMBALAGEM DE POLIETILENO E DA  
E EXIGÊNCIA DE ESCURECIMENTO INTERNO E  
COMPOSIÇÃO ÓTIMA DURANTE A MATURAÇÃO DO  
ABACAXI cv. Smooth Cayenne

Este trabalho foi apresentado à Universidade Federal de Pernambuco em 1972, sob a orientação do Prof. Dr. Manoel de Moraes e sob a supervisão do Prof. Dr. Manoel de Moraes e do Prof. Dr. Manoel de Moraes.

Précio de aquisição

de R\$ 100,00

DATA DE AQUISIÇÃO 10 de outubro de 1972

Valor de R\$ 100,00

Valor de R\$ 100,00

Prof. Dr. Manoel de Moraes

Prof. Dr. Manoel de Moraes

Prof. Dr. Manoel de Moraes

(Ossos)

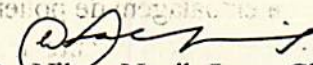
CELESTE MARIA PATTO DE ABREU

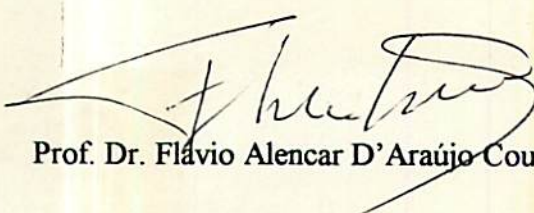
**EFEITO DA EMBALAGEM DE POLIETILENO E DA  
REFRIGERAÇÃO NO ESCURECIMENTO INTERNO E  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DURANTE A MATURAÇÃO DO  
ABACAXI c.v. *Smooth Cayenne***


Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do curso  
de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos  
para obtenção do grau de "DOUTOR".

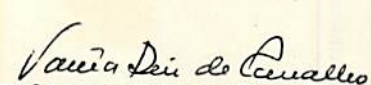
APROVADA EM 10 de outubro de 1995

  
Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes

  
Prof. Dr. Nilton Nagib Jorge Chalfun

  
Prof. Dr. Flávio Alencar D'Araújo Couto

  
Pesq. Dr. Murillo de Albuquerque Regina

  
Prof. Dr. Vânia Déa de Carvalho

(Orientadora)



“Preciso de serenidade,  
para aceitar as coisas  
que não posso mudar.

Coragem, para mudar  
o que posso.

E sabedoria, para conhecer a diferença”

R. NIEBUHR

## AGRADECIMENTOS

Deus, por me conceder a vida e o sustento.

Universidade Federal de Lavras (UFLA) e os Departamentos de Ciência dos Alimentos

(DCA) e de Tecnologia de Alimentos (DTA).

Coordenador de Pesquisa, Associação de Alunos Externos - AAE, pela possibilidade de

desenvolver o trabalho dentro de sua programação de pesquisa.

Prof. DR. SÉRGIO F. COSTA pelo apoio financeiro.

Prof. DR. JOSÉ CARLOS DE CARVALHO pela orientação e auxílio.

Prof. DR. JOSÉ ROBERTO M. R. M. pelo auxílio técnico.

Prof. DR. JOSÉ ROBERTO M. R. M. pelo auxílio técnico.

Prof. DR. JOSÉ ROBERTO M. R. M. pelo auxílio técnico.

Prof. DR. JOSÉ ROBERTO M. R. M. pelo auxílio técnico.

Prof. DR. JOSÉ ROBERTO M. R. M. pelo auxílio técnico.

Prof. DR. JOSÉ ROBERTO M. R. M. pelo auxílio técnico.

Prof. DR. JOSÉ ROBERTO M. R. M. pelo auxílio técnico.

Prof. DR. JOSÉ ROBERTO M. R. M. pelo auxílio técnico.

Aos meus pais Ismael e Petronilha

Ao meu esposo Ademar e

filhos, Júnior, Henrique

e José Renato

pelo amor e estímulo

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a vida e o entendimento.

A Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela oportunidade de realização do curso.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, pela possibilidade de realização deste trabalho dentro de sua programação de pesquisa.

A CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

A Dra. Vânia Déa de Carvalho pela orientação e amizade.

Ao professor Augusto Ramalho de Moraes pela orientação na análise estatística.

Aos professores do curso pelos ensinamentos e amizade.

Aos funcionários da EPAMIG, Sílvio Júlio, Laerte, Ismael, Eliane, Samuel, Geraldo e Odair pela colaboração e amizade.

As laboratoristas Constantina e Sandra pela contribuição e companheirismo.

Aos colegas Josivan, Eduardo e Rogério pela colaboração, em especial a Urquiza pelo companheirismo que foi sempre suporte e estímulo a esta tese e contribuiu para selar entre nós uma inestimável amizade.

Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, em especial a Gicelda pelo apoio.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho

## SUMÁRIO

	página
LISTA DE QUADROS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xix
RESUMO .....	xx
SUMMARY .....	xxii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Aspectos gerais .....	4
2.2. Composição química do abacaxi.....	9
2.3 Modificações químicas durante a maturação e após refrigeração .....	10
2.3.1 Fenilalanina amonio liase (FAL) e compostos fenólicos .....	10
2.3.2 Pectinas e enzimas pécticas .....	12
2.3.3 Polifenoloxidase e peroxidase .....	14
2.3.4 Ácido ascórbico, ácido dehidroascórbico e vitamina C .....	15
2.3.5 Acidez e pH .....	17
2.3.6 Açúcares totais, redutores, não redutores e sólidos solúveis totais .....	18

2.4 Atmosfera modificada no controle do escurecimento interno dos frutos .....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	21
3.1 Origem, colheita e manuseio dos frutos .....	21
3.2 Formação dos tratamentos.....	22
3.3 Avaliações realizadas nos frutos .....	25
3.3.1 Escurecimento interno .....	25
3.3.2 Físico-químicas e químicas .....	25
3.4 Instalação e análise dos dados.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1 Percentagem de E.I. e número de frutos afetados .....	31
4.2 Acidez titulável total .....	36
4.3 pH .....	40
4.4 Sólidos solúveis totais .....	42
4.5 Relação sólidos solúveis/acidez .....	44
4.6 Açúcares totais, redutores e não redutores .....	47
4.7 Fenólicos totais .....	52
4.8 Atividade fenilalanina amonio liase (FAL) .....	54
4.9 Atividade peroxidásica (PER) .....	57
4.10 Atividade polifenoloxidásica (PFO) .....	60
4.11 Ácido ascórbico .....	62
4.12 Pectina total, protopectina, pectina solúvel e % de pectina solúvel .....	65
4.13 Pectina metil esterase (PME) e poligalacturonase (PG) .....	74
5 CONCLUSÕES .....	80

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 82

APÊNDICE ..... 91

## LISTA DE QUADROS

QUADRO	página
1 Valores de médias diárias de temperatura e umidade relativa da sala de armazenamento durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne .....	23
2 Valores de médias diárias de temperatura e umidade relativa da sala de armazenamento durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne após refrigeração .....	24

## LISTA DE TABELAS

TABELA

página

- 1 Percentagem média de escurecimento interno durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne com refrigeração sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) ..... 32
- 2 Valores médios de número de frutos afetados pelo escurecimento interno, durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne com refrigeração, sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração ..... 32
- 3 Valores médios de acidez titulável (% de ácido cítrico) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) ..... 35

- 4 Valores médios de acidez titulável (% ác. cítrico), pH, sólidos solúveis (%), sólidos solúveis/acidez, açúcares totais (% glicose), açúcares redutores (% glicose) e açúcares não redutores (% sacarose) do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ao zero (0) dia de maturação ..... 37
- 5 Valores médios de pH durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, embalados sem perfuração ..... 39
- 6 Valores médios de sólidos solúveis totais (%) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ..... 41
- 7 Valores médios da relação sólidos solúveis totais/acidez na maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ..... 43
- 8 Valores médios de fenólicos totais (mg/100g) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne com refrigeração, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ..... 51

- 9 Valores médios de fenólicos (mg/100g), FAL (U/g/min), PER (U/g/min), PFO (U/g/min), ácido ascórbico (mg/100g), durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ..... 53
- 10 Valores médios da fenilalanina amonio liase (FAL U/g/min) na maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado sem perfuração e com perfuração ..... 54
- 11 Valores médios de pectina total (mg ác. galc./100g) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ..... 65
- 12 Valores médios de pectina total (mg ác. galac./100g), protopectina (mg ác. galac./100g) pectina solúvel (mg ác. galac./100g), % pectina solúvel/pectina total, PME (U/min/g), PG (U/min/g) do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração e com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ao 0 (zero) dia de maturação ..... 66
- 13 Valores médios de protopectina (mg ác. galac./100g) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ..... 67

- 14 Valores médios de pectina solúvel (mg ác. galac./100g) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne com refrigeração embalado em polietileno sem perfuração ..... 70
- 15 Valores médios de % pectina solúvel na maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ..... 71
- 16 Valores médios de atividade da PME (U/min./g) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ..... 73

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	página
1 Curvas e equações de regressão representativas da percentagem de escurecimento interno (E.I.) durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne após refrigeração sem embalagem (SE) e embalado em polietileno com perfuração (ECP) .....	30
2 Curvas e equações de regressão representativas do número de frutos afetados pelo escurecimento interno (E.I.) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne após refrigeração sem embalagem (SE) e embalado em polietileno com perfuração (ECP) .....	32
3 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de acidez titulável durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) .....	35

- 4 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de pH durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) ..... 39
- 5 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de sólidos solúveis durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) ..... 41
- 6 Curvas e equações de regressão representativas dos valores da relação sólidos solúveis/acidez durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração (CR) ..... 45
- 7 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de açúcares totais durante a maturação do abacaxi cv. Smooth cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) ..... 43
- 8 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de açúcares redutores durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) ..... 47

- 9 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de açúcares não redutores durante o amadurecimento do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) ..... 49
- 10 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de fenólicos totais durante a maturação do abacaxi cv. Smooth cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR) sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração ..... 51
- 11 Curvas e equações de regressão representativas dos valores da atividade da fenilalanina amonio liase (FAL) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração (CR) ..... 54
- 12 Curvas e equações de regressão representativas dos valores da atividade da peroxidase (PER) durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) ..... 56
- 13 Curvas e equações de regressão representativas dos valores da atividade da polifenoloxidase (PFO) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração, sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) ..... 59

- 14 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de ácido ascórbico durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR) sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) ..... 62
- 15 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de pectina total durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP), e com perfuração (ECP) ..... 64
- 16 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de protopectina durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração ..... 67
- 17 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de pectina solúvel durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP e com perfuração (ECP) ..... 70
- 18 Curvas e equações de regressão representativas das percentagens de pectina solúvel / pectina total durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração (CR) ..... 71

- 19 Curvas e equações de regressão representativas dos valores da atividade da pectina metil esterase (PME) durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração (CR) ..... 73
- 20 Curvas e equações de regressão representativas dos valores da atividade da poligalacturonase (PG) durante a maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração (CR) ..... 75
- 21 Curvas e equações de regressão representativas dos valores da atividade da poligalacturonase (PG) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP) ..... 76

## LISTA DE ABREVIATURAS

- E.I. - escurecimento interno
- U.R. - umidade relativa
- FAL - fenilalanina amônio liase
- PER - peroxidase
- PFO - polifenoloxidase
- PME - pectinametilesterase
- PG - poligalacturonase
- cv. - cultivar
- P.C. - Parede celular
- ATT - acidez titulável total
- SST - sólidos solúveis totais

## RESUMO

ABREU, Celeste Maria Patto de. **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. p. (Tese de Doutorado em Ciência dos Alimentos).\*

O presente estudo teve por objetivo determinar os efeitos da embalagem de polietileno e da refrigeração no grau de escurecimento interno e na composição química durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne, à temperatura ambiente.

Os frutos foram provenientes de Monte Alegre de Minas, colhidos no estágio de maturação "de vez" e tamanho uniforme com peso médio de 1,500 Kg armazenados em câmara fria a  $8^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e 90 % UR e em temperatura ambiente  $\pm 25^{\circ} \text{C}$  e  $\pm 75$  % UR. As avaliações foram realizadas aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de maturação após a colheita e após refrigeração.

Verificou-se que as embalagens influenciaram no grau de escurecimento interno e número de frutos afetados, sendo que a embalagem de polietileno sem perfuração proporcionou uma redução no grau de escurecimento e no número de frutos afetados de 87,86 % e 55 % respectivamente, e a embalagem de polietileno com perfurações reduziu em 46,74 % e 6,25 % respectivamente, quando comparados aos frutos sem embalagem.

---

\*Orientadora: Vânia Déa de Carvalho. Banca: Augusto Ramalho de Moraes, Flávio Alencar D'Araújo Couto, Murillo de Albuquerque Regina e Newton Nagib Chalfun.

Os frutos embalados em polietileno sem perfuração apresentaram menores teores de fenólicos, pectina solúvel, menores atividades da FAL, PER, PFO, PME e PG e maiores teores de ácido ascórbico.

Os frutos sem embalagem apresentaram maior incidência de E.I., esta injúria foi associada aos maiores teores de fenólicos, pectina solúvel, maiores atividades da FAL, PER, PFO, PME e PG e menores teores de ácido ascórbico encontrados nesses frutos.

A refrigeração provocou decréscimos na acidez titulável total e acréscimos no pH, açúcares totais, açúcares redutores, e acréscimos nas atividades da PER e PFO.

## SUMMARY

EFFECT OF PACKAGING OF POLYETHYLENE AND REFRIGERATION ON THE INTERNAL DARKENING AND COMPOSITION QUIMIC DURING MATURATION OF PINEAPPLES *cv. Smooth Cayenne*.

The present study had the objective of determining the effect of polyethylene packaging and refrigeration on the degree of internal darkening and on the chemical composition during maturation of pineapple *cv. Smooth Cayenne*, at ambiente temperature.

The fruits supplied from Monte Alegre de Minas state were harvested in the intermediate stage of maturation having uniform size with an average unit weight of 1,5 Kg and were stored in a cold room maintained at a temperature of 8°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) and relative humidity (RH) of 90 % and also at an ambient temperature of 25°C with a RH of approximately 75%. The quality evaluations were made initially and at 2<sup>nd</sup>, 4<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> day of maturation after harvesting and after refrigeration.

It was verified that the packages influenced the degree of internal darkening and the number of affected fruits, because the polyethylene packaging without perforation presented their reduction as 87,86% and 55% respectively. The polyethylene packaging with perforation reduced

these effects by 46,74% and 6,25%, respectively, when they were compared with those for the unpacked fruits.

The fruits packed in polyethylene without perforation showed smaller amounts of phenolics and soluble pectin, lesser activities of FAL, PER, PFO, PME and PG and larger amounts of ascorbic acid.

The unpacked fruits showed higher incidence of E.I. This injury was associated with larger amounts of phenolics and soluble pectin, greater activities of FAL, PER, PFO, PME and PG and smaller amounts of ascorbic acid found in these fruits.

The refrigeration provoked decrease on the total titratable acidity and increase on the pH, total reducing sugars, and increase on the activities of PER and PFO.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de abacaxi está em torno de 10 milhões de toneladas anuais, sendo o Brasil responsável por 10% desse total (Informativo Coopercitrus, 1994). Em 1993, foram produzidas 1,2 milhões de toneladas de abacaxi no Brasil colocando o país em 4º lugar entre os países produtores. Entretanto a exportação de frutos foi somente 6,8 mil toneladas o que corresponde apenas 0,1% das exportações mundiais, ocupando o 28º lugar no “ranking” dos exportadores (Carraro & Cunha, 1994).

Entre os principais estados produtores em 1993, Minas Gerais ocupou o 2º lugar, com uma produção de 338 mil toneladas, ou 28% da produção nacional, mesmo percentual que detinha em 1987. Juntos Minas Gerais e Paraíba, contribuem com 2/3 da produção nacional (Carraro & Cunha, 1994).

Devido ao fato do abacaxi ser um fruto adaptável a regiões tropicais e sub-tropicais, sob condições climáticas e de solos diversas, podemos facilmente deduzir que são imensas as áreas existentes para a expansão dessa cultura no Brasil. Porém, pelo exposto, seria de importância primordial aumentar sobretudo a exportação que está muito aquém do que o país é capaz de exportar.

A produtividade e qualidade, fatores de grande importância para a fruticultura brasileira, são fundamentais para sua efetiva participação no comércio internacional. A produtividade já está

sendo melhorada, já que elevou-se em 10% no período de 1987-93 atingindo 32,6 t/ha (Carraro & Cunha, 1994). Porém a qualidade está sendo esquecida, já que a mesma não pode ser melhorada após a colheita, mas pode ser mantida.

Embora haja estudos sobre a maturação e conservação pós-colheita dos frutos, somente agora tem sido dada maior atenção ao aspecto científico destes fenômenos. Tais estudos são de grande importância considerando-se que as perdas de frutos são enormes, sendo devidas, em grande parte, às condições às quais os frutos são submetidos após a colheita, com reflexos negativos sobre sua qualidade e comportamento durante o armazenamento.

Dentre os diversos fatores que constituem entraves às exportações brasileiras, está o tipo de transporte ao qual o fruto é submetido, uma vez que a maior parte da exportação de abacaxi pelo Brasil é na forma de fruta fresca, que devido a sua perecibilidade ela necessita ser transportado à baixas temperaturas. Abacaxis submetidos a baixas temperaturas por um período maior (acima de 4 dias), desenvolvem desordem fisiológica conhecida como escurecimento interno, considerado o distúrbio fisiológico mais importante no fruto.

Torna-se então de suma importância o conhecimento da fisiologia pós-colheita do fruto, no sentido de fornecer subsídios técnicos que visem a ampliação do tempo de armazenamento sem contudo alterar suas características físicas organolépticas e nutricionais. Alguns trabalhos tem sido desenvolvidos, objetivando minimizar os prejuízos causados pelo escurecimento interno em abacaxis através de fatores que possam afetar o distúrbio. Porém, o uso de atmosferas modificadas tem sido pouco estudado. O polietileno vem sendo usado na embalagem de vários frutos, pois além de reduzir a perda de umidade, diminui o metabolismo respiratório e alterações resultantes, através da redução na concentração de  $O_2$  e aumento na concentração de  $CO_2$  no interior das embalagens, aumentando a vida pós-colheita dos frutos (Hening, 1975). Sabendo-se que o

escurecimento interno é de natureza enzimática oxidativa, e que a embalagem de frutos com polietileno poderá diminuir as reações oxidativas pela redução da concentração de  $O_2$  no seu interior com conseqüente diminuição neste distúrbio fisiológico realizou-se o presente trabalho com o seguinte objetivo:

Determinar o efeito da utilização de embalagens de polietileno nas modificações no grau de escurecimento interno e na composição química dos frutos cv. Smooth Cayenne durante o período correspondente a fase de comercialização dos frutos submetidos a refrigeração e não refrigeração.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais

O abacaxizeiro foi descoberto por Cristóvão Colombo na ilha de Guadalupe em 1493, e seu fruto tem sido cultivado nas regiões tropicais e sub-tropicais (Johnson, 1935; Collins, 1960). Seu local de origem é um tanto discutido, no entanto a maioria dos autores afirmam ser o Brasil o berço desta planta, já que o abacaxi selvagem brasileiro (*Ananas microstachys, lindl*) é um ancestral bastante primitivo (Cunha, 1978).

O abacaxizeiro *Ananas comosus (L.) Merr.*, é uma planta monocotiledônea, herbácea perene, da família Bromeliaceae (Cunha et al., 1994). O abacaxi é um fruto composto, do tipo sorose, formado de 100 a 200 frutos simples do tipo baga, inseridos sobre uma haste central ou miolo, em disposição espiralada e intimamente soldados entre si. A parte comestível do fruto é a polpa suculenta formada pelas paredes das lojas dos frutinhos e pelo tecido parenquimatoso que os ligam entre si, bem como pela porção externa ou casca do miolo ou haste central (Medina, 1987).

Apesar da grande demanda por abacaxi no mercado mundial de frutas, da alta rentabilidade e da importância social de seu cultivo, como atividade intensiva em mão-de-obra rural, o abacaxi ainda não conseguiu destacar-se no cenário agrícola brasileiro; registra pequena contribuição para a renda agrícola e baixo consumo per capita (11 Kg/ano), (Carraro & Cunha,

1994). Para que se consiga melhorar a colocação desse fruto tanto no mercado interno como externo, os produtores devem melhorar a qualidade do fruto através de técnicas de cultivo e de armazenamento (Bleinroth, 1987).

A qualidade final do produto está relacionada, direta e indiretamente, com numerosos fatores, intrínsecos e extrínsecos, que atuam sobre todas as fases do organismo vegetal. As características de qualidade do fruto, representam o somatório das influências destes fatores, ao longo do processo produtivo (Pantástico, 1975).

Um dos fatores mais importantes que afetam a qualidade após a colheita dos frutos de abacaxi para a exportação é o escurecimento interno (Bleinroth, 1987), que também é designado por "endogenous brown spot", "black heart", "black heart disease" (Teisson, 1979), sobre o qual se tem feito várias pesquisas, cujos resultados demonstram o efeito de fatores envolvidos mais diretamente com o distúrbio, tais como: aumento de fenólicos, aumento na atividade de enzimas, diminuição nos teores de ácido ascórbico (Vukomanovic, 1988; Abreu, 1991; Botrel, 1991)

O escurecimento interno é uma injúria causada pelo frio, ocorre em produtos de origem tropical ou sub-tropical que são sujeitos a transtornos metabólicos quando expostos a temperaturas inferiores a 13°C; porém acima do ponto de congelamento. Certos produtos frutícolas de zona temperada tais como o pêssego e morango também são susceptíveis a temperaturas críticas mais baixas, entre 5°C e 10°C. O fenômeno, porém, ocorre particularmente em produtos desenvolvidos em clima quente, ou que se derivam de progenitores de clima tropical, como manga, abacaxi, abacate, entre outros, (Chitarra & Chitarra, 1990).

O armazenamento de frutos em baixas temperaturas diminui a respiração e metabolismo, resultando numa conservação mais prolongada do fruto em boas condições organolépticas. A baixa temperatura, entretanto, não retarda todas as reações do metabolismo nem afeta todos os

sistemas físicos da célula na mesma proporção. Esse desequilíbrio pode resultar em alterações físicas e metabólicas causando injúria nos frutos, (Awad, 1993).

Os distúrbios fisiológicos ocasionados pelo frio, também conhecidos como “chilling”, diferem do congelamento porque não há formação de cristais de gelo nas células, e, sim, alterações metabólicas que conduzem a diferentes sintomas, detrimenais a qualidade dos produtos e conseqüentemente, a sua comercialização, (Chitarra & Chitarra, 1990). Esses distúrbios são resultados do efeito das baixas temperaturas nas membranas celulares. Os lipídios que fazem parte das membranas, e participam de seu estado físico-químico, são flexíveis e fluido cristalinos nas temperaturas superiores àquelas que provocam o “chilling”. Quando a temperatura fica abaixo da crítica, os lipídios mais saturados mudam de fase e se tornam gelatinosos e firmes. Essa mudança provoca uma separação de fases em certas áreas das membranas e afeta consideravelmente suas propriedades físicas, químicas e bioquímicas e sua integridade, alterando vários processos tais como: transferência de substratos, atividade de enzimas, transferência de sais e ions etc. (Awad, 1993).

↳ O sintoma inicial da injúria é um escurecimento translúcido que se desenvolve na base do frutílo de dentro para fora, (Wills, Hassan e Scott, 1985). A zona translúcida vai escurecendo ligeiramente e depois estende-se, reunindo-se e intensificando-se, invadindo toda a polpa, (Teisson et al., 1978). Este escurecimento dos tecidos da polpa faz com que haja diminuição na vida de armazenamento e mudanças na composição química do fruto, (Morris, 1982).

A ocorrência do escurecimento interno se processa em duas fases distintas ou seja: a) Fase de transporte que corresponde ao trajeto feito sob refrigeração até o local de comercialização. Geralmente, dura de 10 a 20 dias, sob uma temperatura próxima de 10°C e U.R. 90%. É nesta fase que se iniciam as modificações químicas que darão origem ao escurecimento dos tecidos e b)

Fase de comercialização (reaquecimento do fruto), corresponde ao intervalo entre a retirada do fruto da câmara até o seu consumo (Dura em torno de 7 dias). A temperatura desta fase geralmente é mais elevada que a de transporte, ocorrendo neste período a manifestação dos sintomas de escurecimento dos tecidos (Teisson, 1972; Paull & Rohrbach, 1985 e Parkin et al., 1989).

Segundo Smith (1983) nenhum sintoma da desordem pode ser evidenciado externamente, e o fruto afetado portanto não pode ser selecionado pela aparência externa. O sintoma é visível somente após o corte longitudinal do fruto. Entretanto, Miller (1951) afirma que em estágios avançados da injúria as manchas atingem a superfície da polpa e a casca do fruto e conseqüentemente ocorrendo o sintoma da desordem externamente.

Estudos relacionados ao distúrbio, concluíram que condições climáticas, estádios de maturação, diferenças varietais e peso do abacaxi exercem influência acentuada na composição química do abacaxi com conseqüente efeito no grau de escurecimento interno dos frutos, (Miller & Hall, 1953; Dull, 1971; Teisson, 1972; Akamine, 1976; Vukomanovic, 1988; Botrel, 1991).

