

CELESTE MARIA PATTO DE ABREU

ALTERAÇÕES NO ESCURECIMENTO INTERNO E NA COM-  
POSIÇÃO QUÍMICA DO ABACAXI c.v. *Smooth cayenne* DURANTE  
SEU AMADURECIMENTO COM E SEM REFRIGERAÇÃO

Dissertação apresentada à Escola Superior  
de Agricultura de Lavras, como parte das  
exigências do curso de Pós-Graduação em  
Ciência dos Alimentos, para obtenção do  
grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1991



ALTERAÇÕES NO ESCURECIMENTO INTERNO E NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO  
ABACAXI c v *SMOOTH CAYENNE* DURANTE SEU AMADURECIMENTO COM E SEM  
REFRIGERAÇÃO

APROVADA

*Vânia Déa de Carvalho*

Prof Dra Vânia Déa de Carvalho

*José Eduardo Brasil Pereira Pinto*

Prof PhD José Eduardo Brasil Pereira Pinto

*Nilton Nagib