Condições climáticas no período da colheita afetam a qualidade dos frutos pois os frutos colhidos no inverno possuem maior acidez em relação aos colhidos no verão, o que mostra que a acidez total do abacaxi é variável com a estação de colheita. Teisson (1979), Abreu (1991) estudando abacaxis refrigerados concluíram que o escurecimento interno está ligado a uma baixa acidez.

O aparecimento e intensidade dos danos provocados pelo frio, estão relacionados com grau de maturação dos frutos, sendo que os frutos verdes mostram-se mais susceptíveis aos danos causados pelo frio que os "de vez" e maduros, (Flores de Madrid, 1973 ; Smith, 1983; Vukomanovic, 1988).

causados pelo frio que os “de vez” e maduros, (Flores de Madrid, 1973 ; Smith, 1983; Vukomanovic, 1988).

Pesquisas demonstraram que a intensidade de escurecimento interno está também relacionada ao tamanho dos frutos. Teisson (1979), Py, Lacoeuilhe e Teisson (1984), Tisseau (1984) e Paull & Rhorbach (1985) afirmaram que a injúria causada pelo frio é mais intensa nos frutos maiores. Já Teisson et alii (1978) e Teisson (1979) verificaram que no mesmo lote de frutos, os maiores e mais verdes foram os mais susceptíveis ao “chilling”, e concluíram que o frio provocou numerosas modificações quantitativas e qualitativas na composição química do fruto. Em estudo realizado por Botrel (1991) sobre influencia do peso do fruto na susceptibilidade do abacaxi ao escurecimento interno, foi observado que os frutos com pesos de 1500 a 1799g (frutos maiores) foram os mais susceptíveis ao “chilling” que os das classes de peso entre 1499 a 700g (frutos menores).

O tamanho do fruto é de suma importância, pois há uma exigência específica do mercado consumidor. Para o mercado interno há preferência por frutos maiores em torno de 2 Kg, para a exportação com pesos inferiores a 1,5 Kg e para industrialização em rodela, o peso exigido é de 1,8 a 2,0 Kg, (Giacomelli, 1982).

Importância também se dá a diferenças varietais pelo fato das cultivares de abacaxi possuírem composições químicas específicas, um dos fatores que determina a maior ou menor susceptibilidade das cultivares ao E.I.. Atualmente as cultivares mais plantadas no Brasil são a “Pérola” e o “Smooth Cayenne”, sendo esta última, explorada em maior escala e mundialmente utilizada para exportação da fruta “in natura”, bem como para a industrialização, (Giacomelli, 1981; Tamaki & Cardoso, 1982; Cabral, 1985; Morett et alii, 1987).

## 2.2 Composição química do abacaxi

O abacaxi apresenta uma grande variação na sua composição química, dependendo da época em que é produzido. Pelo fato da fruta ser constituída de 100 a 200 frutílios, ela não apresenta homogeneidade em relação à composição química de suas diversas partes, (Bleinroth, 1987). O fruto recém colhido contém 80 a 85% de água, 12 a 15% de açúcar, 0,6% de ácidos, 0,4% de proteínas, 0,5% de cinzas, 0,1% de gorduras, baixo teor de fibras e várias vitaminas destacando-se a A e C, (Salunkhe & Desai, 1984). Segundo Dull (1971) o amido apresenta-se em valores muito baixos (0,002%), já Morales (1976) diz que o abacaxi não contém amido mesmo quando está verde. O conteúdo de pectina no abacaxi varia de 0,01 a 0,06%, é muito baixo quando comparado ao de outras frutas, (Morales, 1976). O valor nutricional do abacaxi depende, principalmente, dos seus açúcares solúveis, das vitaminas e dos sais minerais que contem, (Bleinroth, 1987).

Os açúcares do abacaxi representam uma fração muito importante de sua parte comestível. A sacarose representa em média 66% dos açúcares (10,82%), sendo no abacaxi muito mais importante que os açúcares redutores (glicose 1-3,2% e frutose 0,6-2,3%). O abacaxi é um dos frutos que apresentam maior teor de sacarose, (Dull, 1971).

A acidez do abacaxi é muito variável, e depende de vários fatores tais como: variedade, estágio de maturação, adubação, etc. (Huet, 1958). É um dos elementos primordiais do sabor da fruta. A acidez do abacaxi é expressa em ácido cítrico, uma vez que este ácido representa 87% da acidez total do fruto, e também contém 13% de ácido málico (Dull, 1971). Aproximadamente duas semanas antes da metade do fruto ficar amarela (considerada nível ótimo na qualidade do fruto para a comercialização) o ácido cítrico começa a decrescer (Singleton & Gortner, 1965). A

composição ácida do abacaxi, em relação ao peso úmido, é constituída por 0,32 a 1,22% de ácido cítrico, 0,1 a 0,47% de ácido málico e 0,005% de ácido oxálico (Dull, 1971).

A polpa do abacaxi é constituída de provitaminas lipossolúveis (caroteno) e vitaminas hidrossolúveis, tais como: riboflavina, nicotinamida, ácido ascórbico e ácido pantotênico. As vitaminas são portanto, representadas em bom número, porém em quantidades pequenas (Bleinroth, 1987).

Foi constatado que, apesar do baixo conteúdo de lípideos na fruta, estes exercem uma função muito importante na manutenção da textura, do “flavor”, da pigmentação e dos demais componentes químicos, (Mattoo et alii, 1975).

### **2.3 Modificações químicas durante a maturação e após refrigeração**

Durante a maturação normal dos frutos ocorre uma sequência de mudanças na cor, flavor e textura, conduzindo-os a um estado que os torna comestíveis. Quando um fruto tropical é submetido a refrigeração alguns compostos químicos que fazem parte de sua composição também sofrem alterações que podem levar a modificações químicas indesejáveis nos mesmos. Dentre os principais compostos químicos que sofrem modificações durante a maturação e após refrigeração estão os seguintes.

#### **2.3.1 Fenilalanina amonio liase (FAL) e compostos fenólicos**

Os estímulos causados pela injúria devida ao frio também afetam o metabolismo fenilpropanóide do tecido vegetal. A ativação desta via metabólica em frutos injuriados tem sido

associada aos mecanismos de resistência do fruto à injúria. Normalmente, este ciclo metabólico conduz a formação do ácido cinâmico, que é precursor de inúmeros compostos encontrados naturalmente no tecido vegetal, como lignina, flavonóides e outros compostos fenólicos (Tena, Lopes-Valbuena e Jorrín, 1984). O ácido cinâmico é derivado biossinteticamente da fenilalanina (Legrand, 1983). A fenilalanina amônio liase (FAL) atua no metabolismo secundário dos vegetais, catalizando a conversão de L-fenilalanina a ácido cinâmico e amônia (Minamikawa & Uritani, 1964). A partir do aminoácido fenilalanina são sintetizados todos os compostos fenilpropanóides, (Rhodes, 1983). A FAL parece oferecer o esqueleto carbônico fenilpropano para a síntese de compostos fenólicos, pois o aumento de sua atividade foi observado paralelamente ao acúmulo destes compostos (Minamikawa & Uritani, 1964). Em estudo de escurecimento interno em abacaxis em tres gaus de maturação, foram encontradas maiores atividades da FAL naqueles mais sensíveis ao escurecimento interno (os mais verdes ) quando comparados aos outros menos sensíveis à injúria (Vukomanovic, 1988).

Os fenólicos vegetais incluem uma ampla variedade de compostos, desde simples fenóis, ácidos fenólicos, cumarinas, até flavonóides e ligninas, dos quais a maior parte é derivada do ácido benzóico e ácido cinâmico, (Torres, Mau-Lastovicka e Rezaaiyan 1987).

Os estudos sobre os compostos fenólicos tem sido realizados avaliando sua participação em reações de escurecimento. Estes 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, (LaCoeuilhe, 1982).

No abacaxi, o maior conteúdo de compostos fenólicos nas formas solúveis presentes nos frutos verdes têm sido associado à maior susceptibilidade dos mesmos ao escurecimento interno,

quando comparados aos frutos maduros, (Miller, 1951; Miller & Heilman, 1952; Pantástico, 1975; Teisson, 1979). Foi também verificado por Van Lelyveld & De Bruyn, (1977) que os frutos com escurecimento interno apresentaram maiores teores de fenólicos que os frutos sadios.

Os compostos fenólicos são importantes pois o escurecimento nos frutos envolvem monofenóis, os quais são orto-hidroxilados e também oxidados para orto-quinonas, resultando em pigmentos escuros, (Miller, 1951; Van Lelyveld & De Bruyn, 1977; Paull & Rohrbach, 1985).

Os frutos de abacaxi amarelos, em geral, são mais ricos em compostos fenólicos, por isso são mais sujeitos ao escurecimento, (Teisson, 1979). Foi observado por Goldstein & Swain (1963) que o aumento de compostos fenólicos nos frutos com escurecimento interno se dá em função da própria defesa à injúria. Em pesquisa com escurecimento interno em abacaxi, Abreu (1991) e Botrel (1991) concluíram que o aumento no escurecimento interno estava relacionado a acréscimos nos teores de fenólicos, já que os autores encontraram maiores quantidades de fenólicos nos frutos mais susceptíveis à injúria por "chilling".

### **2.3.2 Pectinas e enzimas pécticas**

As pectinas e enzimas pécticas são substâncias encontradas nos frutos e exercem função importante na integridade da membrana e parede celular.

A célula típica do fruto, consiste numa camada fina de citoplasma situada entre a parede celular (P.C.) e um amplo vacúolo. A parede celular confere à célula um suporte estrutural forte, (Awad, 1993). A consistência da polpa de abacaxi depende do conteúdo de constituintes hidrocarbonatados de elevado peso molecular tais como: celulose, hemicelulose, pectinas e protopectinas.

As pectinas são responsáveis pelas mudanças de textura dos frutos, (Chitarra & Chitarra, 1990), encontram-se, principalmente, depositadas na parede celular, atuando como material cimentante. São derivadas do ácido poligalacturônico e ocorrem na forma de protopectina, ácidos pécticos e pectinas. Elas são caracterizadas por diferentes solubilidades, dependendo do estágio de maturação do fruto. Quando os grupos carboxílicos ácidos encontram-se ligados ao cálcio, formam o pectato de cálcio, que é insolúvel chamado de protopectina, predominante nos tecidos dos frutos imaturos. Com a maturação há liberação do cálcio e solubilização da protopectina das paredes celulares. Há então modificação da textura que torna-se gradualmente macia. Essas transformações ocorrem durante a maturação e no armazenamento (Chitarra & Chitarra, 1990). A solubilidade das pectinas está associada ao número de cadeias simples de ácidos galacturônicos que estão ligados entre si resultando em maior ou menor peso molecular da pectina. Quanto maior o peso molecular da pectina menor a solubilidade, (Sgarbieri, 1966).

A degradação da fração péctica nos frutos ocorre principalmente pela ação de duas enzimas. Alguns autores sugerem que “in vivo” a pectinametilesterase (PME) inicialmente hidroliza o grupo metil da cadeia péctica, seguida pela atividade da poligalacturonase (PG), que então cliva as ligações glicosídicas entre as unidades desesterificadas dos ácidos galacturônicos. As pectinas estão relacionadas a injúria de “chilling” via ativação das enzimas responsáveis pela degradação da fração péctica, como a PME e PG, (Lyons, 1973). No trabalho realizado por Vukomanovic (1988) verificou-se maiores valores de pectina solúvel nos frutos mais sensíveis ao escurecimento interno, o que indica que nesses frutos houve maior hidrólise de protopectina e conseqüentemente maior degradação da parede celular, bem como maior ativação das enzimas pécticas, quando comparados aos frutos mais resistentes

### 2.3.3 Polifenoloxidase e peroxidase

O escurecimento interno dos frutos se dá principalmente pela oxidação enzimática dos fenóis. Esse processo envolve duas enzimas: as polifenoloxidases e as peroxidases (Braverman, 1967; Teisson, 1979; Nickerson & Rosinvali, 1980). Com a injúria do tecido pelo frio há o rompimento da membrana celular liberando as enzimas que entram em contato com o substrato (fenóis), havendo assim uma oxidação descontrolada dos mesmos com a utilização do oxigênio molecular. As polifenoloxidases, também, conhecidas como fenolase, tirosinase e catecolase, pertencem ao grupo das oxidases e contém cobre no grupo prostético, (Mayes, 1969). Estas enzimas catalizam dois tipos de reações: hidroxilação de monofenóis para o-difenóis e a remoção dos hidrogênios de o-difenóis para o-quinonas, (Scott, 1975; Wheatley, 1982; Paull & Rohrbach, 1985).

A oxidação dos fenóis pode resultar também da atividade das peroxidases, (Wheatley, 1982; Awad, 1993). A presença da atividade da peroxidase é comum em muitos frutos, a oxidação dos fenóis pela peroxidase se dá em presença de peróxido de hidrogênio, (Dilley, 1979; Wheatley, 1982). Segundo Van Lelyveld & DeBruyn (1977), Teisson (1979) e Paull & Rohrbach (1985) as anomalias causadas pelo frio parecem serem precedidas por uma solubilização das peroxidases, porém esses autores não encontraram diferença significativa entre a atividade da peroxidase de frutos sadios e afetados. Já Abreu (1991) concluiu que o aumento no escurecimento interno estava relacionado tanto com o aumento na atividade da peroxidase quanto da polifenoloxidase

Conforme Teisson, (1979) a atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase é praticamente nula no momento da colheita e durante a conservação a baixas temperaturas, porém

Abreu (1991) e Botrel (1991) encontraram atividades dessas enzimas no momento da colheita e durante a maturação em temperatura normal.

Em trabalhos realizados por Vukomanovic (1988) e Abreu (1991) observaram haver aumentos significativos na atividade da polifenoloxidase nos frutos afetados pelo escurecimento interno quando comparado aos frutos sadios. Vários estudos envolvendo atividade da polifenoloxidase têm sido realizados em frutos e hortaliças. A partir destes e de outros conhecimentos básicos, os pesquisadores tem procurado desenvolver métodos para prevenir o escurecimento enzimático envolvendo a inativação da polifenoloxidase e conseqüentemente evitando o escurecimento indesejável nos produtos.

#### **2.3.4 Ácido ascórbico, e vitamina C total**

A vitamina C é muito encontrada no reino vegetal e recebe o nome de ácido ascórbico, sendo o ácido L-ascórbico a sua forma principal, e biologicamente ativo. Ao se oxidar, o ácido ascórbico transforma-se em ácido dehidroascórbico, que é também ativo (Braverman, 1967; Wills, Wimalasiri e Greenfield, 1984). Esta oxidação se dá pela ação da ácido ascórbico oxidase.

O abacaxi não é um fruto particularmente rico em ácido ascórbico, entretando seus níveis são bastante variáveis e têm sido associados à intensidade dos sintomas de escurecimento interno causados pelo "chilling", (Miller, 1951; Miller & Heilmam, 1952; Miller & Marsteller, 1953; Van Lelyveld & Bruyn, 1977; Paull & Rohrbach, 1985). Os níveis de ácido ascórbico nos frutos de abacaxi variam de acordo com vários fatores entre eles: ambientais, níveis de fertilização, e tratamentos com emulsões de cêras, (Miller & Marsteller, 1953; Teisson & Combres, 1979; Paull & Rohrbach, 1982), cultivar, peso do fruto e estádios de maturação (Teisson, 1979).

O ácido ascórbico é o inibidor natural mais importante do escurecimento interno (Teisson, 1979; Awad, 1993). Seus níveis nos frutos podem intervir no distúrbio fisiológico de duas maneiras: a) Reduzindo as quinonas formadas pela ação das oxidases impedindo sua transformação em produtos coloridos e conseqüentemente retardando o escurecimento interno, (Scott, 1975; Van Lelyveld & De Bruyn, 1977; Teisson, 1979, Wheatley, 1982; Paull & Rohrbach, 1985); b) Agindo diretamente sobre a atividade enzimática, como inibidor (Teisson, 1979).

Em estudo de abacaxi Miller (1951) verificou que aqueles coletados no estágio ideal de maturação continham mais ácido ascórbico que os colhidos "de vez", porém Sgarbieri (1966) concluiu que o teor de vitamina C diminui com a maturação.

No abacaxi, o ácido ascórbico apresenta -se em maior concentração na parte superficial, logo abaixo da casca, (Sgarbieri, 1966). Foi observado por Miller & Hall (1953) maiores concentrações de ácido ascórbico e acidez titulável na porção apical do fruto decrescendo progressivamente até a base, e que, a uma mesma altura do fruto, os teores de ácido ascórbico decrescem da região próxima à casca para a do cilindro central. Este fato pode, em parte, explicar o início dos sintomas de "chilling" próximo ao cilindro central. Foi observado por Abreu (1991) que o aumento no escurecimento interno dos frutos de abacaxi estava relacionado, entre outros fatores com uma diminuição nos teores de ácido ascórbico. Botrel (1991) estudando abacaxis refrigerados de diferentes classes de peso concluiu que os frutos mais sensíveis ao escurecimento interno (frutos menores) apresentavam menores valores de ácido ascórbico que os frutos menos sensíveis (frutos maiores). Em outro estudo com frutos de abacaxi refrigerados Vukomanovic (1988) concluiu que o ácido ascórbico contribui para o decréscimo nos sintomas do distúrbio nos

frutos da cultivar Smooth cayenne , pois os frutos mais injuriados continham menores teores de ácido ascórbico que os menos injuriados.

Como ocorre em maçãs e bananas, o ácido ascórbico pode diminuir a oxidação dos compostos fenólicos e enquanto os níveis são mantidos no tecido, a injúria de “chilling” é reduzida, até a elevação dos níveis da polifenoloxidase quando então o escurecimento ocorre.

### 2.3.5 Acidez e pH

O pH dos tecidos vegetais desempenha um importante papel nos fenômenos de escurecimento (Braverman, 1967). Alguns autores, tais como Miller (1951), Teisson, Martin Prevel e Marchal (1979) e Salunkhe & Desai (1984) relacionaram a injúria causada por “chilling” ao decréscimo de pH. Armazenando abacaxis a 12°C por 39 dias, Silva (1980) observou decréscimos mais acentuados no pH, quando comparados aos frutos mantidos em temperatura ambiente. Porém Botrel (1991) encontrou nos frutos refrigerados, valores mais elevados de pH. O aumento no escurecimento interno também foi relacionado a acréscimos de pH em trabalho realizado por Abreu (1991).

A acidez do abacaxi é muito variável entre as cultivares, (Huet, 1958) e muito sensível à temperatura ambiente durante o cultivo. Sabe-se que baixas temperaturas geralmente favorecem alta acidez e altas temperaturas diminuem a acidez dos frutos (Sgarbieri, 1966).

Vários autores relacionam o escurecimento interno, com um decréscimo na acidez titulável total dos frutos afetados (Teisson, 1972; Paull & Rohrbach, 1982; Abreu , 1991; Botrel, 1991), porém Miller & Heiman (1952) não encontraram diferenças significativas na acidez de abacaxis com e sem escurecimento interno.

Ao relacionar os teores dos principais ácidos do abacaxi com o escurecimento interno, Van Lelyveld & De Bruyn (1976) observaram haver decréscimos significativos nos ácidos cítrico e málico nos frutos afetados pelo escurecimento interno.

Vukomanovik (1988) estudando o escurecimento interno em abacaxis refrigerados em vários estádios de maturação, verificou que o aumento no teor de acidez titulável contribuiu para o decréscimo nos sintomas de escurecimento interno observado nos frutos de estádios intermediários de maturação.

### **2.3.6 Açúcares totais, redutores, não redutores e sólidos solúveis totais.**

Os açúcares solúveis presentes nos frutos na forma livre ou combinada, são responsáveis pela doçura, pelo "flavor", através do balanço com os ácidos, pela cor atrativa, como derivados das antocianidinas e pela textura, quando combinados adequadamente com polissacarídeos estruturais. Os principais açúcares solúveis presentes nos frutos são a glicose, a frutose e a sacarose (Chitarra & Chitarra, 1990). Os açúcares do abacaxi representam uma fração muito importante da parte comestível da fruta: cerca de 9/10 da matéria seca do suco. Dos açúcares existentes, 66% são de sacarose e 34% de açúcares redutores, glicose e frutose (Bleinroth, 1987). O fruto de abacaxi colhido fresco contém de 12 a 15% de açúcares totais.

A susceptibilidade do abacaxi ao escurecimento interno têm sido associada à uma baixa quantidade de açúcares totais e individuais, (Paull & Rohrbach, 1985). Abacaxis refrigerados apresentaram teores mais elevados de açúcares totais e redutores (Abreu, 1991). Entretanto Paull & Rohrbach (1982) observaram um leve aumento dos sólidos solúveis totais relacionado a uma redução no escurecimento interno, mas no trabalho de Miller & Heilman (1952) não foi

observado diferença significativa entre os teores de sólidos solúveis de frutos sadios com os afetados pelo escurecimento interno.

#### **2.4 Atmosfera modificada no controle do escurecimento interno dos frutos.**

A injúria pelo frio tem sido um desafio constante aos fisiologistas, que buscam meios para estender a vida pós-colheita com manutenção da qualidade do produto. Evidentemente, a melhor forma de prevenção, é evitar a temperatura de ocorrência desta injúria. Entretanto como a refrigeração é o meio mais fácil de ser utilizado, justifica-se que as pesquisas sejam feitas, principalmente, quando o período de armazenamento é de curto e médio prazo. Existem vários meios utilizados para tentar minimizar as injúrias pelo frio, dentre eles temos o uso de embalagem de polietileno (Chitarra & Chitarra, 1990) que seria a conservação do abacaxi em atmosfera modificada. Mizuno, Terai e KozuKue (1982) utilizaram essa técnica para controlar o escurecimento interno em abacaxi, que foi conseguido, porém com modificações no metabolismo do fruto, alterando seu aroma e sabor.

No tipo mais comum de atmosfera modificada, colocam-se os frutos em embalagens de polietileno. No interior das embalagens, a respiração dos frutos reduz a concentração de  $O_2$  e aumenta a de  $CO_2$  até níveis que dependem sobretudo, do tipo da embalagem, variedade, peso, estágio de maturação e temperatura dos frutos e das características da película plástica (estrutura, densidade e espessura), fatores que determinam sua permeabilidade aos diferentes gases ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $C_2H_4$ ). A película ideal deve permitir a entrada de  $O_2$  em quantidades adequadas para impedir a respiração anaeróbica e permitir a saída de  $CO_2$  para evitar a toxicidade que este gás provoca. Segundo Chitarra & Chitarra (1990), o tipo ideal de embalagem é aquele que possibilita

concentração de  $O_2$  suficientemente baixa, para retardar a respiração, porém, mais alta que a concentração crítica para a respiração anaeróbica. Deve também impedir o acúmulo de  $CO_2$  em níveis que provocam distúrbios fisiológicos. Em alguns casos há necessidade de perfurar a embalagem para se obter as condições gasosas desejadas em seu interior, evitando-se assim, o aparecimento de sabores estranhos ou injúrias fisiológicas.

O uso da embalagem de polietileno para controlar o escurecimento interno tem sido testado em outros frutos. Antunes & Bilhalva (1982), verificaram que a atmosfera modificada pelo uso de sacos de polietileno de baixa densidade, além de manter a textura da polpa de pêssegos em valores elevados, reduziu a manifestação do escurecimento interno, em relação a atmosfera normal. Esta redução do escurecimento interno da polpa de pêssego, pela modificação da atmosfera através de embalagens plástica, também foi confirmada por Wang (1982).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Qualidade de Café Dr. Alcides Carvalho da EPAMIG e no Laboratório de Produtos Vegetais - EPAMIG/UFLA. Departamento de Ciência dos Alimentos.

#### **3.1 Origem, colheita e manuseio dos frutos**

Os frutos utilizados foram da cv. Smooth Cayenne provenientes do município de Monte Alegre de Minas, em Minas Gerais situado a 18°52' de latitude sul, e 48°52' de longitude, a uma altitude de 730 m. Apresenta uma precipitação média anual de 1300 mm, uma temperatura média do ar de 22,7°C. De acordo com a classificação de Koppen o clima da região classifica no tipo Aw. O solo onde foram coletados os frutos é do tipo Latossolo Vermelho, com textura média.

A colheita foi realizada em abril de 1994. Os frutos foram colhidos no estágio de maturação 2 descrito por Giacomelli, (1974), ou seja região basal do fruto amarela, sem atingir porém, mais que duas fileiras de olhos. Com tamanho uniforme e peso médio de 1,500Kg, Foram colhidos pela manhã, seus pedúnculos tratados com benomyl a 4000 ppm para protegê-los contra podridão negra e acondicionados à granel em caminhão. Foram transportados diretamente da

lavoura para o Laboratório Dr. Alcides Carvalho, da EPAMIG onde foram submetidos ao resfriamento com água a temperatura em torno de 25°C.

### 3.2 Formação dos Tratamentos

Para a composição dos tratamentos a serem avaliados foram selecionados 1200 frutos através da eliminação de frutos mal formados, injuriados etc. Esses frutos foram divididos aleatoriamente em três grupos de 400 frutos, sendo que cada grupo foi destinado a um dos seguintes tipos de embalagens de polietileno.

a) **Sem embalagem (SE)** - os 400 frutos não foram embalados.

b) **Embalados sem perfuração (ESP)** - os 400 frutos foram individualmente acondicionados em sacos de polietileno de 0,07 mm de espessura, com dimensões de 60 x 50 cm.

c) **Embalados com perfuração (ECP)** - os 400 frutos foram individualmente acondicionados em sacos de polietileno de 0,07 mm de espessura, com dimensões de 60 x 50 cm e com 70 perfurações de 3 mm de diâmetro.

A seguir, cada grupo de 400 frutos foi dividido aleatoriamente em dois grupos de 200 frutos, os quais foram destinados a um dos seguintes tipos de armazenamento.

a) **Armazenamento sem refrigeração (SR)** -

Os 200 frutos de cada tipo de embalagem foram armazenados em sala coberta por 8 dias sob condições ambientais com temperatura média de 25°C e 75% UR registradas por termohigrógrafo e cujos valores diários encontram-se no Quadro 1.

QUADRO 1. Valores de médias diárias de temperatura e umidade relativa da sala de armazenamento durante a maturação do abacaxi cv. Smooth cayenne

Dias de Maturação	Temperatura ° C	UR (%)
0	25,0	74
1	23,5	76
2	24,5	76
3	26,0	74
4	26,0	74
5	25,5	76
6	24,5	76
7	25,5	74
8	24,5	75
Média	25,0	75

Valores obtidos por termohigrógrafo

**b) Armazenamento com refrigeração (CR):**

Os outros 200 frutos de cada tipo de embalagem foram armazenados em câmara fria a 8°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) e 90 % UR, por um período de 20 dias. Após esse período os 200 frutos foram armazenados em sala coberta por 8 dias sob condições ambientais com temperatura média de 25°C e 75 % UR, registradas por termohigrógrafo e cujos valores diários encontram-se no Quadro

2.

QUADRO 2. Valores de médias diárias de temperatura e umidade relativa da sala de armazenamento durante a maturação do abacaxi cv. Smooth cayenne após refrigeração.

Dias de Maturação	Temperatura ° C	UR (%)
0	26,5	74
1	25,0	75
2	25,0	75
3	24,0	76
4	26,0	75
5	23,5	76
6	24,5	75
7	25,5	74
8	25,0	75
Média	25,0	75

Valores obtidos por termohigrógrafo.

Em seguida, os 200 frutos foram divididos aleatoriamente em 5 grupos de 40 frutos, os quais foram destinados para avaliações aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de maturação sob condições ambientais, isto é, após o período de armazenamento em câmara fria (CR) e em sala coberta (SR).

Por sua vez, esses 40 frutos foram subdivididos aleatoriamente em 4 grupos de 10 frutos cada um, os quais constituíram as repetições (4) do experimento, ficando assim, cada parcela experimental (unidade experimental) constituída de 10 frutos, onde foram feitas todas as avaliações.

### **3.3 Avaliações realizadas nos frutos.**

**3.3.1 Escurecimento Interno (E.I.)** - percentagem de polpa afetada pelo E.I. e número de frutos afetados.

**3.3.1.1. Percentagem de E.I.-** Foi avaliado na polpa utilizando-se o método topográfico a seguir.

Os frutos foram descascados e cortados longitudinalmente, os contornos das manchas provenientes do E.I. da polpa de cada fruto foram copiadas em folhas transparentes com o auxílio de uma caneta apropriada. Estas folhas foram fotocopiadas e a percentagem da área afetada de cada fruto determinada do seguinte modo: as manchas e a área total de cada fruto foram recortadas e pesadas em balança analítica, e foi feito o cálculo da percentagem de polpa tomada pelo E.I.

**3.3.1.2. Número de frutos afetados** - Os frutos foram descascados e cortados longitudinalmente, contando-se o número de frutos afetados pelo E.I. de cada grupo.

### **3.3.2 Físico-químicas e químicas**

Os 10 frutos de cada grupo foram descascados, as polpas cortadas em pedaços e homogeneizadas, uma parte dessa amostra homogeneizada foi congelada imediatamente em nitrogênio líquido para análises das atividades enzimáticas. A outra parte foi liquidificada para realização das outras análises físico-químicas e químicas

**a) Acidez titulável total (%) - ATT**

Determinada por titulação com NaOH 0,1N, de acordo com técnica preconizada pela AOAC, (1990) e expressa em percentagem de ácido cítrico.

**b) pH**

Obtido por potenciometria em eletrodo de vidro, segundo técnica da AOAC, (1990).

**c) Sólidos solúveis totais (%) - SST**

Determinados por refratometria, conforme as normas da AOAC, (1990), utilizando-se o refratômetro do tipo ABBÉ

**d) Açúcares totais, redutores e não redutores. (%)**

Extraídos pelo método de Lane-Enyon citado pela AOAC (1990) e determinados pela técnica de Somogy, adaptada por (Nelson, 1944).

**e) Ácido ascórbico - (mg /100g)**

Determinado pelo método colorimétrico de Roe & Kuether, citado por Stroecker & Henning (1967).

**f) Compostos fenólicos (mg/100g)**

Foram extraídos e doseados segundo a técnica de Goldstein & Swain (1963) com algumas modificações. Foram feitas tres extrações sucessivas usando como meio extrator o metanol 80%.

**g) Substâncias pécnicas (mg/100g)**

A pectina total e solúvel foram extraídas segundo a técnica padronizada por McCready e McComb (1952) e o doseamento utilizando-se a técnica de Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico/100g.de peso fresco.

**h) Pectinametilesterase (PME) - U/min/g**

A extração e doseamento da PME, foram feitos pela técnica empregada por Ratner, Goren e Monselise (1969). A atividade foi calculada e expressa em U/g de peso fresco.

**i) Poligalacturonase (PG) - U/min/g**

Extraída segundo os métodos descritos por Pressey & Avants (1973) e Jen & Robinson (1984). A unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalizar a formação de 1 nanomol de açúcar redutor por minuto sob as condições de ensaio.

**j) Peroxidase (PER) - U/min/g**

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 grama de tecido fresco por minuto.

**k) Polifenoloxidase (PFO) - U/min/g**

Extração foi feita de acordo com método proposto por Matsuno & Uritani (1972) e a atividade expressa em unidade por grama de tecido fresco por minuto, segundo método proposto por Teisson (1979).

### **l) Fenilalanina amônio liase (FAL) - U/min/g**

Extração foi feita baseada na técnica preconizada por Rhodes e Woollorton (1971). A atividade enzimática foi expressa em U/h, definida como o conteúdo de enzima que produz um aumento na absorção à 290nm de 0,01 por hora, Zucker (1965).

### **3.4. Instalação e análise dos dados**

O experimento foi instalado utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo os tratamentos dispostos num esquema fatorial (2 X 3 X 5), onde estudou-se o tipo de armazenamento (sem e com refrigeração), o tipo de embalagem (sem embalagem, embalagem sem perfuração, embalagem com perfuração), e dias de maturação (0, 2, 4, 6, 8 dias). A parcela experimental foi composta por dez frutos e foram utilizadas quatro repetições.

#### **Análise estatística**

Os valores observados de cada variável foram submetidos a análise de variância de acordo com Gomes (1987). As comparações múltiplas entre as médias dos tratamentos foram realizadas utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para a descrição das variáveis em função de dias de maturação foram feitas análises de regressão considerando dias de maturação como a variável independente (x) e como variável dependente, as variáveis cuja fonte de variação dias de maturação foi significativa pelo teste F. Os modelos de regressão polinomiais foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e, também, pelo coeficiente de determinação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Percentagem de E.I. e número de frutos afetados.

Os abacaxis analisados no dia da colheita e durante a maturação à temperatura ambiente, sem serem submetidos à refrigeração, não apresentaram sintomas de E.I. Tabela 1A (Apêndice) confirmando resultados que mostram que o E.I. ocorre somente quando o fruto é submetido a condições de baixas temperaturas (temperatura de chilling), (Akamine, 1976; Vukomanovic, 1988; Botrel, 1991; Abreu, 1991).

Nos frutos previamente refrigerados as análises de variância Tabela 1A (Apêndice) mostraram ter havido interações altamente significativas entre os dias de maturação e os tipos de embalagem, e para a interação dias de maturação e tipos de embalagens mostrando a existência de um comportamento diferenciado da maturação quando submetido a tipos diferentes de embalagens.

Nos abacaxis sem embalagem e nos embalados em polietileno perfurado os sintomas de E.I. iniciaram-se à partir do 2º dia (Figura 1). Há uma certa divergência quanto ao tempo de aparecimento da anomalia. Akamine et alii (1975) e Abreu (1991) verificaram que o E.I. usualmente aparece 4 dias após o fruto ter sido retirado do ambiente refrigerado. Já Teisson (1972) observou que após refrigeração a 8°C e 90% U.R., 90% dos frutos apresentaram sintomas pouco intensos de E.I. no 3º dia de armazenamento à temperatura ambiente. No presente

trabalho, 15% e 5% dos frutos sem embalagem e embalados com polietileno perfurado respectivamente, apresentaram E.I. com pouca intensidade no 2º dia de armazenamento à temperatura ambiente. Segundo Van Lelyveld & De Bruyn (1977) o atraso no aparecimento do sintoma se deve a uma lenta acumulação de fenóis, ou baixa atividade da enzima PFO após a retirada dos frutos da condição de refrigeração

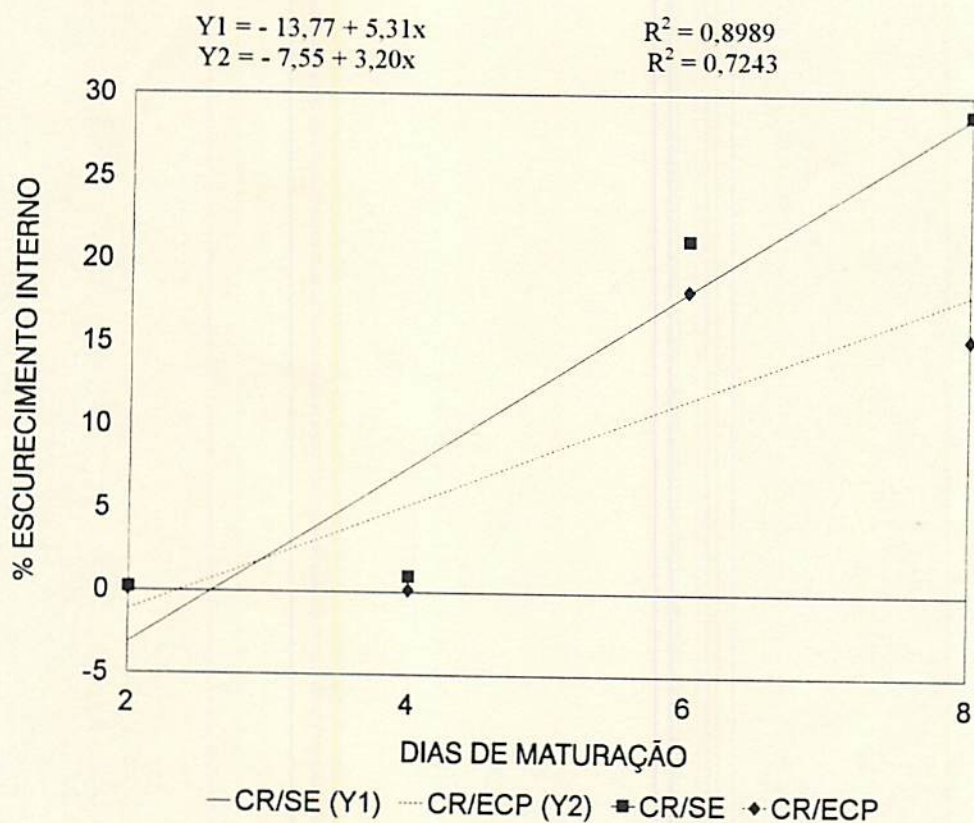


FIGURA 1. Curvas e equações de regressão representativas da porcentagem de escurecimento interno (EI) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne após refrigeração sem embalagem (SE) e embalado em polietileno com perfuração (ECP).

A porcentagem de E.I. aumentou linearmente até o 8º dia de maturação como mostra Figura 1. Apresentando uma tendência média de acréscimo por dia na porcentagem de E.I. de 5,3% para CR/SE e 3,2% para CR/ECP. Esses resultados concordam com os de vários autores, entre eles Teisson e Combres (1979) e Abreu (1991), que após armazenarem abacaxis à 8°C por

10 dias e 5°C por 15 dias respectivamente, observaram haver durante a fase de comercialização a 20°C, acréscimos na intensidade de E.I.

Ao se avaliar o número de frutos afetados pelo E.I. observa-se um comportamento semelhante ao da percentagem de área afetada ou seja crescimentos contínuos até o 8º dia de maturação para os frutos sem embalagem e nos embalados com polietileno perfurado (Figura 2) ou seja, apresentando uma tendência de acréscimo médio por dia de 1,2 frutos afetados para CR/SE e de 1,3 frutos afetados para CR/ECP.

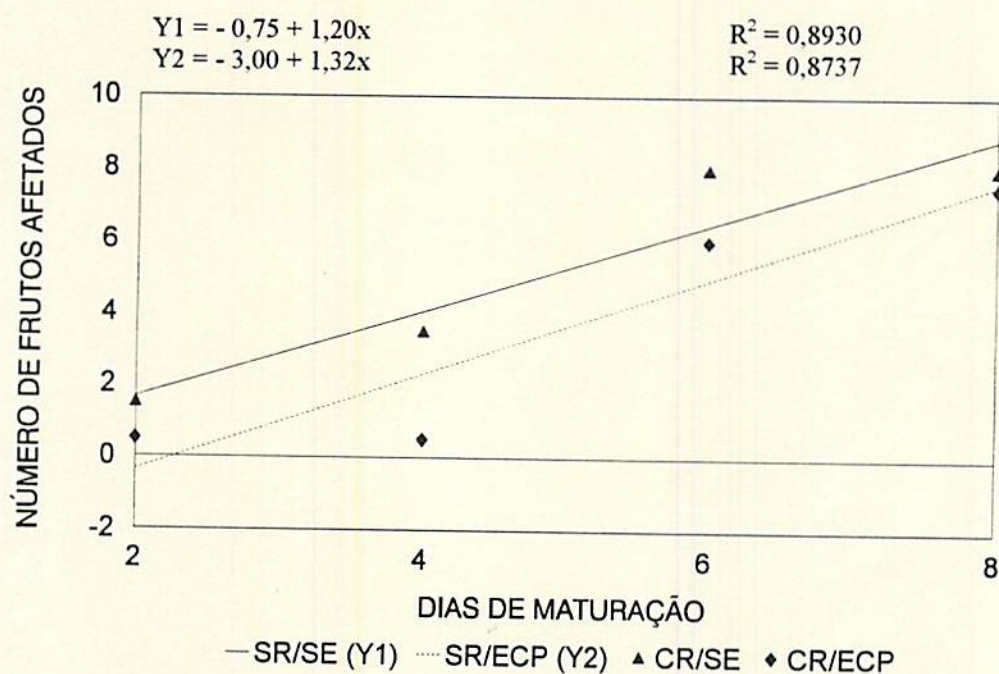


FIGURA 2. Curvas e equações de regressão representativas do número de frutos afetados pelo escurecimento interno (E.I.) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne após refrigeração (CR), sem embalagem (SE) e embalado em polietileno com perfuração (ECP).

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios da percentagem de E.I. para os abacaxis embalados em polietileno sem perfuração. Observa-se que os frutos apresentaram sintomas de

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios da percentagem de E.I. para os abacaxis embalados em polietileno sem perfuração. Observa-se que os frutos apresentaram sintomas de E.I. só à partir do 6º dia e com pouca intensidade 6,84 % em média, enquanto o não embalado no mesmo dia apresentou uma intensidade de 21,24 %. No 8º dia tanto a intensidade de E.I. (Tabela 1) quanto o número de frutos afetados (Tabela 2) foram menores que no 6º dia.

TABELA 1. Percentagem média de escurecimento interno durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne após armazenamento sob refrigeração nos diferentes tipos de embalagem, sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

Embalagem	Dias de Maturação			
	2	4	6	8
ESP	0,00	0,00	6,84	3,50

TABELA 2. Valores médios de número de frutos afetados pelo escurecimento interno, durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne após armazenamento sob refrigeração, nos diferentes tipos de embalagem, sem embalagem (SE), embalados em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

Embalagem	Dias de maturação			
	2	4	6	8
ESP	0	0	3,25	2,50

A conservação do abacaxi em atmosfera modificada para controlar o E.I. foi demonstrada por Mizuno, Terai e Kozukue (1982) usando polietileno de 80 $\mu$  de espessura, porém a técnica foi inconveniente para o fruto, causando modificações no seu metabolismo, e conseqüentemente, alterando seu aroma e sabor. Segundo Chitarra & Chitarra (1990) a embalagem tem que ter uma espessura adequada para que possam haver trocas gasosas do interior com o ambiente e assim evitar alterações indesejáveis no metabolismo do fruto.

Antes do início do presente trabalho foi feita uma seleção prévia da embalagem e a espessura selecionada não provocou alterações no aroma e sabor dos frutos. Segundo Teisson (1979), o escurecimento potencial dos frutos contém um excesso de substratos oxidáveis e requer um pH ótimo para a enzima polifenoloxidase (PFO), porém há necessidade de disponibilidade de O<sub>2</sub>. No presente trabalho observou-se que a embalagem reduziu significativamente o E.I., o que pode ser atribuído a redução de disponibilidade de O<sub>2</sub> impedindo a oxidação, conseqüentemente o E.I dos frutos.

Ao se comparar no final da maturação os dois tipos de embalagens (ESP e ECP) com os frutos sem embalagem (SE), observou-se que a utilização do polietileno sem perfuração reduziu em 87,86 % e 68,75 % respectivamente, a percentagem de escurecimento interno e número de frutos afetados, enquanto que a embalagem com perfuração proporcionou reduções de 46,74 % na percentagem de escurecimento interno e 6,25 % no número de frutos afetados. Este segundo tipo de embalagem apesar de efetivo foi muito inferior ao primeiro. Pelos resultados obtidos cabe ressaltar a eficiência do uso de polietileno, principalmente quando não perfurado, como medida prática de controle de E.I.

#### 4.2 Acidez titulável total (% de ácido cítrico)

Os resultados de acidez titulável total encontram-se na Figura.3 e Tabela.3. Observou-se comportamentos diferentes entre os abacaxis refrigerados e os não refrigerados. Nos abacaxis sem refrigeração houve um aumento constante nos teores de acidez, durante os 8 dias de maturação, para os frutos sem embalagem e nos embalados em polietileno perfurados. Silva (1980), Abreu (1991) e Botrel (1991), estudando a cultivar Smooth Cayenne, observaram que em condições naturais, a acidez titulável aumenta com a maturação. Porém nos frutos embalados em polietileno sem perfuração e sem refrigeração prévia a acidez titulável não aumentou regularmente (Tabela 3) alcançando no 8º dia uma acidez mais baixa, 0,84% que os dos outros tratamentos (SE e ECP) em torno de 0,90% de ácido cítrico (Figura 3). A embalagem sem perfuração (SR/ESP) pode ter impedido um aumento regular na acidez titulável. Modificações na atmosfera no interior das embalagens deste tratamento, ou seja, baixas concentrações de O<sub>2</sub>, podem ter diminuído as alterações metabólicas que conduziram a acréscimos na acidez.

Para os abacaxis dos tratamentos refrigerados ocorreu o contrário, os frutos apresentaram uma maior acidez no 0 dia de maturação e a seguir os valores decresceram durante todo o período de maturação. Cabe ressaltar, que no período de 20 dias em que os frutos permaneceram sob refrigeração seus teores de acidez devem ter aumentado pois como nos mostra a Tabela 4, a acidez foi maior nos abacaxis refrigerados em todos os tipos de embalagem quando comparados aos sem refrigeração no zero dia.

Abreu (1991) estudando E.I. em abacaxi cv. Smooth cayenne encontrou valores acidez titulável no dia da colheita e aos zero dia após refrigeração de 0,83 e 0,90, respectivamente, e foram estatisticamente diferentes, o presente trabalho apresentou

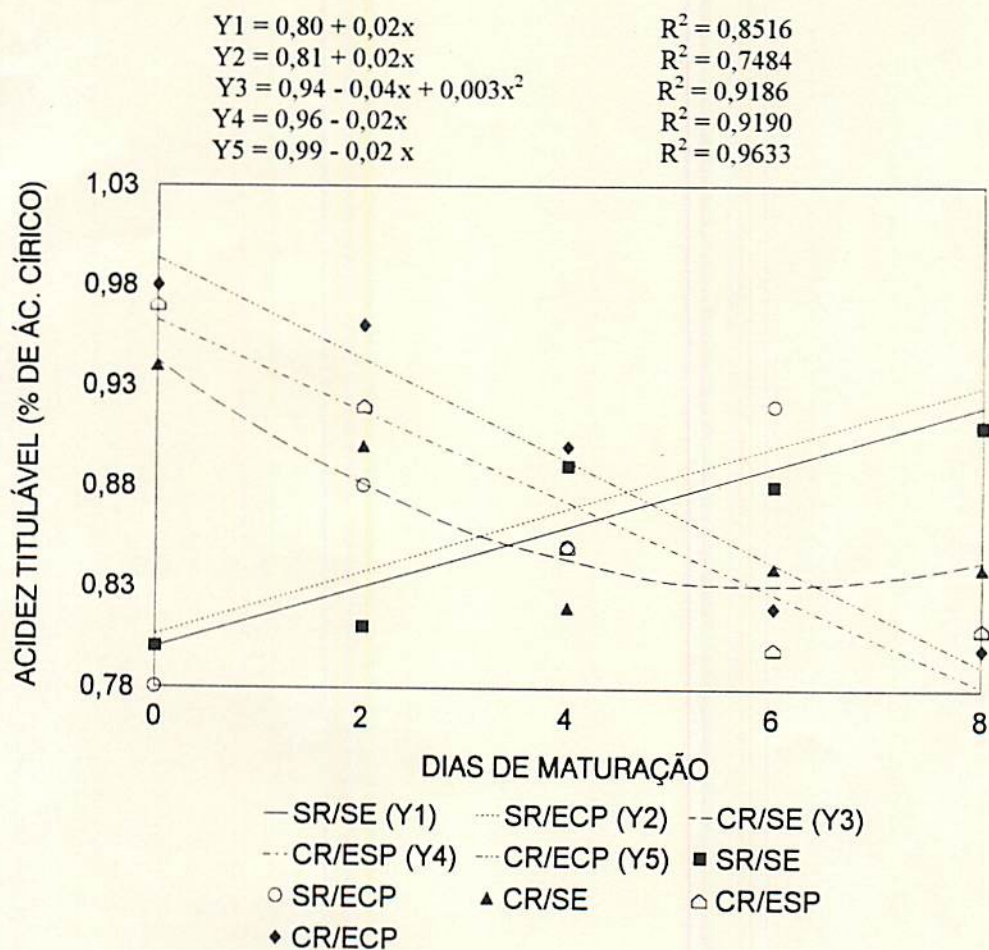


FIGURA 3. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de acidez titulável durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

TABELA 3. Valores médios de acidez titulável (% de ácido cítrico) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), embalado em polietileno sem perfuração (ESP).

Tratamento	Dias de maturação				
	0	2	4	6	8
SR/ESP	0,78	0,84	0,78	0,88	0,84

valores de 0,78 a 0,80 no dia da colheita e 0,94 a 0,99 no zero dia após refrigeração, também foram estatisticamente diferentes, conforme nos mostra Tabela 4. Ambos os trabalhos indicam que a refrigeração causou aumentos na acidez.

Nos abacaxis refrigerados sem embalagem houve uma queda da acidez até próximo do 6º dia, a partir daí houve uma tendência de ligeiro aumento (Figura 3.) o que pode ser verificado através do ponto mínimo da função. Sendo que nos outros dois tratamentos abacaxis embalados em polietileno sem perfuração (CR/ESP) e com perfuração (CR/ECP) os decréscimos na acidez foram constantes, respectivamente de 0,0226 e 0,0252% de ácido cítrico por dia, em média. Van Lelyveld & De Bruyn (1976) constataram que, embora a acidez titulável não desempenhe um papel importante no desenvolvimento do E.I., é significativo o decréscimo observado nos ácidos cítrico e málico com o aparecimento dos sintomas de E.I.. Também Botrel (1991), observou que os frutos submetidos à refrigeração e avaliados após o aparecimento dos sintomas de E.I., apresentaram um menor percentual de acidez titulável, quando comparada àquela encontrada nos frutos sem refrigeração. No presente trabalho, também, houve decréscimos contínuos na acidez dos abacaxis refrigerados e embalados, apesar dos mesmos não serem os que mais apresentaram E.I.. O fator embalagem pode ter influenciado em outros fatores que interferem na incidência da anomalia impedindo o seu aumento. Já Miller (1951) e Miller & Heilman (1952) não encontraram diferença significativa entre os frutos afetados e os sadios, em relação à acidez titulável total.

A diminuição acentuada da acidez durante a maturação dos frutos que foram refrigerados pode ter sido decorrência de um processo respiratório mais acelerado ou de sua conversão em açúcares, uma vez que os ácidos constituem uma excelente reserva energética do fruto, através de sua oxidação no ciclo de Krebs.

TABELA 4. Valores médios de acidez titulável (% ác.citríco), pH, sólidos solúveis (%), sólidos solúveis/ acidez, açúcares totais (% glicose), açúcares redutores (% glicose) e açúcares não redutores (% sacarose) do abacaxi cv. Smooth Cayenne em função do armazenamento (sem refrigeração, com refrigeração), e do tipo de embalagem (sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração) ao zero (0) dia de maturação.

Variáveis	Embalagem			Armazenamento
	SE	ESP	ECP	
Acidez titulável	0,80b	0,79b	0,78b	SR
	0,94a	0,97a	0,99a	CR
pH	3,37a	3,35a	3,37a	SR
	3,19b	3,17b	3,16b	CR
Sólidos solúveis	11,40a	11,65a	11,55a	SR
	10,40b	11,42a	11,85a	CR
Sól.sol./acidez	14,22a	14,85a	14,82a	SR
	11,10b	11,76b	12,05b	CR
Açúcares totais	7,15a	7,06a	7,17a	SR
	7,02a	6,88a	7,43a	CR
Açúcares red.	3,26a	3,26a	3,73a	SR
	3,45a	2,58b	3,05b	CR
Açúcares não redutores	3,89a	3,80b	3,44b	SR
	3,57a	4,30a	4,38a	CR

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade.

### 4.3 pH

A análise de variância mostrou haver diferenças significativas no comportamento do pH entre os dias de análises, tipos de armazenamento embalagens e interações conforme Tabela 2A (Apêndice), mostrando um comportamento diferenciado dos tratamentos.

Em abacaxis os valores de pH oscilam no intervalo de 3,0 a 4,0 (Chadra et alii, 1972; Hardenburg & Handerson, 1981), e os resultados do presente trabalho variaram de 3,16 a 3,41 (Figura 4) enquadrando na faixa citada por esses autores.

Como era esperado, as modificações no pH foram inversas as ocorridas na acidez titulável total. Nos abacaxis sem refrigeração houve uma diminuição de pH para os frutos SE e ECP, durante a maturação (Figura 4, Tabela 5), porém, as mudanças nos frutos embalados sem perfuração (SR/ESP) não apresentaram tendências definidas, havendo aumentos seguidos de diminuições.

Tem sido demonstrado que o período de maturação do abacaxi é caracterizado por um declínio de pH da polpa, (Salunkhe & Desai, 1984; Abreu, 1991; Botrel, 1991) o que concorda com os resultados discutidos acima..

No presente trabalho, o comportamento do pH da polpa nos frutos sem refrigeração sem embalagem e nos embalados em polietileno com e sem perfuração, demonstraram que a embalagem não provocou mudanças no comportamento do pH (Figura 4) uma vez que o comportamento do pH foi similar em todos os tratamentos

Observa-se na (Figura 4) que os abacaxis submetidos a refrigeração, apresentaram um menor pH logo após serem retirados da câmara (0 dia), quando comparados aos frutos no dia da colheita, esse fato ocorreu para todos os tipos de embalagem conforme mostram resultados

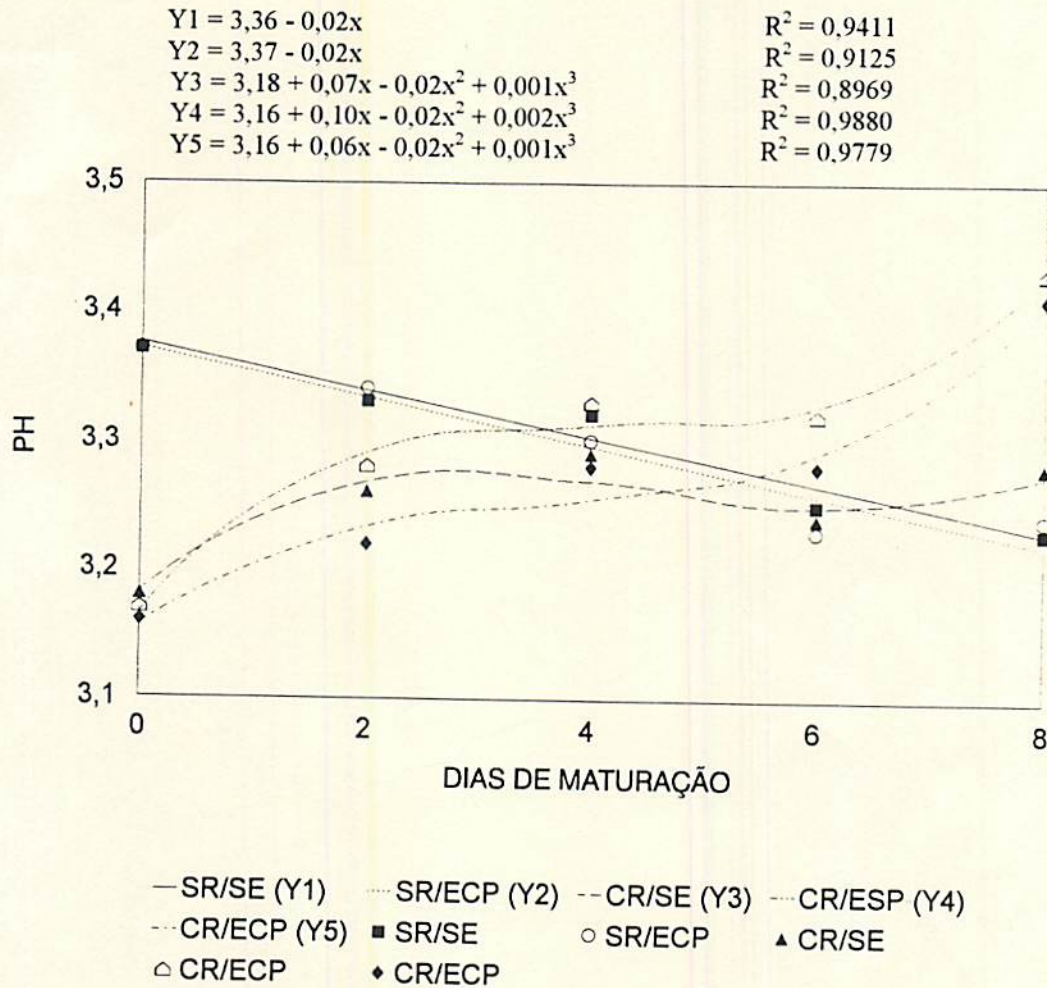


FIGURA 4. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de pH durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

TABELA 5. Valores médios de pH durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, embalados em polietileno sem perfuração.

Tratamento	Dias de maturação				
	0	2	4	6	8
SR/ESP	3,35	3,34	3,36	3,29	3,33

da Tabela 4, que estão de acordo com aqueles de Miller (1951) onde foi encontrado uma acentuada diminuição de pH em abacaxis armazenados a 5°C por 48 horas, sendo este decréscimo superior aos dos frutos armazenados em temperatura ambiente.

Os abacaxis refrigerados embalados apresentaram o mesmo comportamento durante a maturação, ou seja, acréscimos nos valores de pH até o 8º dia, porém nos frutos sem embalagem houve decréscimos de pH no 4º e 6º dia (Figura 4) coincidindo com aumentos acentuados no sintoma de E.I. (Figura 1). A injúria causada pelo "chilling" em abacaxis é considerada a maior desordem fisiológica e está relacionada com decréscimos de pH além de outros fatores (Salunkhe & Desai 1984). Podemos observar que nos frutos com menor incidência da anomalia (frutos embalados sem perfuração) os valores de pH aumentaram de forma mais acentuada durante a maturação em temperatura ambiente, que os frutos sem embalagem (CR/SE) onde houve maior incidência do distúrbio, indicando que a embalagem acentuou a velocidade de alterações no pH.

#### 4.4 Sólidos solúveis totais (SST)

Houve interação significativa entre os três fatores (armazenamento, embalagem e dias de amadurecimento) para a variável SST Tabela 2A (Apêndice) mostrando a existência de comportamentos diferentes de um dos fatores quando submetido a combinações dos outros dois.

Os abacaxis dos tratamentos com refrigeração embalados em polietileno sem e com perfuração e sem refrigeração embalados em polietileno sem perfuração tiveram comportamentos semelhantes em quase todos os tratamentos (Tabela 6), apresentando alternadamente diminuições e aumentos nos 8 dias de maturação. Silva (1980) e Abreu (1991) encontraram variações semelhantes para abacaxis armazenados a temperatura ambiente e 12°C, e temperatura ambiente e 5°C respectivamente. Podemos observar (Tabela 6) que os frutos sem refrigeração apresentaram

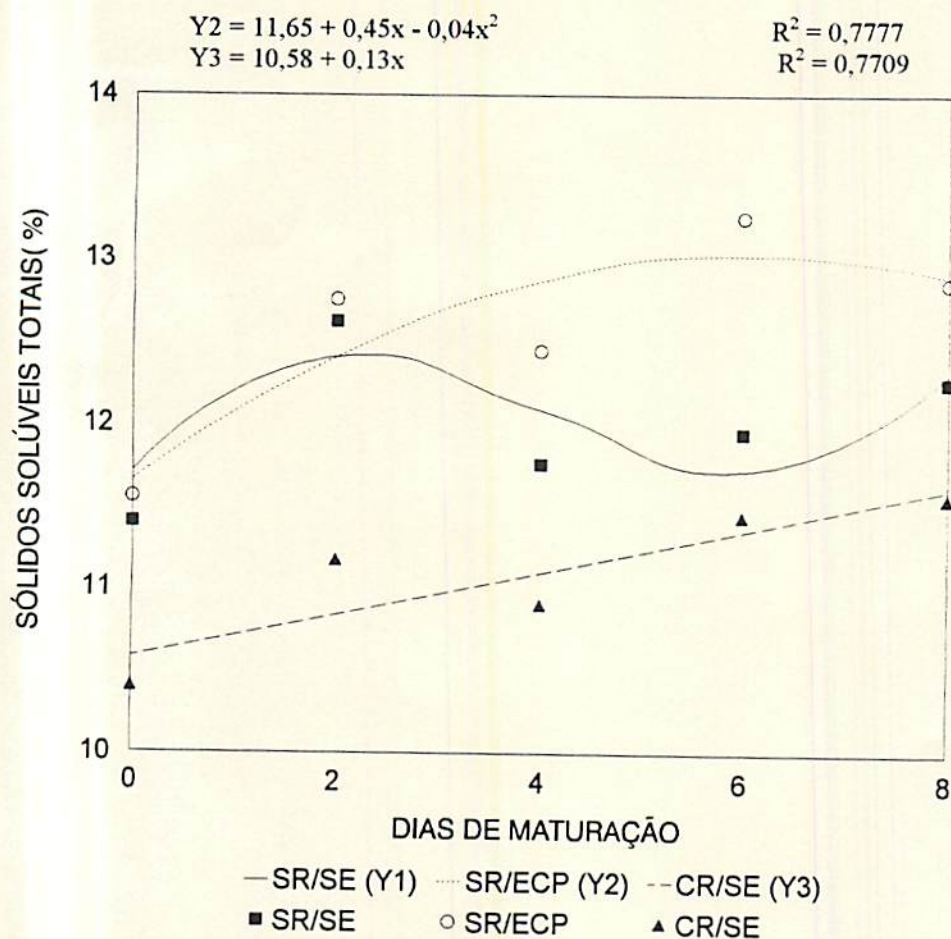


FIGURA 5. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de sólidos solúveis totais durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração.

TABELA 6. Valores médios de sólidos solúveis totais (%) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Tratamentos	Dias de Maturação				
	0	2	4	6	8
SR/ESP	11,65	12,70	11,50	12,69	12,50
CR/ESP	11,42	11,78	11,38	12,50	11,80
CR/ECP	11,85	12,30	11,50	12,12	11,54

tendências de maiores valores de SST que os frutos refrigerados. Botrel (1991) também encontrou maiores valores de SST nos abacaxis sem refrigeração quando comparados aos refrigerados. Porém estes resultados divergem daqueles obtidos por Miller (1951), Miller e Heilman (1952), onde não foi detectado diferença significativa nos teores de SST entre os abacaxis sadios e afetados pela injúria.

Observa-se pela Figura 5 que os abacaxis refrigerados sem embalagem (CR/SE) apresentaram um aumento constante de SST até o 8º dia de maturação, esses frutos são os que apresentaram o maior % de E.I..

Pode ser observado na Tabela 6 e Figura 5 que em todos os tratamentos (Tabela 6 e Figura 5) à exceção dos sem embalagem (com e sem refrigeração), houve uma tendência de diminuição dos SST no final da maturação. Esta diminuição é justificada pelo fato dos frutos estarem em estágio mais avançado da maturação, ou seja, no início da senescência, fase que corresponde a decréscimos neste constituinte e particularmente nos açúcares, devido a reações catabólicas anaeróbicas que conduzem a fermentação. A embalagem pode ter provocado o início da senescência um pouco antes quando comparado aos frutos sem embalagem (Tabela 6 e Figura 5). Singleton & Gortner (1965) observaram que, após o amarelecimento dos frutos, cessa o acúmulo de SST e relacionaram esta mudança à senescência.

#### **4.5 Relação sólidos solúveis totais/acidez**

Não houve interação significativa entre os tres fatores estudados Tabela 2A (Apêndice). Entretanto como nos mostra a Figura 6, houve comportamentos diferentes entre os frutos sem refrigeração e os refrigerados. Os frutos sem refrigeração tiveram uma relação sólidos solúveis totais/acidez bem mais elevada que os frutos refrigerados no zero dia (Tabela 4 e Figura 6).

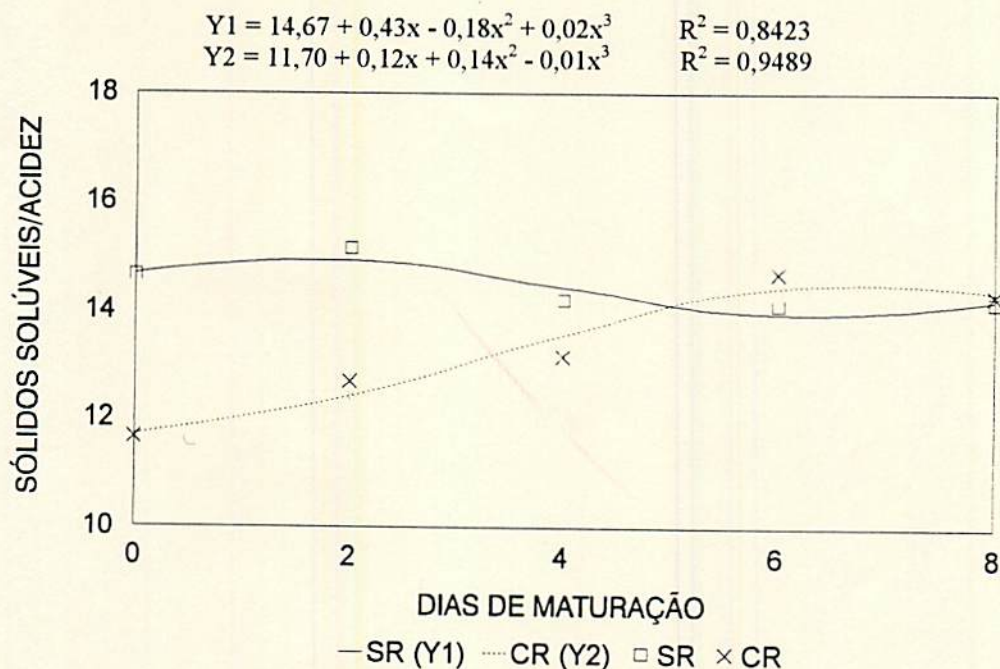


FIGURA 6 . Curvas e equações de regressão representativas dos valores da relação sólidos solúveis totais/acididez durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração (CR).

TABELA 7. Valores médios da relação sólidos solúveis totais/acididez após 8 dias de maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Embalagem	SE	ESP	ECP
	13,41 B	14,21 A	13,95 A
Armazenamento	SR	CR	
	14,43 A	13,28 B	

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade

Observando a Figura 5 nota-se que os sólidos solúveis dos abacaxis sem refrigeração estavam mais elevados que os dos frutos refrigerados, no zero dia. Já com a acidez ocorreu o contrário, ela encontrava-se mais baixa nos frutos sem refrigeração, daí a relação ser maior ao zero dia nos frutos não refrigerados. Esses resultados discordam dos resultados de Abreu (1991) e Botrel (1991) que encontraram maior relação nos abacaxis refrigerados.

No presente trabalho os abacaxis refrigerados apresentaram acréscimos da relação até o 6º dia de maturação e nos abacaxis sem refrigeração houve acréscimo até o 2º dia e a partir daí ocorreram decréscimos até o 6º dia (Figura 6). Silva (1980) encontrou decréscimos dessa relação tanto no armazenamento ambiente como a temperatura de 12º C. Já Singleton & Gortner (1965) afirmaram que nos dias seguidos do amarelecimento do fruto, os sólidos solúveis param de acumular, o pH da casca tende a se elevar e começa a crescer, e que estas mudanças estão associadas com o início da senescência.

Os abacaxis embalados apresentaram maior relação sólidos solúveis totais/acidez que os abacaxis sem embalagem (Tabela 7). Esta inferioridade dos frutos sem embalagem talvez seja devido ao menor teor de sólidos solúveis apresentados nos frutos deste tratamento (Figura 5).

As médias da relação sólidos solúveis totais/acidez foram para os frutos (SR) 14,43 e 13,28 para os frutos (CR) (Tabela 7), valores próximos daqueles verificados por Abreu (1991).

Pela Tabela 7 podemos observar que os abacaxis refrigerados (frutos com E.I.) apresentaram no final da maturação menores valores da relação SST/Acidez quando comparados aos sem refrigeração.

#### 4.6 Açúcares totais, redutores e não redutores.

Todos os fatores estudados bem como suas interações foram significativos Tabela 2A (Apêndice).

Analisando os açúcares totais (Figura 7) pode-se observar que nos frutos sem refrigeração, todos os tratamentos (SE,ESP,ECP) tiveram praticamente o mesmo comportamento, aumentando até o 2º dia de maturação decrescendo a partir daí até o final do período. Esses resultados discordam de Miller & Hall (1953), Montenegro (1964), Teotia & Bhan (1966), Mookerji (1969) e Chadha (1977) que encontraram aumentos contínuos nos teores de sólidos solúveis durante a maturação dos frutos de abacaxi e conseqüentemente dos açúcares totais. Entretanto esses autores analisaram a maturação dos frutos na planta o que difere do presente trabalho, onde os frutos foram maturados após a colheita. A diminuição mais acentuada nos teores destes constituintes ocorrida à partir do 4º dia em todos os tratamentos sem refrigeração pode ter sido causada pela utilização dos açúcares em outras vias metabólicas pois com a retirada dos frutos da planta mãe, há um aumento da respiração dos mesmos, e os açúcares podem ter sido usados como fonte de energia no metabolismo dos frutos. Esse mesmo comportamento foi encontrado por Abreu (1991) em frutos não refrigerados durante a maturação pós-colheita.

O decréscimo nos açúcares totais após a maturação também ocorreu no experimento de Botrel (1991), que no dia da colheita encontrou valores mais elevados de açúcares totais, quando comparados aos frutos após sete dias de maturação em temperatura ambiente.

Nos frutos de todos os tratamentos submetidos a refrigeração (Figura 7) houve decréscimos dos açúcares totais até o 2º dia de maturação em seguida ocorreram aumentos até o 6º dia, voltando a decrescer até o final da maturação. Porém, os decréscimos foram menos

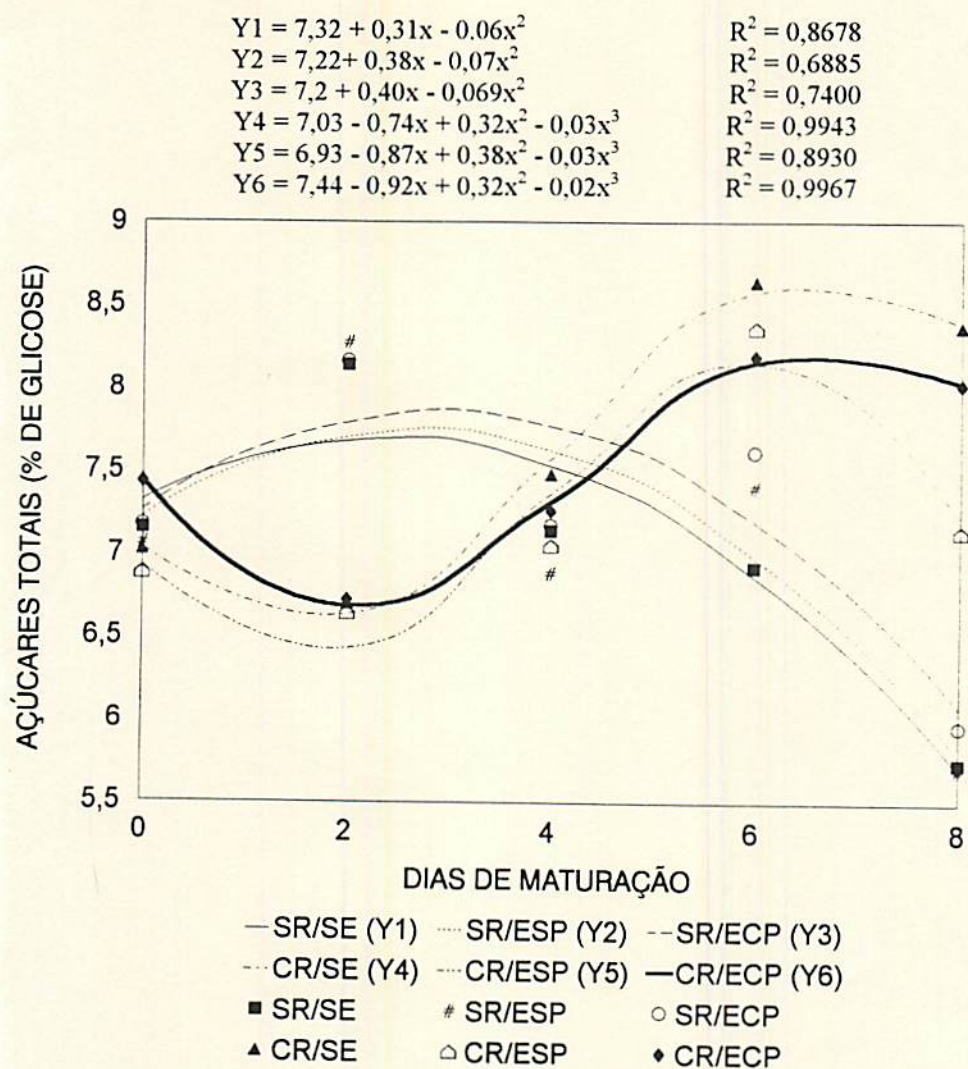


FIGURA 7. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de açúcares totais durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

intensos que aqueles verificados nos frutos sem refrigeração apresentando no final do período maiores valores de açúcares totais (Figura 7). Isto pode indicar que baixa temperatura diminui a intensidade metabólica dos açúcares, uma vez que ela provoca diminuição da respiração dos frutos e conseqüentemente do metabolismo dos mesmos. Ao se fazer um

paralelo com o E.I., os dados são discordantes dos encontrados por Van Lelyveld & De Bruyn (1976) e Vukomanovic (1988), que observaram que o desenvolvimento dos sintomas de E.I. encontra-se associado a uma diminuição nos teores de açúcares totais, porém concordam com os dados de Abreu (1991) e Botrel (1991), que observaram maiores valores de açúcares totais nos frutos refrigerados (sujeitos ao E.I.), quando comparados aos frutos sem refrigeração.

Os açúcares redutores (Figura 8) tiveram o mesmo comportamento dos açúcares totais tanto nos frutos sem refrigeração quanto nos refrigerados.

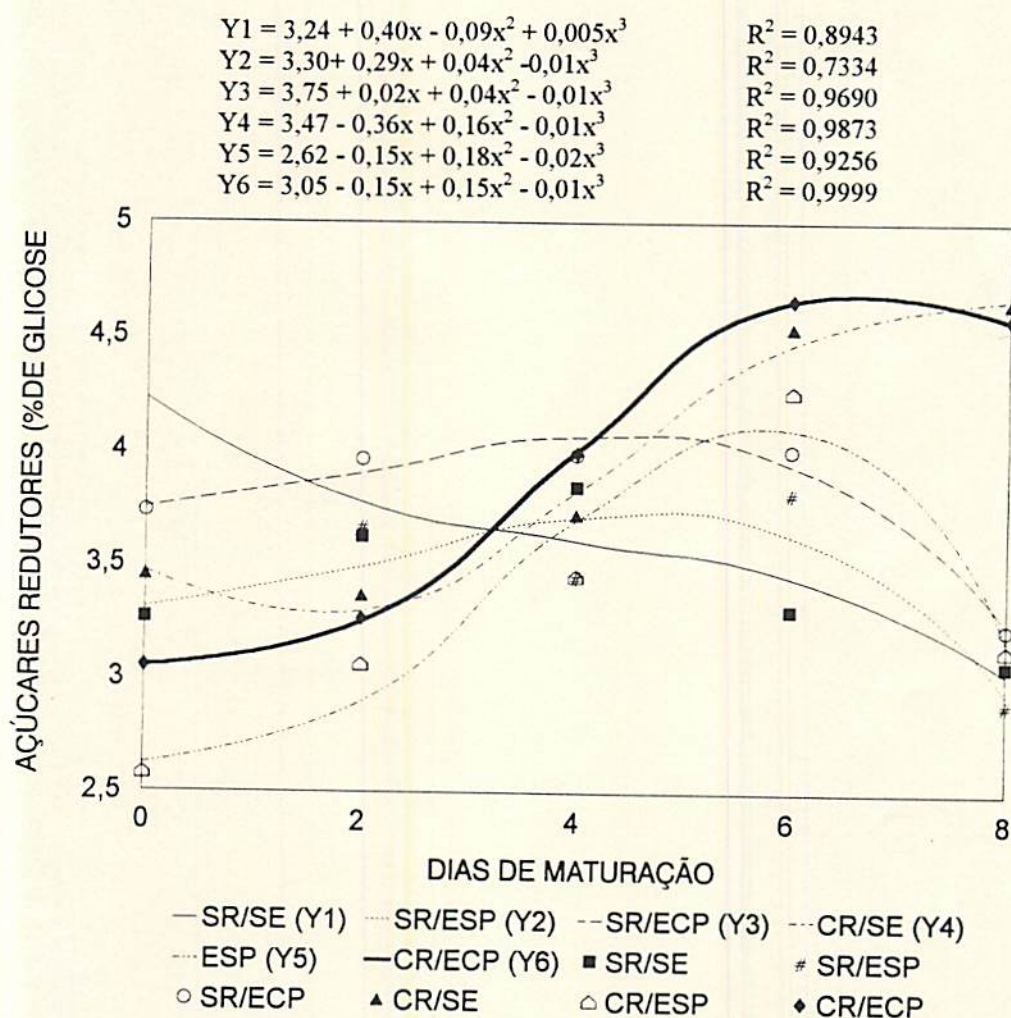


FIGURA 8. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de açúcares redutores durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

Porém observa-se nas Figuras 7 e 8 que frutos refrigerados embalados em polietileno sem perfuração (CR/ESP) apresentaram uma acentuada diminuição dos açúcares totais e redutores no final da maturação, quando comparados aos outros dois tratamentos (CR/SE e CR/ECP). Isto pode ter ocorrido devido a falta de  $O_2$  que acelerou a senescência com a utilização dos mesmos na respiração, desviando-o para outras vias metabólicas. Cabe ressaltar porém que mesmo nesse tratamento estes açúcares foram mais elevados que nos sem refrigeração (Figura 8).

Os frutos submetidos à refrigeração apresentaram-se no final da maturação com maiores teores de açúcares totais, redutores e não redutores (maior teor) que os frutos sem refrigeração (Figuras 7, 8 e 9). Abreu (1991) e Botrel (1991) também encontraram aumentos nos açúcares redutores nos frutos refrigerados quando comparados aos sem refrigeração.

Os açúcares não redutores dos frutos sem refrigeração (SR) tiveram o mesmo comportamento durante a maturação para os tres tipos de embalagem (Figura 9), apresentando acréscimos até o 2º dia de maturação, e decrescendo à partir daí até o final deste período. Este decréscimo pode ter ocorrido devido a hidrólise dos mesmos em redutores, já que os redutores subiram até o 4º dia de maturação (Figura 8). Os frutos refrigerados sem embalagem apresentaram uma diminuição mais acentuada desses açúcares no final do período quando comparados aos frutos embalados.

Rocha (1982) observou em abacaxis submetidos a refrigeração em temperaturas inferiores a  $7^\circ C$  uma inversão da sacarose em açúcares redutores. O mesmo não foi evidenciado no presente trabalho uma vez que ambos os açúcares permaneceram com teores altos no final da maturação. Cabe ressaltar que a temperatura de armazenamento aqui utilizada no ( $8^\circ C$ ) foi inferior a citada pelo autor acima ( $7^\circ C$ ).

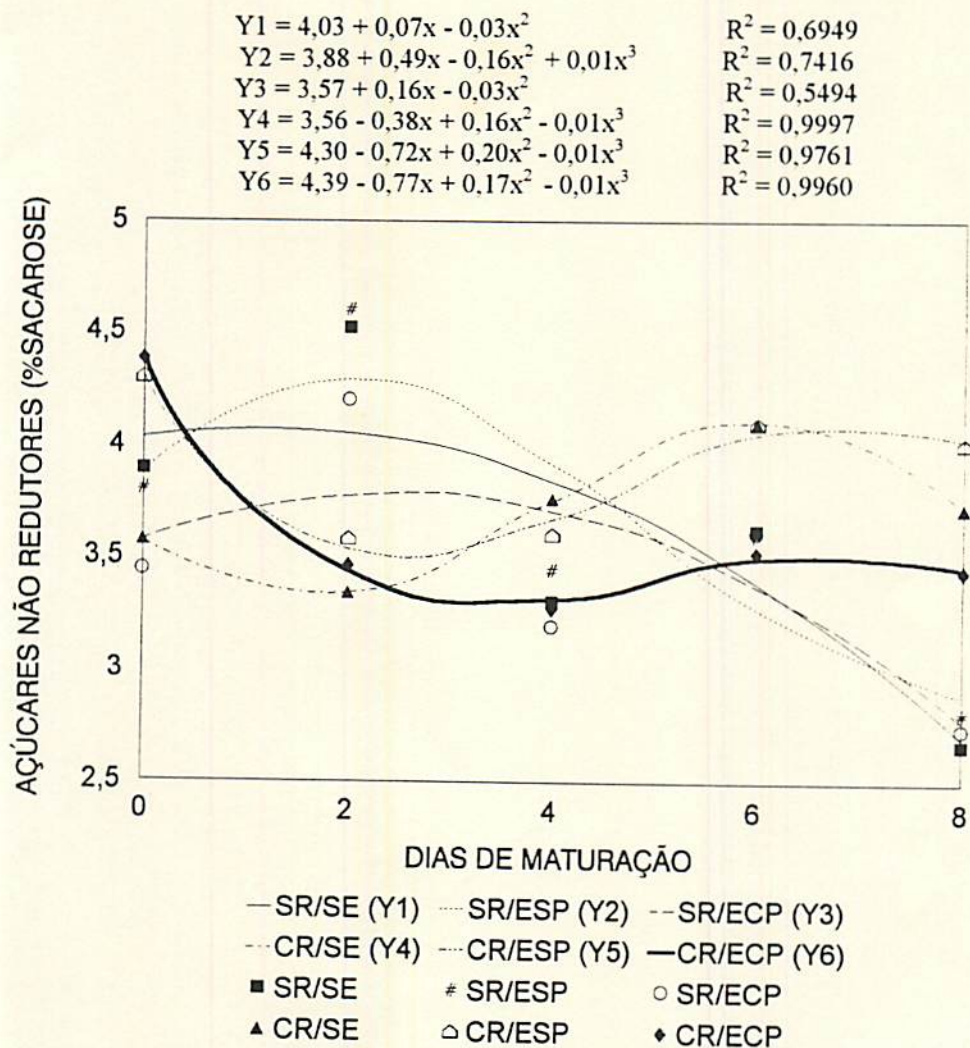


FIGURA 9. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de açúcares não redutores durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

De um modo geral, verificou-se que a embalagem sem perfuração nos frutos refrigerados causou maior perda de açúcares totais e redutores no final da maturação quando comparados aos outros dois tratamentos (CR/SE e CR/ECP) (Figuras 7 e 8), porém quando comparados aos frutos sem refrigeração, os frutos refrigerados apresentaram maiores teores de açúcares totais, redutores e não redutores.

#### 4.7 Fenólicos totais

Na Figura 10 e Tabela 8, são apresentados os resultados de fenólicos totais dos frutos nos diversos tratamentos estudados. Podemos observar que nos frutos dos tratamentos sem refrigeração houve aumentos a partir do 0 dia no tratamento sem embalagem (SR/SE) e após o 2º dia nos embalados (SR/ESP e SR/ECP), com decréscimos acentuados à partir do 4º dia para os primeiros (SE) e do 6º dia para os embalados, obtidos pelos pontos de máximos das equações mostradas na Figura 10.

\* Segundo Chitarra & Chitarra (1990), durante a maturação dos frutos, há um aumento gradual na condensação dos fenólicos solúveis, tornando-os insolúveis, por se ligarem fortemente a outros componentes celulares, e portanto não são detectadas. O decréscimo nos fenólicos totais à partir do 6º dia de maturação dos frutos foi também observado em trabalho de Abreu (1991).

Nos frutos refrigerados, os teores de fenólicos durante a maturação mostraram comportamentos diferentes para os frutos embalados e sem embalagem. Nos frutos sem embalagem houve aumento até o 8º dia coincidindo com o acréscimo na percentagem de E.I. (Figura 1). Os frutos embalados (Tabela 8) não apresentaram tendências definidas de variações nos teores de fenólicos totais com a maturação, havendo acréscimos e decréscimos nos teores destes constituintes neste período. O aumento nos teores de fenólicos nos frutos do tratamento (CR/SE), que apresentou maior incidência de E.I. pode ser atribuído a um mecanismo de defesa dos frutos pois segundo Wheatley (1982), há aumentos nos teores de fenólicos dos frutos devido a injúria.

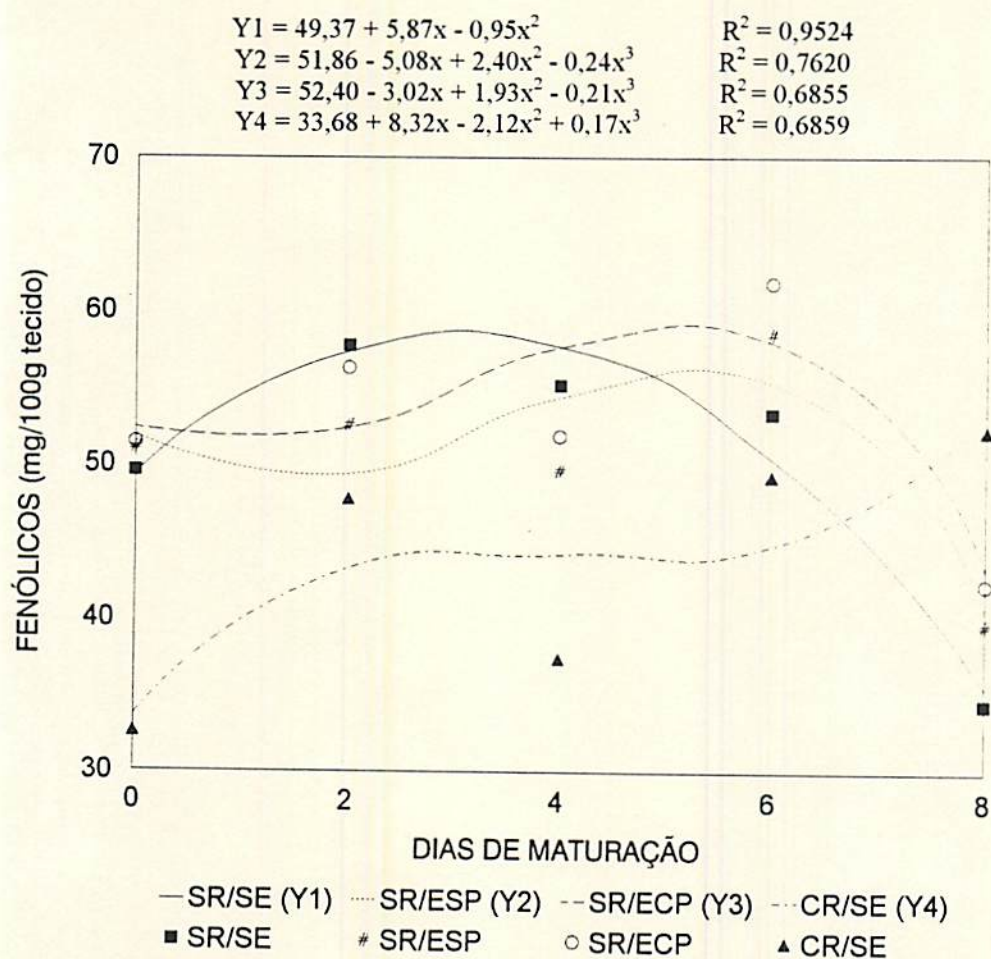


FIGURA 10. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de fenólicos durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

TABELA 8. Valores médios de fenólicos totais (mg/100g) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne com refrigeração, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Tratamentos	Dias de Maturação				
	0	2	4	6	8
CR/ESP	36,63	45,51	33,67	45,88	36,63
CR/ECP	45,88	58,83	38,48	53,28	45,91

Observa-se também que nos frutos refrigerados embalados em polietileno sem perfuração os teores de fenólicos totais foram menores (Tabela 8). Este resultado está de acordo com aqueles encontrados por Teisson, Martin-Prevel e Marchal (1979), que demonstraram haver aumentos nos teores de fenólicos totais nos frutos que apresentaram E.I., comparados aos sadios. Sendo que no presente trabalho os frutos embalados em polietileno sem perfuração foram os que apresentaram menor incidência de E.I. que os outros tratamentos.

#### 4.8 Atividade fenilalanina amonio liase (FAL)

Não houve interação significativa entre as tres causas de variações estudadas Tabela 3A (Apêndice) para os valores da atividade da FAL e para a interação embalagem x dias de maturação, mostrando que o comportamento da FAL na maturação foi o mesmo para os tres tipos de embalagens usadas. As demais fontes de variações foram significativos.

Observa-se na Figura 11 e Tabela 10 que a atividade da FAL aumentou acentuadamente durante a refrigeração, pois observou-se um valor quase duas vezes maior para os abacaxis refrigerados em relação aos sem refrigeração no 0 dia de maturação (Figura 11 e Tabela 9). Os dados da Tabela 10 demonstram que a atividade da FAL em média foi maior nos abacaxis refrigerados. A atividade da FAL aumenta em tecidos vegetais submetidos à baixas temperaturas (<12°C), e os exemplos incluem a maçã, batata, batata doce, e abacaxi (Graham & Paterson, 1972; Rhodes & Woollorton, 1977; Paull & Rohrbach, 1985). Em maçãs, as baixas temperaturas estimulam a acumulação da FAL, e reduzem o nível do seu sistema inativador (FAL-IS) (Tan, 1979). Segundo Graham & Paterson (1972) a FAL é rapidamente degradada em temperatura normal e o seu nível provavelmente aumenta em baixas temperaturas, devido a menor redução

TABELA 9. Valores médios de fenólicos (mg/100g), FAL (U/g/min), PER ( U/g/min), PFO (U/g/min) e ácido ascórbico (mg/100g), durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ao 0 (zero) dia de maturação.

Variável	Embalagem			Armazenamento
	SE	ESP	ECP	
Fenólico	49,58a	51,06a	51,43a	SR
	32,56b	36,63b	45,88b	CR
FAL	95,00b	90,00b	105,00b	SR
	210,00a	130,00a	160,00a	CR
PER	5,10a	4,92a	5,17a	SR
	4,16a	3,33b	4,58a	CR
PFO	6,58a	6,08a	6,58a	SR
	7,08a	4,67b	5,92a	CR
Ácido ascórbico	9,50b	9,89b	9,24b	SR
	13,15a	13,81a	14,83a	CR

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade.

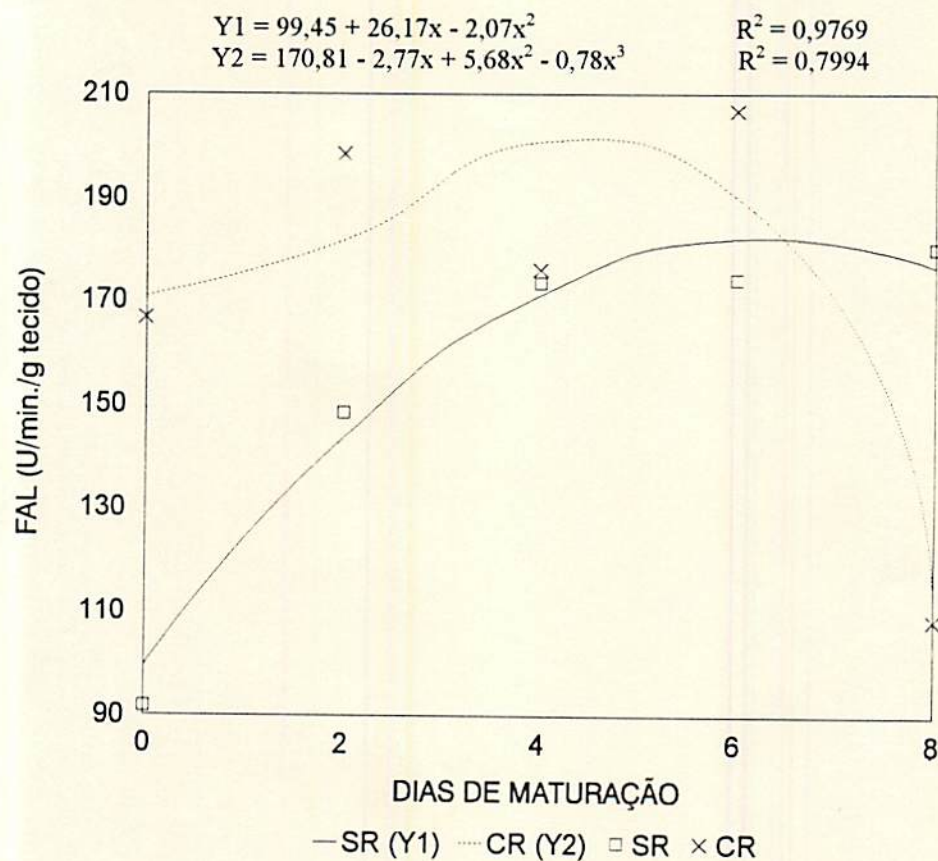


FIGURA 11. Curvas e equações de regressão representativas dos valores da atividade da fenilalanina amônio liase (FAL) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

TABELA 10. Valores médios da fenilalanina amônio liase (FAL) na maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Armazenamento	Embalagem			Média
	SE	ESP	ECP	
SR	157,00Ab	134,00Ba	172,50Aa	154,50b
CR	195,00Aa	145,50Ca	173,00Ba	171,17a
Média	176,00A	139,75B	172,75A	

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade.

na taxa de síntese que na de degradação. Os resultados obtidos no presente trabalho estão coerentes com os vários autores citados acima, pois mostraram que com o uso da refrigeração houve aumento da atividade da FAL.

Observa-se na Figura 11 que nos frutos refrigerados a atividade da FAL aumentou, atingindo o valor máximo em torno do 4º dia e a seguir decresceu. Nos não refrigerados os aumentos foram contínuos estabilizando após o 6º dia.

A atividade máxima da FAL (Figura 11) ocorreu no 4º dia, para os abacaxis refrigerados coincidindo com o início do acréscimo dos fenólicos (Figura 10) à partir do 4º dia. Segundo Zuker (1965) a FAL cataliza a primeira reação do ácido hidroxinâmico; seu produto, o ácido trans-cinâmico, é precursor de vários compostos fenólicos. Consequentemente, qualquer alteração na atividade desta enzima afetará o nível de muitos fenólicos no tecido vegetal.

As maiores atividades da FAL nos frutos dos tratamentos refrigerados e sem embalagem (Tabela 10) podem ter contribuído para teores crescentes de fenólicos nos frutos deste tratamento e também para o maior índice de escurecimento interno destes frutos.

Pela Tabela 10 observa-se, também, que os abacaxis embalados em polietileno sem perfuração foram os que apresentaram menor atividade da FAL em relação aos outros dois tipos de embalagem, tanto nos abacaxis refrigerados como naqueles sem refrigeração, sendo este mesmo tratamento o que apresentou menor índice de E. I., e também apresentou menores teores de fenólicos.

↳ Sem embalagem  
Embalados sem perfuração  
com perfuração

#### 4.9 Atividade peroxidásica (PER)

Os tratamentos usados no presente trabalho influenciaram no comportamento da enzima peroxidase (PER) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne Tabela 3A (Apêndice).

Pode ser observado na Figura 12 e Tabela 9 que no dia da colheita dos frutos (zero dia), a atividade da PER foi mais elevada (5U/min/g) nos frutos não refrigerados indicando a existência desta enzima em abacaxi independente da refrigeração.

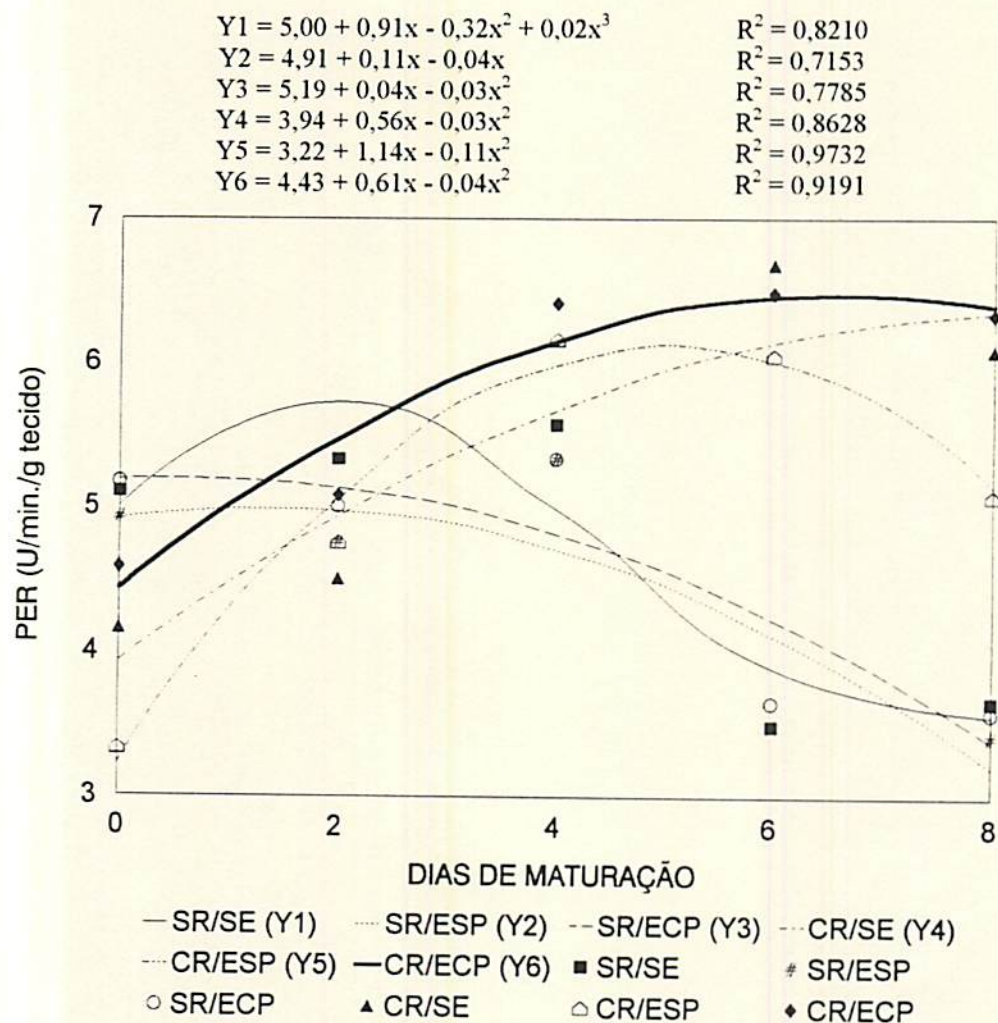


FIGURA 12. Curvas e equações de regressão representativas dos valores da atividade da peroxidase (PER) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

Durante a maturação dos frutos sem refrigeração (Figura 12), os frutos sem embalagem apresentaram aumentos e decréscimos nas atividades da PER, o que foi também observado por

Abreu (1991). Já os frutos embalados apresentaram valores de atividade decrescendo continuamente no mesmo período. A concentração de gases no interior da embalagem pode ter afetado o metabolismo normal do fruto diminuindo a atividade da enzima desde o início da maturação.

Quanto ao tipo de armazenamento, a Figura 12 nos mostra comportamentos opostos nos frutos refrigerados e sem refrigeração, ou seja, as atividades foram crescentes durante a maturação dos frutos refrigerados e decrescentes nos frutos não refrigerados.

Observa-se pela Figura 12 e Tabela 9 comparando no dia da colheita e no dia em que os frutos foram retirados da câmara fria que a atividade da PER foi menor nos frutos refrigerados aumentando até o final da maturação. A única exceção foi a dos abacaxis embalados em polietileno sem perfuração, onde a atividade da PER subiu até o 4º dia e depois decresceu, sendo esse fruto o que apresentou menor índice de E.I., inclusive com decréscimo do 6º para o 8º dia, coincidindo com decréscimo da atividade da enzima. Miller (1951), Teisson, Martin-Prevel e Marchal (1979), Nickerson & Rosinvali (1980), Wheatley (1982), Abreu (1991) e Botrel (1991), estudando abacaxis sadios e afetados pelo E.I. concluíram que a PER é uma enzima que intervém no processo de escurecimento dos tecidos vegetais, uma vez que os frutos refrigerados apresentaram maiores atividades dessa enzima e foram os que desenvolveram o sintoma do distúrbio de E.I.

Esses resultados entretanto discordam dos de Van Lelyveld & De Bruyn (1977) e Teisson (1979) que encontraram atividade peroxidásica nos abacaxis refrigerados, sem contudo haver conexão com o distúrbio fisiológico em estudo.

O aumento encontrado nas atividades da PER, durante a maturação dos abacaxis refrigerados, pode ser explicado também pela conclusão tirada por Wheatley (1982) e Amorin

(1985) que associam o aumento na atividade da PER com mecanismo de resistência à injúria, uma vez que esta enzima tem ação importante na síntese de lignina, e que a combinação entre aumentos da atividade da PER e acréscimos nos teores de fenólicos em tecidos de plantas, ajudam-as a resistirem e recuperarem de injúrias causadas por infecção ou estresse.

#### 4.10 Atividade polifenoloxidásica (PFO)

Todos os tratamentos do presente trabalho mostraram efeito significativa entre eles quanto ao comportamento da atividade polifenoloxidásica (PFO) (Tabela 3A Apêndice), ou seja a PFO foi influenciada pelos tratamentos. A Figura 13 apresenta as tendências de variações desse parâmetro para cada tratamento.

Pode ser verificado pelos dados da Tabela 9 e Figura 13, que nos frutos dos tratamentos sem refrigeração a enzima PFO já estava ativa no momento da colheita, apresentando um pequeno aumento de atividade até o 2º dia de maturação seguido de um decréscimo à partir daí até o final do período. Esses resultados concordam com os de Botrel (1991) que encontrou no dia da colheita uma atividade da PFO em torno de 6U/min./g e no presente trabalho foram encontradas atividades em torno de 6,5U/min/g, porém discordam dos resultados de Teisson (1979) que afirma ser a atividade polifenoloxidásica praticamente nula no momento da colheita e durante a conservação a baixas temperaturas.

Nos tratamentos com refrigeração (Figura 13) houve um aumento de quase duas vezes nos valores de atividade da PFO nos frutos sem embalagem e embalados em polietileno perfurado do início até o final da maturação. Já nos abacaxis embalados em polietileno sem perfuração, o acréscimo ocorreu até mais ou menos 6 dias, e a partir daí os valores apresentaram ligeiro declínio, porém com valores aos 8 dias cerca de 50% a mais do que do 0 dia. Estes aumentos

nos valores de atividade da PFO com a refrigeração estão de acordo com resultados de Paull & Rohrbach (1985), Van Lelyveld & De Bruyn (1977), Vukomanovic (1988) e Abreu (1991) que também encontraram acréscimos na atividade da PFO de 30; 3,5; 2,0; 3,1 vezes respectivamente, quando abacaxis refrigerados foram transferidos para condições ambientais.

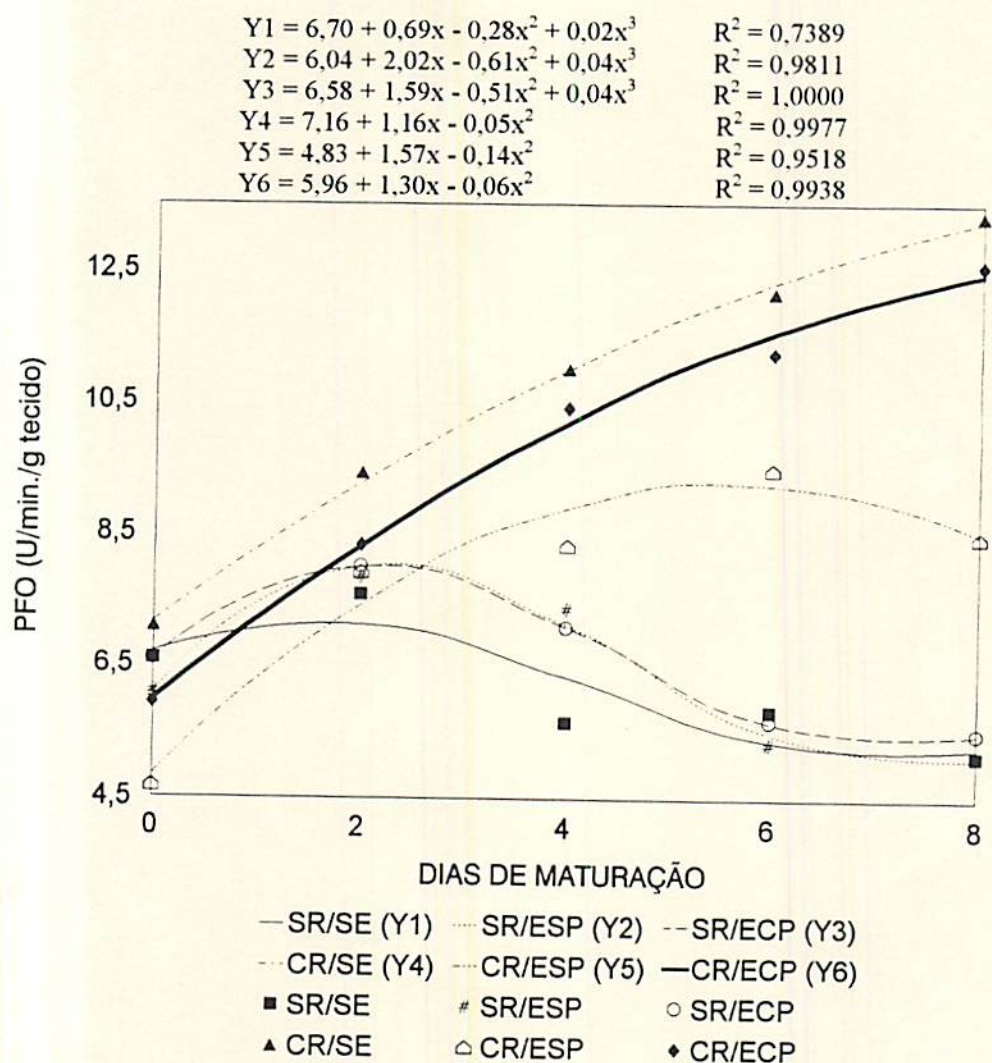


FIGURA 13. Curvas e equações de regressão representativas dos valores da atividade da polifenoloxidase (PFO) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

Os frutos sem embalagem foram os mais susceptíveis ao E.I. e apresentaram maiores atividades da PFO, esses resultados confirmam a teoria do mecanismo de "chilling", proposto por Lyons (1973) e Morris (1982) ressaltando que, quando os frutos são expostos a baixas temperaturas, há um aumento na atividade de enzimas, tais como PER e PFO.

Na Figura 13 observa-se que nos frutos refrigerados e embalados em polietileno sem perfuração (os que apresentaram-se mais resistentes ao E.I.) a atividade foi menor e começou a declinar próximo de 6 dias. Cabe ressaltar também que os decréscimos na atividade PFO coincidiram com diminuições nos E.I. do 6º para o 8º dia (Figuras 1 e 2). Sabendo-se que as polifenóis catalizam dois tipos de reações ambas envolvendo compostos fenólicos e  $O_2$  (Scott, 1975; Wheatley, 1982) e que segundo Teisson (1979) a atividade da PFO "in vivo" não depende apenas da concentração da enzima, podemos concluir que dois fenômenos podem ter ocorrido: no primeiro o polietileno pode ter impedido ou retardado a ruptura da membrana celular, não liberando maiores concentrações da PFO, no segundo, o polietileno diminuiu a concentração de  $O_2$  impedindo a oxidação descontrolada dos fenólicos, além de que os teores de fenólicos foram mais baixos nesse tratamento.

Comparando o aumento da atividade enzimática e o acréscimo no índice de E.I., podemos afirmar que há uma ligação direta entre a enzima e o E.I. Esses resultados confirmam a afirmação de Scott (1975) que embora várias enzimas possam estarem envolvidas no processo de escurecimento enzimático de muitos frutos e vegetais, a polifenoloxidase apresenta-se como a mais importante.

#### 4.11 Ácido ascórbico

Os gráficos que descrevem o comportamento do ácido ascórbico em função dos tratamentos encontram-se na Figura 14. Observa-se que nos abacaxis sem refrigeração a tendência do ácido ascórbico foi aumentar durante a maturação apresentando seu valor máximo no 6º dia exceto para os abacaxis embalados com perfuração que apresentaram maiores valores no 8º dia. Miller & Hall (1953), Sgarbieri (1966) e Paiva (1978) citam que a maturação e o desaparecimento da clorofila da casca acompanharam o decréscimo na quantidade de ácido ascórbico. Segundo Guerra (1979), o teor desse ácido varia consideravelmente, não permitindo correlacionar sua evolução aos estágios fisiológicos da maturação, comportamento semelhante foi observado por Gortner (1963).

O ácido ascórbico ao se oxidar, transforma-se em ácido dehidroascórbico, esta reação pode ou não ser reversível, (Braverman, 1967). Esta oxidação pode-se processar de quatro formas diferentes: através da ácido ascórbico oxidase, das o-quinonas produzidas pela polifenoloxidase, das o-quinonas produzidas pela peroxidase ou pelo sistema citocromo.

Os resultados encontrados no presente trabalho estão de acordo com os de Botrel (1991) e Abreu (1991) que também encontraram aumentos de ácido ascórbico durante a maturação. Observa-se que no dia da colheita os teores de ácido ascórbico encontravam-se próximos de 9 mg/100g de tecido, semelhante ao trabalho de Vukomanovic (1988) que encontrou logo após a colheita 8,98 mg de ácido ascórbico/100g de tecido.

A sensibilidade do fruto ao escurecimento interno está estritamente ligada à composição química do mesmo, em particular ao teor de ácido ascórbico. Em trabalhos realizados por Teisson (1979) e Paull & Rouhrbach (1985) foi evidenciado que os níveis deste ácido estão associados ao

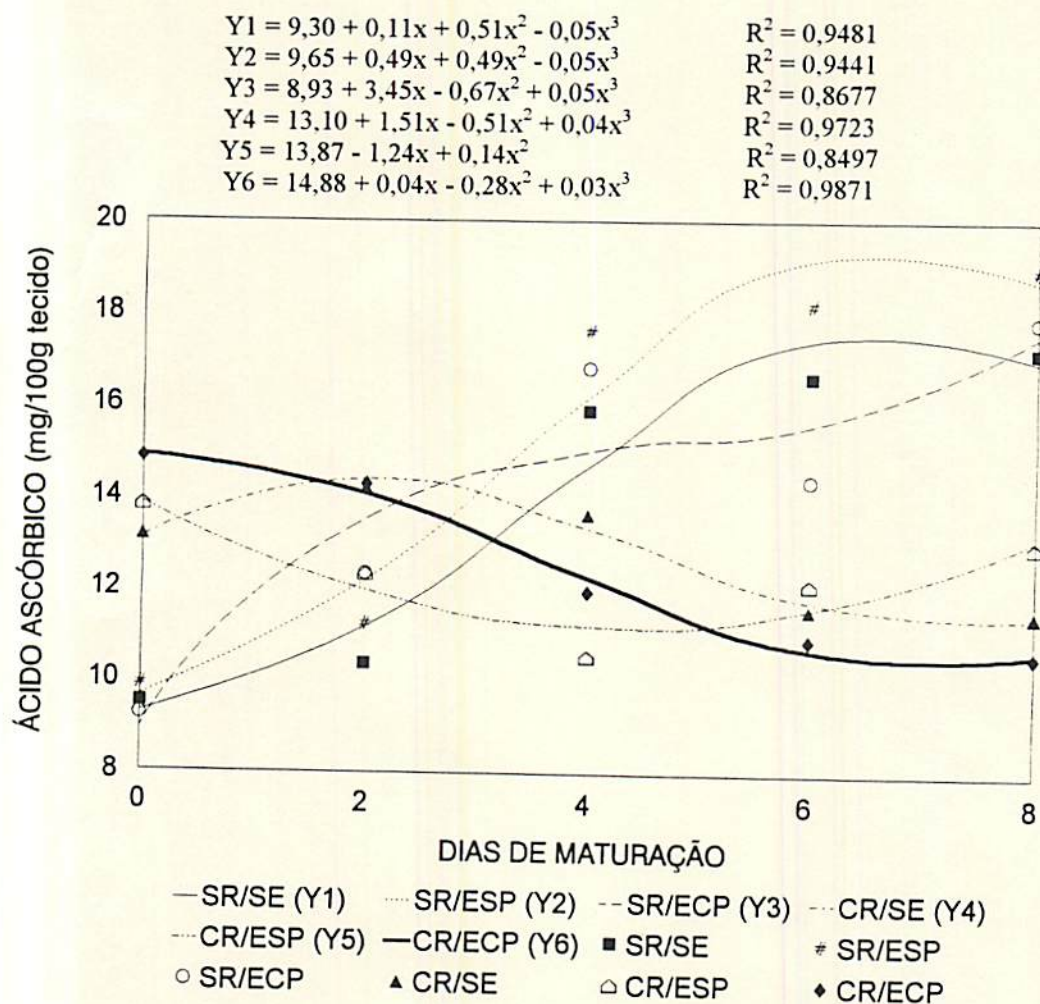


FIGURA 14. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de ácido ascórbico durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), s em embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

grau de expressão dos sintomas de E.I. Quando o ácido ascórbico se encontra em teores mais altos, o E.I. é controlado, pois ocorre uma diminuição da atividade enzimática e uma redução de quinonas pela menor oxidação de fenóis, (Scott, 1975). Pela Figura 14, observa-se que os frutos refrigerados apresentaram maiores teores de ácido ascórbico no início da maturação, quando comparados aos frutos sem refrigeração, porém os teores decresceram nos tratamentos sem

embalagem e embalados em polietileno perfurado a partir do 2º dia. Esta diminuição foi coincidente com acréscimos no E.I. (Figura 1). Observa-se que nos frutos refrigerados embalados em polietileno sem perfuração os teores de ácido ascórbico decresceram até o 4º dia e em seguida aumentaram até o final da maturação, apresentando comportamento diferente dos outros dois tratamentos e nota-se que esses mesmos frutos foram os que apresentaram menor índice do distúrbio fisiológico (Figura 1), inclusive diminuindo o número de frutos afetados (Figura 2) no 8º dia de maturação. Esses resultados indicam que o ácido ascórbico realmente é um inibidor natural do E.I. e pode ter contribuído para o decréscimo do E.I. do 6º para o 8º dia de maturação.

A Tabela 9 nos mostra que os frutos refrigerados apresentaram maiores valores de ácido ascórbico no zero dia quando comparado ao sem refrigeração. Teisson et alii (1979) também observaram que os teores de ácido ascórbico aumentaram com a refrigeração.

Sabe-se que a oxidação do ácido ascórbico acontece em presença de  $O_2$  molecular e que muitas vezes o processo é acelerado em presença de metais, especialmente o cobre, que faz parte da estrutura de várias enzimas, (Braverman, 1967; Nikerson & Rosinalli, 1980). A embalagem sem perfuração deve ter limitado o nível de  $O_2$  impedindo a oxidação do ácido ascórbico.

#### **4.12 Pectina total, protopectina, pectina solúvel, e % de pectina solúvel**

A pectina total teve comportamento diferente nos três tipos de embalagem para os abacaxis sem refrigeração, (Figura 15). Nos abacaxis embalados sem perfuração o decréscimo nos teores de pectina total foi linear até o final da maturação. Nos abacaxis sem embalagem e nos embalados em polietileno com perfuração houve uma oscilação nos valores de pectina total com aumentos e decréscimos, sendo que os frutos embalados em polietileno com perfuração apresentaram um ligeiro aumento de pectina total no final da maturação.

Segundo Paiva (1978) os valores de pectina total diminuem continuamente no decorrer da maturação do abacaxi, o que não ocorreu no presente trabalho para os abacaxis embalados em polietileno perfurado, onde à partir do 6º dia foi observado um aumento nos valores deste constituinte.

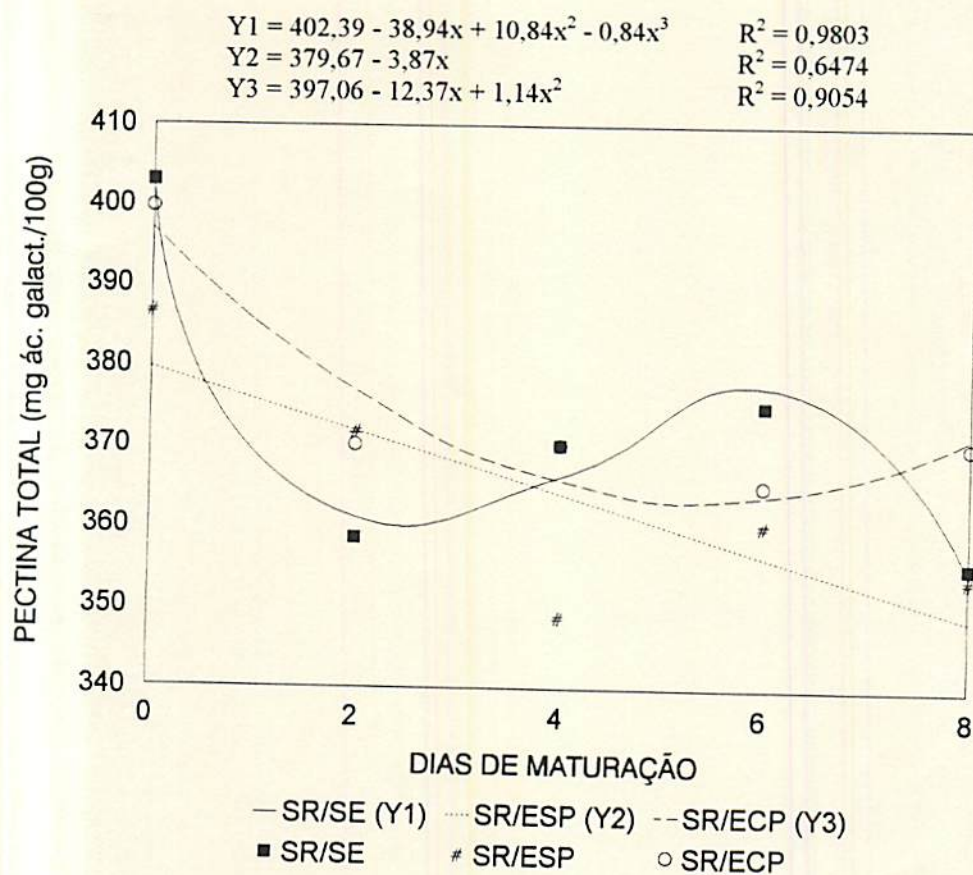


FIGURA 15. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de pectina total durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

Nos tratamentos com refrigeração, pode-se observar Tabela 11 que os abacaxis embalados em polietileno sem perfuração apresentaram tendências de maiores valores de pectina total

durante a maturação, quando comparados aos outros dois tipos de embalagem e foram os frutos mais resistentes ao E.I. Vukomanovic (1988) também encontrou maiores valores de pectina total nos frutos menos sensíveis. A embalagem associada com a refrigeração (Tabela 11) proporcionou menores perdas de pectina total. Cenci (1994), encontrou o mesmo comportamento da pectina total em uvas refrigeradas e embaladas em polietileno.

TABELA 11. Valores médios de pectina total (mg ác. galac./100g) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Tratamentos	Dias de maturação				
	0	2	4	6	8
CR/SE	399,74	414,14	409,60	407,96	406,32
CR/ESP	406,32	427,70	406,32	439,22	391,51
CR/ECP	392,76	404,67	394,80	435,92	386,58

A refrigeração não modificou o teor de pectina total exceto nos abacaxis embalados sem perfuração que apresentaram maiores valores no zero dia após refrigeração quando comparados aos não refrigerados, Tabela 12.

A Figura 16 e Tabela 13 mostram o comportamento da protopectina durante a maturação dos abacaxis sem refrigeração e com refrigeração. Não houve diferença significativa para o tipo de embalagem, interação embalagem x dias e a interação tripla Tabela 4A (Apêndice). Para os

TABELA 12. Valores médios de pectina total (mg ác. galact./100g), protopectina (mg ác. galac./100g), pectina solúvel (mg ác. galac./100g), % pectina solúvel/pectina total, PME (U/min/g) e PG (U/min/g) do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração e com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração ao 0 (zero) dia de maturação.

Variáveis	Embalagem			Armazenamento
	SE	ESP	ECP	
Pectina total	403,02a	386,58b	399,73 a	SR
	399,73a	406,32a	392,76a	CR
Protopectina	115,97a	107,74b	120,08a	SR
	111,85a	116,79a	121,33a	CR
Pectina solúvel	287,05a	278,83a	279,65a	SR
	287,88a	289,52a	271,42a	CR
% pectina	71,21a	72,12a	69,99a	SR
Solúvel/Total	72,20a	72,12a	69,09a	CR
PME	77,00a	77,25a	77,00b	SR
	67,38b	52,94b	86,62a	CR
PG	384,89a	367,99a	373,62a	SR
	362,36b	292,89b	321,05b	CR

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade.

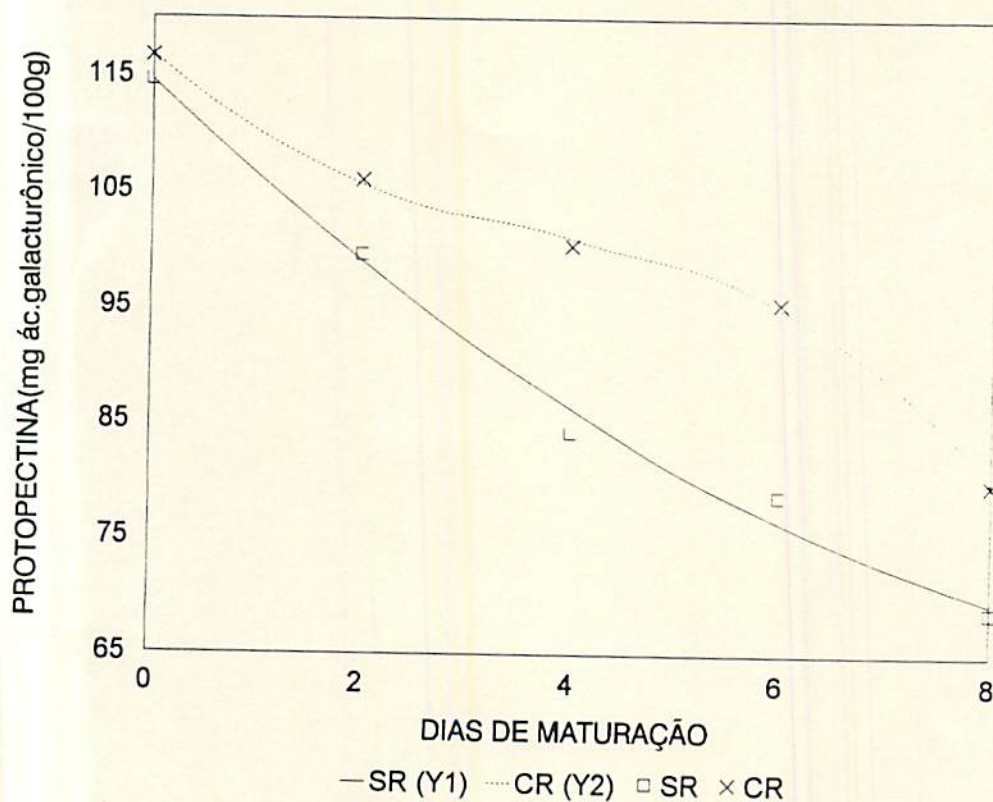


FIGURA 16. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de protopectina durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração (CR).

TABELA 13. Valores médios de protopectina (mg ác. galac./100g) a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Armazenamento	Embalagem			Médias
	SE	ESP	ECP	
SR	90,15Aa	87,19Ab	90,15Ab	89,16b
CR	94,84Ba	102,32Aa	101,74Aa	99,63a

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade.

abacaxis sem refrigeração os teores de protopectina foram estatisticamente iguais para os três tipos de embalagens durante a maturação (Tabela 13), porém quando se compara os teores de protopectina de abacaxis sem refrigeração e refrigerados, nota-se que os frutos refrigerados apresentaram maiores teores de protopectina que os não refrigerados. Durante a maturação a protopectina diminuiu até o 8º dia, nos dois tipos de armazenamento (Figura 16), fato já constatado por Paiva (1978). Trabalhando com abacaxis refrigerados Vukomanovic (1988) também concluiu que a exposição à baixas temperaturas tende a tornar os frutos mais firmes. Isto pode ser explicado pois as protopectinas são as pectinas ligadas à celulose nas paredes celulares na forma de um complexo insolúvel em água e podem ser convertidas em formas mais simples (solúveis) pela ação de duas enzimas: pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG). A atuação dessas enzimas durante o armazenamento de frutos à baixas temperaturas, é sensivelmente reduzida. De acordo com Buescher & Furmansky (1978), após 4 semanas de armazenamento de pêssegos à 1°C, as atividades da PME e PG foram substancialmente reduzidas. Consequentemente as substâncias pécticas insolúveis transformam-se de modo bastante lento para suas formas solúveis.

Nos abacaxis refrigerados os frutos sem embalagem apresentaram menores valores de protopectina que os outros dois tipos de embalagem (Tabela 13). De acordo com Wankier et alii, (1970), o CO<sub>2</sub> parece estar envolvido na redução do nível de atividade enzimática, entre ela as enzimas pécticas desacelerando as reações metabólicas. Em decorrência da baixa solubilização da pectina nos frutos mantidos em atmosfera modificada pela ação do CO<sub>2</sub> a fração protopectina permanece em níveis mais elevados que nos frutos não embalados. O mecanismo do efeito do CO<sub>2</sub> na textura de frutos e hortaliças ainda não está elucidado (Kader, 1986).

Quanto a pectina solúvel, houve significância para os tratamentos estudados Tabela 4A (Apêndice), exceto para o tipo de embalagem. Seus valores (interação tripla) encontram-se representados na Figura 17 e Tabela 14. Nota-se que os frutos sem refrigeração embalados em polietileno com e sem perfuração apresentaram maiores teores de pectina solúvel no 8º dia de maturação enquanto o fruto sem embalagem (SR/SE) apresentou o maior teor no 6º dia à partir daí houve decréscimos nos valores de pectina solúvel (Figura 17). Isto demonstra que nos frutos sem embalagem a quebra da protopectina em pectina solúvel ocorreu mais cedo, e consequentemente esses frutos tiveram maior perda de firmeza que os frutos embalados. De acordo com Eksteen (1982), a integridade das membranas da parede celular não pode ser mantida sob condições de "estresse" tal como perda excessiva de umidade. Os frutos sem embalagem podem ter perdido mais umidade que os embalados daí sua senescência ter ocorrido antes dos outros.

Os frutos refrigerados apresentaram maiores valores de pectina solúvel quando comparados aos sem refrigeração (Figura 17 e Tabela 14). O teor de pectina solúvel nos abacaxis refrigerados sem embalagem aumentou até o 8º dia coincidindo com o máximo do E.I. (Figura 1).

Nos dois tipos de armazenamento houve aumentos de pectina solúvel (Figura 17) e diminuição de protopectina (Figura 16), demonstrando que houve conversão de protopectina em pectina solúvel o que está de acordo com Paiva (1978) que diz aumentar os valores de pectina solúvel no decorrer da maturação.

Quando esses valores foram expressos em percentagem de pectina solúvel em relação a pectina total (Figura 18 e Tabela 15), observa-se que a solubilização da protopectina foi reduzida pela refrigeração e pela atmosfera modificada já que os mesmos tratamentos apresentaram menor percentagem de pectina solúvel/ total (Tabela 15). Pelos resultados desta Tabela pode ser

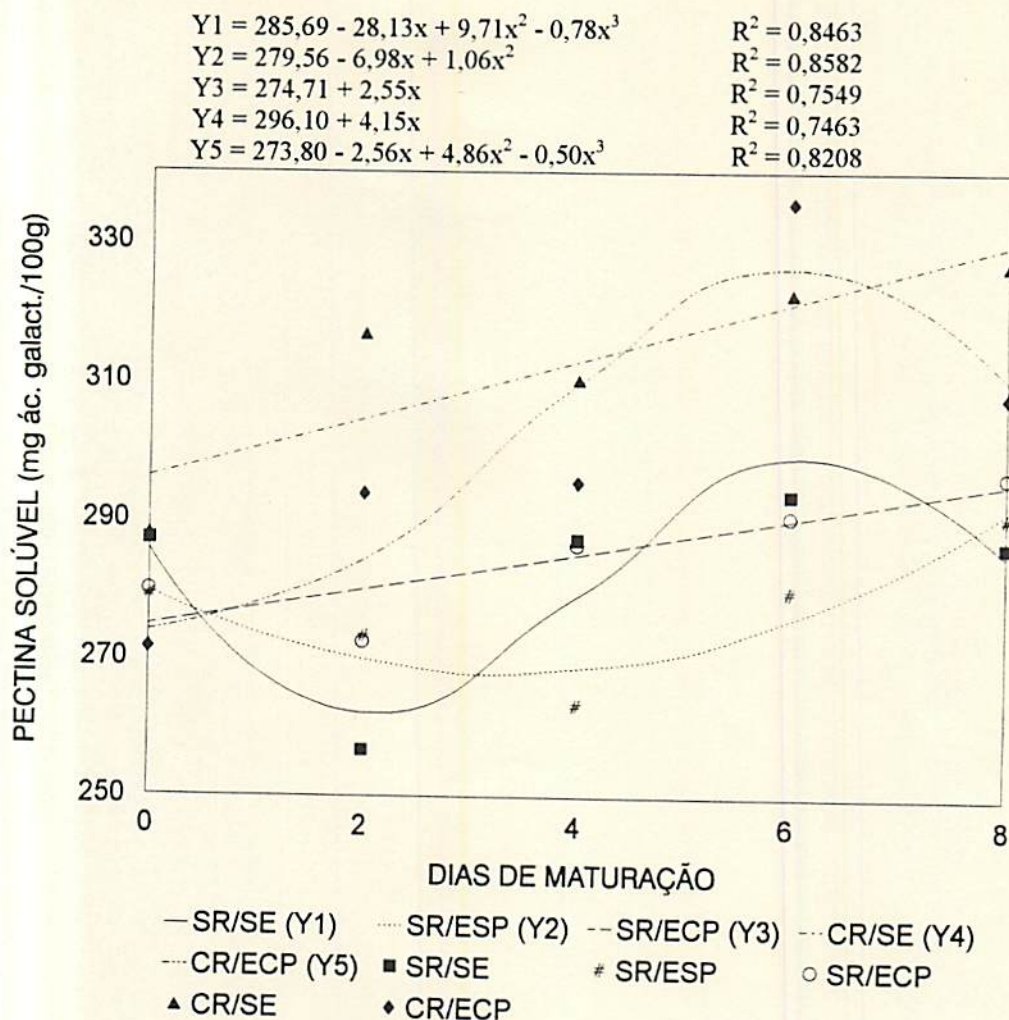


FIGURA 17. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de pectina solúvel durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR), com refrigeração (CR), sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP).

TABELA 14. Valores médios de pectina solúvel ( mg ác. galact./100g) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne com refrigeração embalado em polietileno sem perfuração.

Tratamento	Dias de maturação				
	0	2	4	6	8
CR/ESP	289,52	315,84	304,32	338,87	310,90

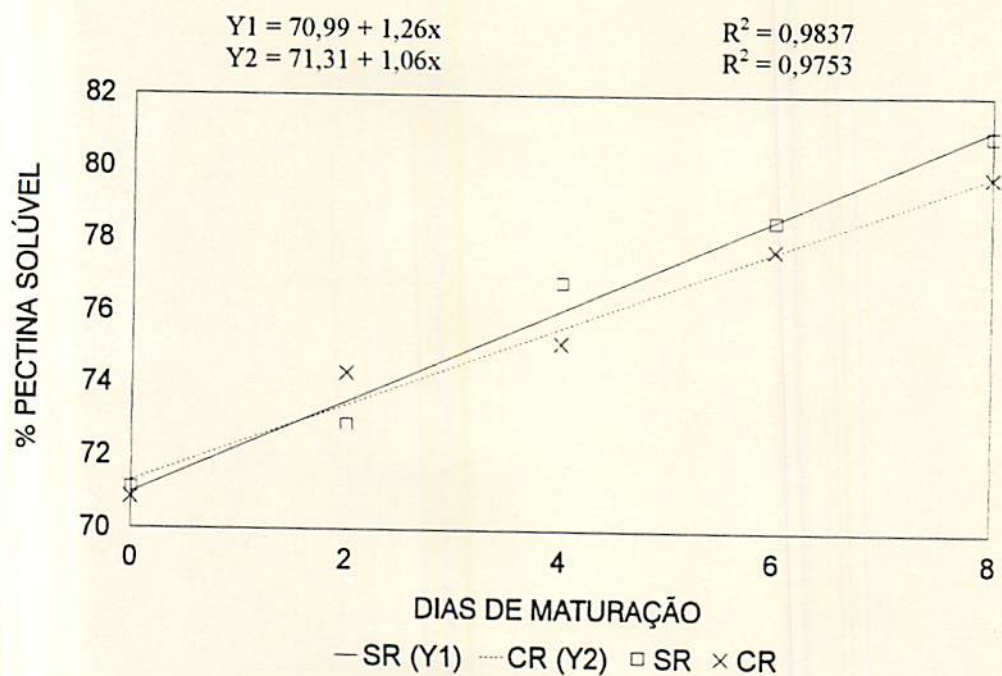


FIGURA 18. Curvas e equações representativas das percentagens de pectina solúvel durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração (CR).

TABELA 15. Valores médios de % pectina solúvel na maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Armazenamento	Embalagem		
	SE	ESP	ECP
SR	75,89Aa	76,16Aa	76,08Aa
CR	76,77Aa	75,32Ba	74,60Bb
Médias	76,33A	75,74AB	75,34B

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade.

observado que os frutos do tratamento com refrigeração sem embalagem (CR/SE) apresentaram percentagem de pectina solúvel (76,77%) superior aos dos frutos refrigerados e embalados. Cabe ressaltar que os frutos deste tratamento foram os que apresentaram maiores percentagens de E.I. e frutos afetados (Figura 1 e 2 ). Cenci (1994) trabalhando com uva em atmosfera modificada e refrigerada encontrou resultados semelhantes aos do presente trabalho. Isto foi possível devido ao efeito combinado do menor teor de etileno endógeno (como consequência da exposição dos frutos à baixa temperatura), com a redução da concentração de O<sub>2</sub> e elevação de CO<sub>2</sub> no armazenamento sob atmosfera modificada, provocando a inibição da ação da poligalacturonase (PG) sobre o polímero péctico.

Segundo Proctor e Caygill (1985) uma das mais óbvias mudanças que se observa durante a maturação das frutas tropicais é a redução da firmeza devido ao amolecimento causado pela progressiva solubilização das protopectinas em pectinas solúveis. Estas mudanças foram observadas no presente trabalho mostrando o importante papel das pectinas no E.I., já que os frutos mais susceptíveis ao “chilling”(CR/SE) apresentaram maiores solubilizações de pectina.

#### **4.13 Pectina metil esterase (PME) e Poligalacturonase (PG)**

As principais enzimas em frutos e vegetais que provocam a quebra das substâncias pécticas são a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG), Wills e Rigney (1980) e segundo Fenema (1985), são comumente encontradas em frutos tropicais e suas atividades são sempre maiores durante a fase de maturação.

Não houve efeito significativa para as interações entre armazenamento x embalagem, embalagem x dias e para a interação tripla para a atividade da PME Tabela 4A (Apêndice). A Figura 19 apresenta o comportamento da enzima nos frutos sem refrigeração e refrigerados

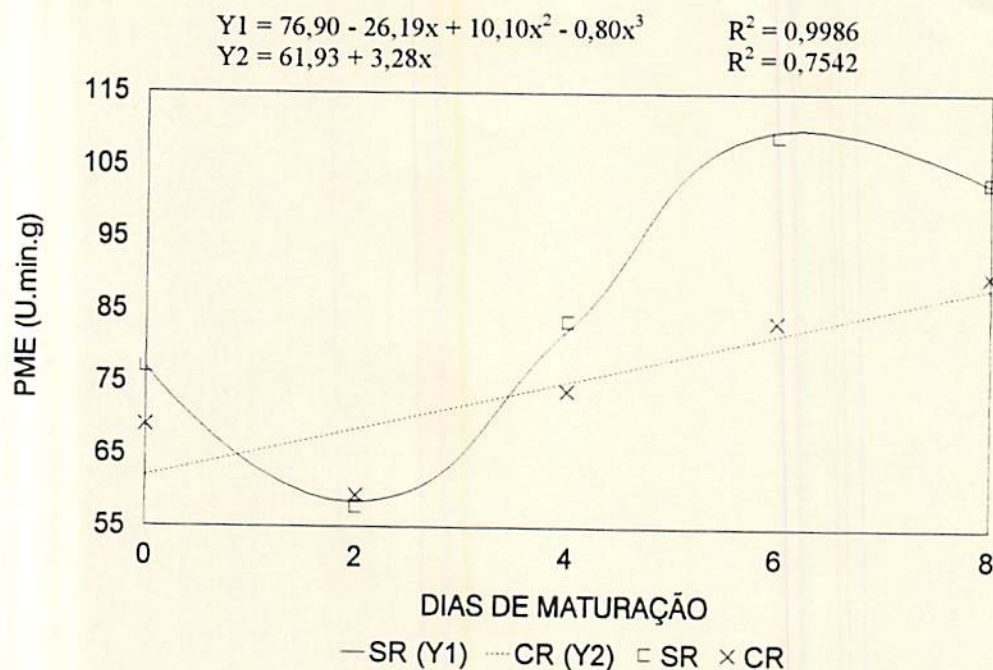


FIGURA 19. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de atividade da pectina metil esterase (PME) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração (CR).

TABELA 16. Valores médios de atividade da PME (U/min/g) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Armazenamento	SR	CR	
	86,00A	75,07B	
Embalagem	SE	ESP	ECP
	80,85B	66,43C	94,33A

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade.

durante a maturação. Nos frutos sem refrigeração o pico da atividade da enzima ocorreu no 6º dia coincidindo com a maior quantidade de pectina solúvel (Figura 17), o que está de acordo com os autores citados acima. Nos frutos refrigerados o aumento foi linear porém a atividade foi mais baixa (Tabela 16) coincidindo também com a menor percentagem de pectina solúvel/pectina total nos frutos refrigerados.

Os frutos embalados sem perfuração apresentaram os menores valores da atividade de PME quando comparados aos outros dois tipos de embalagem e foram os que exibiram menores sintomas de E.I.

A pectinametilsterase que catalisa a hidrólise dos ésteres metílicos da pectina Huet (1958) afirmou que a mesma exibe uma fraca atividade no abacaxi, e Guerra (1979) confirma que nos estádios finais de desenvolvimento do fruto da cultivar Smooth cayenne essa enzima não exibe quaisquer atividade. No presente trabalho a PME apresenta sua atividade baixa quando comparada a PG. Segundo Awad (1993), a atividade da PME pode aumentar, diminuir durante a maturação ou permanecer constante, dependendo do tipo de fruto.

A atividade da PG está representada nas Figuras 20 e 21. Não houve efeito significativo entre os tres fatores estudados Tabela 4A (Apêndice), somente para a interação embalagem x dias de maturação.

Os frutos sem refrigeração apresentaram maiores atividades da PG em relação aos frutos refrigerados (Figura 20) coincidindo com os maiores valores de % pectina solúvel no mesmo tratamento (SR) (Figura 18), durante a maturação. Na Figura 21 observa-se o comportamento da atividade da PG em relação aos tipos de embalagem. Os frutos embalados em polietileno sem perfuração apresentaram as menores atividades de PG quando comparados aos outros dois tipos de embalagem, e foram os que apresentaram menores índices de E.I. e menor atividade da PME.

Antunes e Bilhalva (1982) estudando frigoconservação de pêssegos verificaram também que a atmosfera modificada pelo uso de sacos de polietileno de baixa densidade, além de manter a textura da polpa em valores elevados (menor % de pectina solúvel) reduziu a manifestação do E.I, em relação a atmosfera normal. A redução do E.I. da polpa, pela atmosfera modificada através de embalagens plásticas também foi confirmada por Wang (1982).

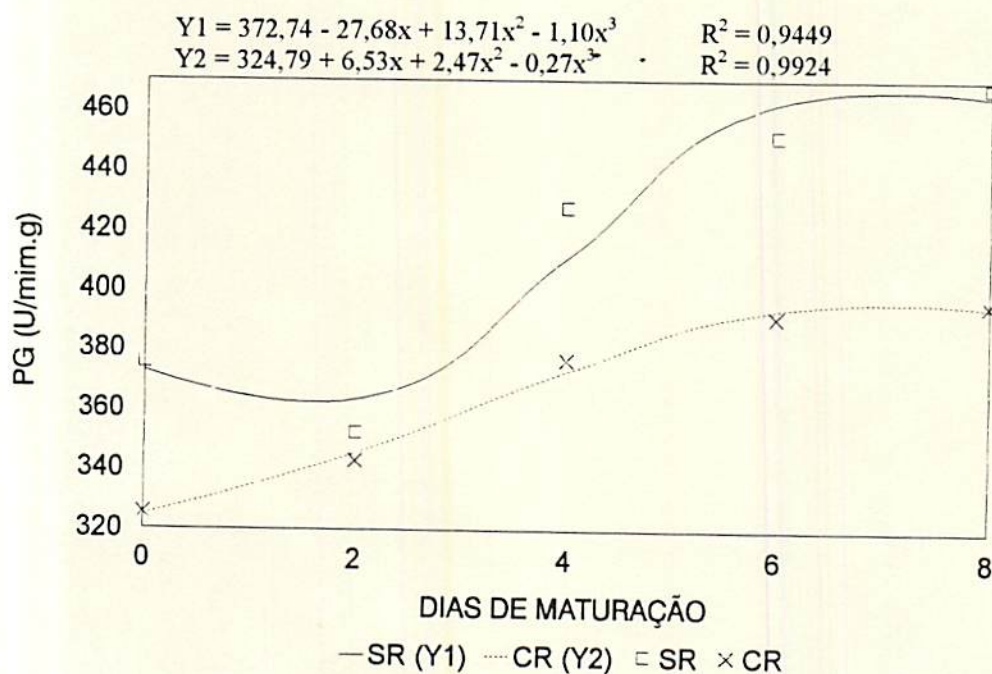


FIGURA 20. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de atividade da poligalacturonase (PG) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração (SR) e com refrigeração (CR).

Mesmo sabendo-se que a ação da atmosfera modificada sobre os frutos não é bem conhecida, acredita-se que ela está relacionada ao controle da biossíntese e ação do etileno, bem como da taxa respiratória, mesmo em se tratando de frutos não climatéricos (Zagory & Kader 1988). Sendo a síntese das hidrolases dependente direta ou indiretamente do etileno (Grierson &

Tucker, 1983 e Jeffery et alii, 1984), provavelmente, a ação do etileno na atividade da PG e PME pode ter sido suprimida pelos baixos e altos níveis de  $O_2$  e  $CO_2$ , respectivamente, provocados pelo uso do filme de polietileno. A atmosfera modificada reduziu a taxa de amolecimento e a atividade da PG e celulase em abacate segundo Kannelis, Solomos e Matoo (1989), da PG e PME em uva de acordo com Cenci (1994) e da PG em tomate conforme Kader (1986), Nakhasi, Schlimme e Solomos (1983).

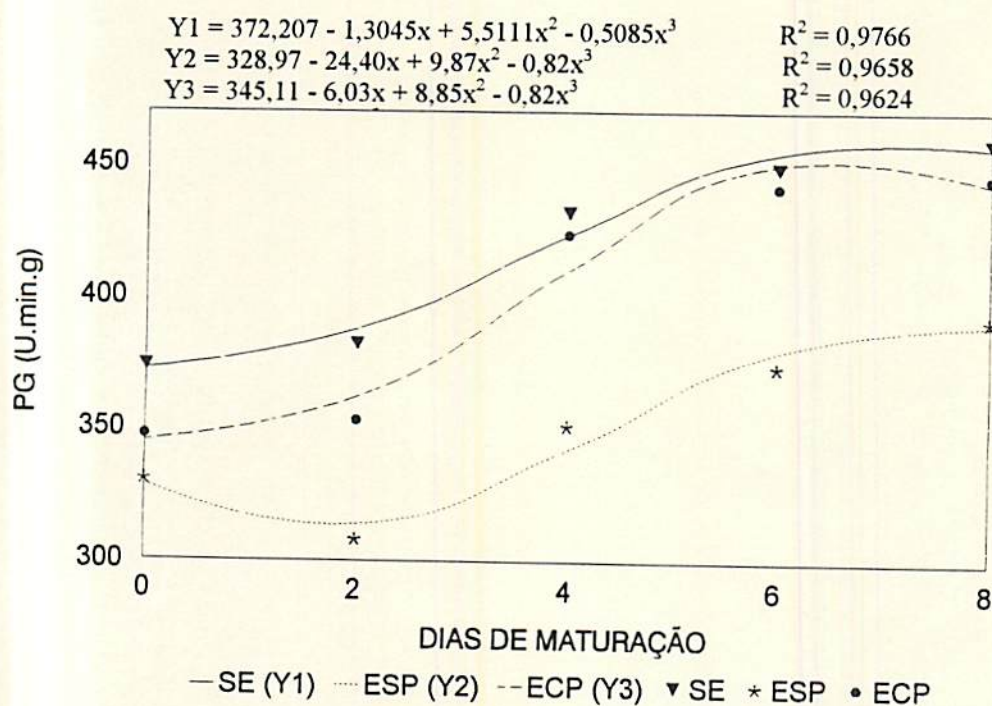


FIGURA 21. Curvas e equações de regressão representativas dos valores de atividade da poligalacturonase (PG) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem embalagem (SE), embalado em polietileno sem perfuração (ESP) e com perfuração (ECP)

Segundo Lyons (1973), durante a injúria de "chilling" muitos sistemas enzimáticos isolados apresentaram uma atividade alterada e dentre eles a PG é reportada com um aumento em sua atividade. O aumento da atividade das enzimas hidrolíticas (PME e PG) associadas a

degradação das pectinas desempenha um papel importante no presente trabalho, já que os frutos com maior desenvolvimento de sintoma de E.I. ou seja (CR/SE) caracterizaram-se por apresentar menores teores de protopectina, maiores valores de percentagem de pectina solúvel, maior atividade PG, o que indica uma textura menos firme, e pode ter contribuído para a menor resistência desses frutos ao E.I. Este papel das enzimas pécticas é reforçado pelo fato dos frutos refrigerados embalados em polietileno sem perfuração apresentarem menor escurecimento interno e simultaneamente menores atividades das pectina metil esterase (PME) e poligalacturonase (PG) e percentagem de solubilização de pectina inferior aos dos frutos não embalados.

#### 4.14 Considerações Gerais

No presente trabalho as modificações ocorridas durante a maturação do abacaxi, na composição química e no desenvolvimento do distúrbio fisiológico dos frutos submetidos a diferentes tipos de embalagens, demonstram que alguns parâmetros estão mais diretamente relacionados ao E.I., sendo que outros, estão mais relacionados a maturação, quando os processos metabólicos atingem o climax, tais como, pH, acidez titulável total, sólidos solúveis e açúcares.

Dentre os parâmetros mais relacionados ao escurecimento dos tecidos, encontram-se as enzimas FAL, PER, PFO, os compostos fenólicos e ácido ascórbico, e também aqueles relacionados a integridade de membrana tais como: as enzimas PME, PG, as protopectinas e as pectinas solúveis. Como já foi dito no decorrer do estudo, o escurecimento dos tecidos ocorre devido a degradação da parede celular, promovendo assim a liberação de enzimas oxidativas que

em contacto com substratos promovem uma oxidação descontrolada dos tecidos tornando-os escurecidos.

Os resultados do presente trabalho, demonstram a relação direta dos parâmetros citados acima, com o distúrbio fisiológico, visto que os frutos embalados em polietileno sem perfuração, com menor incidência de E.I., apresentaram durante a maturação maiores teores de ácido ascórbico, menores teores de fenólicos e menores atividades das enzimas PAL, PER, PFO, PME e PG.

Já com os frutos sem embalagem, com maior incidência de E.I. ocorreu o contrário, apresentaram durante a maturação, menores teores de ácido ascórbico, maiores teores de fenólicos e maiores atividades das enzimas PAL, PER, PFO, PME e PG.

A embalagem dos frutos contribuiu para a diminuição do distúrbio, pois além de reduzir os níveis de  $O_2$  dentro das mesmas, impedindo com isto a oxidação descontrolada dos fenólicos, retardou de alguma maneira o processo de maturação, já que os frutos embalados (principalmente os embalados sem perfuração) apresentaram menores atividades das enzimas responsáveis pela degradação da P.C. (PME e PG), apresentando como resultado positivo menores percentagens de frutos com E.I. e menor número de frutos afetados.

Estudos futuros com embalagem poderão ser realizados usando diferentes variedades e diferentes tempos de armazenamento sob refrigeração, visando não só a exportação mas o mercado interno, a fim de que se possa prolongar por maior tempo possível a vida útil do fruto.

## 5 CONCLUSÕES

Sob as condições experimentais estudadas, o presente trabalho permitiu concluir :

- Não ocorreu escurecimento interno nos frutos armazenados sem refrigeração.
- A embalagem de polietileno sem perfuração e com perfuração proporcionou reduções de 87,86% e 46,74% respectivamente no grau de escurecimento interno, e reduções de 68,75% e 6,25% respectivamente no número de frutos afetados.
- Os frutos embalados em polietileno sem perfuração, com menor grau de escurecimento interno, apresentaram menores teores de fenólicos totais, pectina solúvel, menores atividades da FAL, PFO, PER, PME, PG e maiores teores de ácido ascórbico.
- Os frutos sem embalagem com maior grau de escurecimento interno apresentaram maiores teores de fenólicos, % de pectina solúvel /pectina total, maiores atividades da FAL, PFO, PER, PME, e PG, e menores teores de ácido ascórbico.

- A refrigeração provocou decréscimos na acidez titulável, e acréscimos no pH açúcares totais, açúcares redutores, acréscimos nas atividades da PER e PFO.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.M.P. de. **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 - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- AKAMINE, E.K. Postharvest control of endogenous brown spot in fresh Australian pineapple with heat. **Hortscience**, Mont Vernon, v.11, n.6, p. 568-578, Dec. 1976.
- AKAMINE, E.K.; GOD, T.; STEEPY, T.; GREIDANUS, T.; IAOKA, N. Control of endogenous brown spot of fresh pineapple in postharvest handling. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.100, n.1, p.60-65, Jan. 1975.
- AMORIN, H.V. de. Respiração. In: FERRI, M.G. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. São Paulo, Pedagógica e Universitária, 1985. v.1, p.251-82.
- ANTUNES, P.L.; BILHALVA, A.B. Frigoconservação intermitente de pêsegos (*Prunus persica* L. Batsch) em atmosfera comum e modificada. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.34 n.7, p.58-62, 1982.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 15<sup>th</sup>. Ed. Washington, 1990 2v.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-coleita de Frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.
- BITTER, V.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbozole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v.34, p.330-334, 1962.
- BLEINROTH, E.W. Matéria prima. In: CAMPINAS. INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Abacaxi - Cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2.ed. rev. ampl. Campinas, 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 - Mestrado em Ciência dos alimentos).
- BRAVERMAN, J.B.S. Vitaminas. In: **Introduction a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona, Omega, 1967. cap. 14, p.206-39.
- BUESCHER, R.W.; FURMANSKI, R.J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of wooliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, p.264-66, 1978.
- CABRAL, J.R.S. Caracterização e avaliação de cultivares de abacaxi. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 11 (130): 14-6, out. 1985.
- CARRARO, A.F.; CUNHA, M.M. **Manual de exportação de frutas**. Brasília: MAARA - SDR - FRUPEX / IICA, 1994. 254 p.
- CENCI, S.A. **ácido naftalinoacético (ANA) e cloreto de cálcio na pré-colheita de uva niagara rosada (Vitis labrusca L. x Vitis vinifera L.): avaliação do potencial de conservação no armazenamento**. Lavras: ESAL, 1994. 109p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- CHADHA, K.L. Effect of varying levels of N, P e K on growth, yield and quality of pineapple in variety Queen. **Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v.33, n.3/4, p.224-226. 1976. In: **FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY ABSTRACTS**, England, v.9, n.12, p.103, abs. Dec. 1977.
- CHADHA, K.L.; MELANTA, K.R.; LODH, S.B.; SELVARAJ, Y. Biochemical changes associated with growth and development of pineapple variety Kew. 1. Changes in physico-chemical constituents. **The Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v.29, n.1, p.54-57, 1972.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEP, 1990. 320p.
- COLLINS, J.L. **The pineapple: botany, cultivation and utilization**. London: Leonard Hill. 1960. 294p.
- CUNHA, G.A.P. da. **Sistema de produção para a abacaxicultura**. Feira de Santana: S.A.E.B/SBF/ EMATERBA, 1978. p.61-91. (Anais).
- CUNHA, G.A.P. da.; MATOS, A.P.de; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F.S. da; SANCHES, N. F.; REINHARDT, D.H.R.C. **Abacaxi para a exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994. 41p. - (Série Publicações Técnicas. FRUPEX; 11).
- DILLEY, D.R. Enzymes. In: HULMÉ, A.C. (ed.) **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1979. 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. 303-24.
- EKSTEEN, G.J. Internal breakdown of plums. **The Delicious Fruit Grower**, Capetow, v.32, n.9, p. 359-361, Sept. 1982.
- FENEMA, O.R. **Food chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1985. 991p.
- FLORES DE MADRID, M.C. Studies on pineapple storage. **Proceedings of the Tropical Region American Society for Horticultural Science**, Londres, v.17, p.186-202, 1973.
- GIACOMELLI, E.J. **Expansão da abacaxicultura no Brasil**. Campinas, Fundação Cargill, 1982. 79p.
- GIACOMELLI, E.J. Pragas e doenças dificultam a exportação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.74, p.44-45, fev. 1981.
- GIACOMELLI, E.J. Tipos de dados considerados em experimentos de abacaxi-cultura. In: **Plano de experimentos do programa trienal de abacaxi-cultura do nordeste**. [S.L.: S.n.], 1974. 6p.
- GOLDSTEIN, J.L.; SWAIN, T. Changes in tannis in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v.2, p.371-383, 1963.
- GOMES, F.P. Experimentos fatoriais. In: \_\_\_\_\_. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo, Nobel, 1987. p.96-125.
- GORTNER, W.A. A short term effect of weather on malic acid in pineapple fruit. **Journal of Food Science**, Stanford, v.28, n.2, p.191-192, 1963.
- GRAHAM, D.; PATERSON, B.D. Responses of plants to low, nonfreezing temperatures: proteins, metabolism, and acclimation. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.33, p.347-372, 1972.
- GRIERSON, D.; TUCKER, G. Timing of ethylene and polygalacturonase synthesis in relation to the control of tomato fruit ripening. **Planta**, New York, v.157, p.174-177, 1983.
- GUERRA, N.B. **ABACAXI DO NORDESTE . Desenvolvimento, Maturidade para colheita e fisiologia pós-colheita**. São Paulo: USP, 1979. 105p. (Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- HARDENBURG, R.E.; HANDERSON, R.E. Keeping qualities of "Stayman" and "Delicious" apples treated with calcium chloride, scald inhibitors, and other chemicals. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.106, p.6, n.776-779, Nov. 1981.

- HENING, Y.S. Storage stability and quality of produce packaged in polymeric films. In: HAARD, N.F.; SALUNKHE, D.K. **Symposium: Postharvest biology and handling of fruits and vegetables**. Westport, Avi, 1975. p.144-152.
- HUET, R. La composition chimique de l'ananas. **Fruits**, Paris, v.13, n.5, 183-197, mai. 1958.
- INFORMATIVO COOPERCITRUS. São Paulo, 1994. v.8, n.87, p.1-18.
- JEFFERY, D.; SMITH, C.; GOODENOUGH, P.; PROSSER, I.; GRIERSON, D. Ethylene-independent and ethylene-dependent biochemical changes in ripening tomatoes. **Plant Physiology**, Washington, v.74, p.32-38, 1984.
- JEN, J.J.; ROBINSON, M.L.P. Pectolytic enzymes in sweet Bell Peppers (*Capsicum annum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v.9, n.4, p.1045-1087, 1984.
- JOHNSON, M.O. **The pineapple**. Paradise, Honolulu, 1935. 306p.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.5, p.99-100, 102-104, 1986.
- KANNELIS, A.K.; SOLOMOS, T.; MATOO, K.A. Hydrolytic enzyme activity and protein pattern of avocado fruit ripened in air and in low oxygen, with and without ethylene. **Plant Physiology**, Washington, v.90, p.259-264. 1989.
- 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 Veterinária do Campus de Jaboticabal- UNESP, 1982. p.217-34.
- LEGRAND, M. **Phenylpropanoid metabolism and its regulation in disease**. In: Callow, J.A., ed. **Biochemical Plant Pathology**. New York, John Wiley and Sons, 1983. p.367-83.
- LYONS, J.M. Chilling injury in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.445-466, 1973.
- Mc CREADY, P.M.; Mc COMB, E.A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical chemistry**, Washington, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.
- MATOO, A. K.; MURATA, T.; PANTASTICO, E.B.; CHACHIN, K.; OGATA, K.; PHAN, C. T. Chemical changes during ripening and senescence. In: **Postharvest Physiology Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and vegetables**. Westport: The AVI Publishing, 1975. p.103-127,

- MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isosymes in sweet potat root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and cell Physiology**, Tóquio, v.13, p.1091-1101, 1972.
- MAYES, W.P. Biologic oxidation. In: HAPER, H.A. **Review of physiological chemistry**. 12.ed. California, Lange Medical Publications, 1969. p.176-179.
- MEDINA, J.C. Cultura. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Abacaxi**. 2.ed. Campinas, ITAL, 1987. p.1-110.
- MILLER, E.V. Physiological studies of fruits of the pineapple (*Ananas comosus* [L.] MERR.) whith special reference to physiological breakdow. **Plant Physiology**, Washington, v.26, n.1, p. 66-75, Jan. 1951.
- MILLER, E.V.; HALL, G.D. Distribution of the soluble solids, ascorbic acid, total acid, and bromelin activity of the natal pineapple. **Plant Physiology**, Washington, v.28, n.3, p.532-534, July. 1953.
- MILLER, E.V.; HEILMAN, A.S. Ascorbic acid and physiological breakdown in the fruits of pineapple. **Science**, Washington, v.116, n.3019, p.505-506, Nov. 1952.
- MILLER, E.V.; MARSTELLER, R. L. The effect of parachrophenoxy acetic on physiological breakdown of the fruits of the pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.). **Food Research**. Chicago, v.18, n.4, p.421-425, July/Aug. 1953.
- MINAMIKAWA, T.; URITANI, I. Phenylalanine deaminase and tyrosine deaminase in sliced or black rot-infected sweet potato roots. **Archives of biochemistry and biophysics**, New York, v.108, p.573-474, 1964.
- MIZUNO, S.; TERAJ, H.; KOZUKUE, N. Studies on the endogenous brown spot of pineapple in postharvest handling. **Science Reports of Faculty of Agriculture**, Kobe University, v.15, n.1, p.47-53, 1982.
- MONTENEGRO, H.W.S. A maturação do abacaxi. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz**, Piracicaba, v.21, p.80-92, 1964.
- MOOKERJI, K.K. Optimal harvest maturity for the economic and quality canning of pineapple slices and juice. **Indian Food Packer**, New Delhi, v.23, p.29-33, Nov./Dec. 1969.
- MORALES DE LEÓN, J.C. Frutas tropicales características y propiedades fisico-químicas. **Tecnología de Alimentos**, México, v.11, n.5, p.205-223, 1976.
- MORETT, V.A.; ALMEIDA, L.A.B. de; BICUDO NETO, L.C.; MARQUES, J.F. Aspéctos econômicos da produção e mercado de abacaxi. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Abacaxi**. 2.ed. Campinas, 1987. p.221-284.

- MORRIS, L.L. Chilling injury of horticultural crops: an overview. **HortScience**, Mont Vernon, v.17, n.2, p.161-165, Apr. 1982.
- NAKHASI, S.; SCHLIMME, D.; SOLOMOS, T. Storage potencial of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.1, p.10-16, 1983.
- NELSON, N. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v.153, n.1. p.375-380, 1944.
- NIKERSON, J.T.R.; ROSINVALLI, L.J. Enzime reactions. In: \_\_\_\_\_. **Elementary food science**, Westport, AVI, 1980. Cap.8, p.113-21.
- 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 - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- PANTÁSTICO, E.B. Chilling injury. In: **Postharvest physiology handling and utilization of tropical and sub tropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975. cap. 17, p. 339-62.
- PARKIN, K.L.; MARAGONI, A.; JACKMAN, R.L.; YADA, R.Y.; STALEY, D.W. Chilling injury. A review of possible mechanisms. **Journal of Food Biochemistry**, Trumbull, v.13, n.2, p.127-153, Oct. 1989.
- PAULL, R. E.; ROHRBACH, K.G. Juice characteristics and internal atmosphere of waxed "Smooth cayenne" pineapple fruits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.107, n.3, p.448-452, May. 1982.
- PAULL, R.E.; ROHRBACH, K.G. Sympton 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.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Separation and characterization the exopoligalacturonase and endopoligalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, Washington, v.52, p.252-256, 1973.
- PROCTOR, F.J.; CAYGILL, J.C. Ethilene in commercial postharvest handling of tropical fruit. In: **Ethylene and Plant Development**. Proc. 39<sup>th</sup> Easter School, University of Nottingham. Butterworth Scientific Limited, London, 317-322p., 1985.
- PY, C.; LACOEUILHE, J.J.; TEISSON, C. **L'ananas; sa culture, ses produits**. Paris, G.P. Maison Neuve et Larouse ACCT, 1984. 562p.
- RATNER, A.R.; GOREN, R.; MONSELISE, S. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v.44, p.1717-1723, 1969.

- RHODES, M.J.C. Enzyme activities and post harvest change. In: LIEBERMAN, M., ed. **Post harvest physiology and crop preservation**. New York; Plenum Press, 1983. p.111-121.
- RHODES, M.J.C.; WOOLTORTON, L.S.C. Changes in the activity of enzymes of phenylpropanoid metabolism in tomatoes stored at low temperatures. **Phytochemistry**, Oxford, v.16, n.6, p.655-659, May. 1977.
- RHODES, M.J.C.; WOOLTORTON, L.S.C. The effect of ethylene on the respiration and on the activity of phenylalanine ammonia lyase in swede and parship root tissue. **Phytochemistry**, Oxford, v.10, p.1989-1997, 1971.
- ROCHA, J.L. Colheita e fisiologia pós-colheita de abacaxi. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1. Jaboticabal, 1982. **Anais...**Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1982. p.279-300.
- SALUNKHE, D.K.; DESAI, B.B. **Postharvest biotechnology of fruits** . Boca Raton: CRC PRESS, 1984. v.2, 194p.
- SCOTT, D. Oxidoreductases. In: REED, G. **Enzymes in food processing**. New York, Academic Press, 1975. Cap.9, p.222-52.
- SGARBIERI, V.C. Estudo da composição química do abacaxi. **Boletim do Centro Tropical de Pesquisa e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n.7, p.37-50, ago. 1966.
- SILVA, M.A. **Fisiologia pós-colheita de abacaxi cvs. Pérola e Smooth cayenne**. Campinas, UNICAMP, 1980, 203p. (Tese - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- SINGLETON, V.L.; GORTNER, W.A. Chemical and physical development of the pineapple fruit. II- Carbohydrate and acid constituents. **Journal Food Science**, Chicago, v.30, n.1, p.19-23, Jan/Feb. 1965.
- SMITH, L.G. Cause and development of blackheart in pineapples. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.60, n.1, p.31-35, Jan. 1983.
- STROECKER, R.; HENNING, H.M. **Analises de vitaminas : métodos comprobados**. Madrid, Paz Montalvo, 1967. 428p.
- TAMAKI, T.; CARDOSO, J.L. Aspectos comerciais e econômicos da cultura do abacaxizeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ABACAXICULTURA, 1, Jaboticabal, 1982. **Anais...** Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1982. p.25-44.
- TAN, S.C. Relationship and interactions between phenylalanine ammonia-lyase, phenylalanine ammonia-lyase inactivation system, and anthocyanin in apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.104, n.5, p.581-586, Aug. 1979.

- TEAOTIA, S.S.; BHAN, S. Determination of maturity for harvesting pineapple fruit (*Ananas comosus* [L] Merr.) variety "Giant Kew". **Indian Agriculturist**, Calcuta, v.10, p.107-112, 1966.
- TEISSON, C. Le brunissement interne de l'ananas. I- Historique. II- Matériel et méthodes. **Fruits**, Paris, v.34, n.4, p.245-281. avr. 1979.
- TEISSON, C. Etudes sur le brunissement interne de l'ananas. **Fruits**, Paris, v.27, n.9, p.603-612, sept. 1972.
- 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.; 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.
- 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.
- TENA, M.; LOPES-VALBUENA, R.; JORRÍN, J. Induction of phenylalanine ammonia-lyase in hypocotys of sunflower seedlings by light, excision and sucrose. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.60, n.2, 159-165, Feb. 1984.
- TISSEAU, R. Evolution en cours de commercialisation des principales caractéristiques de qualité de l'ananas. **Fruits**, Paris, v.39, n.12, p.767-775, dec. 1984.
- TORRES, A.M.; MAU-LASTOVICKA, T.; REZAAIYAN, R. Total phenolics high-performance liquid chromatography of phenolic acids of avocados. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.35, n.6, p.921-925, Nov./Dec., 1987.
- VAN LELYVELD, L.J.; DE BRUYN, J.A. Polyphenols, ascorbic acid and related enzyme activities associated with blackheart in cayenne pineapple fruit. **Agrochemophysica**, South Africa, v.9, n.1, p.1-6, Mar. 1977.
- VAN LELYVELD, L.J.; DE BRUYN, J.A. Sugars and organic acids associated with blackheart in cayenne pineapple fruits. **Agrochemophysica**, South Africa, v.4, n.8, p.65-68, Dec. 1976.
- VUKOMANOVIC, C.R. **Efeito da maturação e da baixa temperatura na composição química e no escurecimento interno do abacaxi**. Lavras, ESAL, 1988. 80p. (Tese - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- WANG, C. Y. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. **HortScience**, Baltimore, v.17, n.2, p.173-186, April, 1982.

- WANKIER, B.N.; SALUNKHE, D.K.; CAMPBELL, W.F. Effects of controlled atmosphere storage on biochemical changes in apricot and peach fruit. **Journal American Society and Horticultural Science**, Mount, v.95, n.5, p.604-609, 1970.
- WHEATLEY, C.C. **Studies on cassava (Manihot esculenta GRANTZ) root post-harvest physiological deterioration**. Wye College University of London, 1982. 246p. (Tese - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- WILLS, B.B.H.; RIGNEY, C.J. Effect of calcium on activity of mitochondria and pectic enzyme isolated from tomato fruits. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v.3, n.2/3, p.103-110, 1980.
- WILLS, B.B.H.; WIMALASIRI, P.; GREENFIELD, H. Dehydroascorbic acid levels in fresh fruit and vegetables in relation total vitamin C activity. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. Washington, v.32, n.4, p.836-838. July/Aug. 1984.
- WILLS, R.B.H.; HASSAN, A.; SCOTT, K.J. Effect time at low temperature on the development of black heart in pineapple. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.62, n.3, p.199-200, July 1985.
- ZAGORY, D.L. ; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, Chicago, v.42, n.9, p.70-77, 1988.
- ZUCKER, M. Introduction of phenylalanine deaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue<sup>1,2</sup>. **Plant Physiology**, Baltimore, v.40, n.5, p.779-784, Sep. 1965.

**APÊNDICE**

TABELA 1A. Resumo das análises de variância de percentagem de escurecimento interno e número de frutos afetados na maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne com refrigeração, sem embalagem, embalados em polietileno sem perfuração e com perfuração, sem embalagem, embalados em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Causas de	GL	% de E.I.	Nº de frutos afetados
Variação			Quadrados médios
Embalagem	2	420,174**	58,562**
Dias	3	954,743**	96,076**
Embal * Dias	6	151,405**	5,951**
Resíduo	36	22,581	1,243
CV (%)		59,850	32,430

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 1A. Resumo das análises de variância de percentagem de escurecimento interno e número de frutos afetados na maturação do abacaxi cv Smooth Cayenne com refrigeração, sem embalagem, embalados em polietileno sem perfuração e com perfuração, sem embalagem, embalados em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Causas de Variação	GL	% de E.I.	Nº de frutos afetados
Embalagem	2	420,174**	58,562**
Dias	3	954,743**	96,076**
Embal * Dias	6	151,405**	5,951**
Resíduo	36	22,581	1,243
CV (%)		59,850	32,430

\*\* Teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 2A. Resumo das análises de variância de acidez titulável, pH, sólidos solúveis, sól.sol/acidez, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores na maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem perfuração e com perfuração, embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Causas de	Variação	GL	Ac. titul.	pH	Sól. Sol.	SS/Acidez	Ag. Totais	Ag. Red.	Ag. N. Red.
Armaz. (A)	1	0,0198**	0,0399**	14,3176**	39,4916**	3,9025**	0,9720**	0,9828*	0,6431*
Embal. (B)	2	0,0099**	0,0224**	4,3467**	6,6690**	0,6250*	2,4683**	2,3051**	0,0757NS
Dias (C)	4	0,0058**	0,0149**	3,8972**	5,9303**	3,5963**	2,4830**	3,0938**	0,0877NS
A*B	2	0,0036NS	0,0023NS	0,7104*	0,0027NS	0,5738*	1,0608**	3,0938**	0,0757NS
A*C	4	0,0683**	0,0771**	0,7104*	0,0027NS	0,5738*	1,0608**	3,0938**	0,0757NS
B*C	8	0,0034*	0,0068**	0,2973NS	14,4290**	10,5292**	2,9965**	3,0938**	0,0757NS
A*B*C	8	0,0037*	0,0026*	0,5427**	0,9740NS	0,2464*	0,2329**	0,3208*	0,0877NS
Resíduo	90	0,0014	0,0010	0,2206	0,5625	0,0792	0,0203	0,3208*	0,9027
CV (%)		4,30	0,98	3,94	5,41	3,87	3,93	8,22	

\* / \*\* Teste F significativo ao nível de 5 % e 1 % de probabilidade respectivamente

Quadrados médios

18. The following data were obtained from a series of experiments on the effect of temperature on the rate of reaction between hydrogen peroxide and potassium iodide in the presence of a catalyst. The reaction is exothermic.

Temp. / °C	Time taken for 10 cm <sup>3</sup> of colourless solution to become blue / s	Rate of reaction / mol dm <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup>
10	120	0.00083
15	90	0.00111
20	72	0.00139
25	60	0.00167
30	50	0.00200
35	42	0.00238
40	36	0.00278

(a) Plot a graph of rate of reaction against temperature. (b) Draw a smooth curve through the points. (c) Estimate the rate of reaction at 25°C.



TABELA 3A. Resumo das análises de variância de fenólicos, FAL, PER, PFO, ácido ascórbico, ác. asc. / vit C total, ácido dehidroascórbico durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Causas de variação	GL	Quadrados Médios				Fenólico	FAL	PER	PFO	Ac. asc.	Ac.	Dehidroasc.
		Armaz. (A)	Embal. (B)	Dias (C)	A*B							
	1	1471,40**	833,33**	24,23**	269,97**	101,33**	27,11NS	7,84*				
	2	326,32**	16090,83**	1,95**	19,40**	2,53*	85,09*	7,84*				
	4	721,81**	13973,75**	5,08**	22,00**	41,96**	2137,00**	79,12**				
	2	196,09**	3715,83*	0,84*	22,77**	7,85**	109,52*	2,82*				
	4	425,76**	18314,58**	16,25**	49,94**	139,62**	2272,10**	66,22**				
	8	39,89**	604,38NS	0,25NS	1,71**	6,18**	78,43**	2,45*				
	8	80,66**	706,46NS	0,41*	1,45**	3,69**	11,14**	2,99**				
	90	5,75	573,89	1,19	0,18	0,56	17,76	0,67				
		5,05	14,71	8,75	5,39	5,56	5,34	22,73				

\* / \*\* Teste F significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente

Table 1. Summary of the results of the 120-h bioassays of the treatments.

Treatment	Survival (%)	Mean length (mm)	Mean weight (g)	Mean condition factor	Mean survival (%)	Mean length (mm)	Mean weight (g)	Mean condition factor
Control	100	12.5	0.15	0.12	100	12.5	0.15	0.12
V.A.C.	100	12.5	0.15	0.12	100	12.5	0.15	0.12
D.C.	100	12.5	0.15	0.12	100	12.5	0.15	0.12
V.C.	100	12.5	0.15	0.12	100	12.5	0.15	0.12
V.B.	100	12.5	0.15	0.12	100	12.5	0.15	0.12
D.C.	100	12.5	0.15	0.12	100	12.5	0.15	0.12
Survival (%)	100	12.5	0.15	0.12	100	12.5	0.15	0.12
Mean length (mm)	100	12.5	0.15	0.12	100	12.5	0.15	0.12
Mean weight (g)	100	12.5	0.15	0.12	100	12.5	0.15	0.12
Mean condition factor	100	12.5	0.15	0.12	100	12.5	0.15	0.12

Table 1. Summary of the results of the 120-h bioassays of the treatments. The table shows the survival percentage, mean length, mean weight, and mean condition factor for each treatment. The control group shows 100% survival, a mean length of 12.5 mm, a mean weight of 0.15 g, and a mean condition factor of 0.12. The V.A.C. treatment shows 100% survival, a mean length of 12.5 mm, a mean weight of 0.15 g, and a mean condition factor of 0.12. The D.C. treatment shows 100% survival, a mean length of 12.5 mm, a mean weight of 0.15 g, and a mean condition factor of 0.12. The V.C. treatment shows 100% survival, a mean length of 12.5 mm, a mean weight of 0.15 g, and a mean condition factor of 0.12. The V.B. treatment shows 100% survival, a mean length of 12.5 mm, a mean weight of 0.15 g, and a mean condition factor of 0.12. The D.C. treatment shows 100% survival, a mean length of 12.5 mm, a mean weight of 0.15 g, and a mean condition factor of 0.12.

TABELA 4A. Resumo das análises de variância de Pectina total, pectina solúvel, % de pectina solúvel, protopectina, pectina metil esterase (PME) e poligalacturonase (PG) durante a maturação do abacaxi cv. Smooth Cayenne sem refrigeração, com refrigeração, sem embalagem, embalado em polietileno sem perfuração e com perfuração.

Causas de		Quadrados Médios					
Variação	GL	Pect. Total	Pect. Sol.	% Pect. Sol.	Protopec.	PME	PG
Armaz. (A)	1	42576,67**	22033,88**	6,91NS	3289,79**	3586,13**	70401,65**
Embal. (B)	2	10,75NS	216,02NS	9,98*	122,95NS	7787,11**	50040,10**
Dias (C)	4	1945,99**	3079,41**	325,76**	5897,93**	6219,31**	37182,26**
A*B	2	1272,27**	1004,47**	14,86*	281,85*	232,29NS	5299,39**
A*C	4	2797,78**	1798,46**	8,50*	238,12*	581,62*	3333,15**
B*C	8	287,59NS	232,66*	3,71NS	66,69NS	149,64NS	209,72NS
A*B*C	8	451,03*	333,65**	4,34NS	72,55NS	156,66NS	1068,24**
Resíduo	90	195,77	107,59	3,14	77,20	234,60	213,01
CV %		3,59	3,51	2,34	9,31	19,02	3,71

\* / \*\* Teste F significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente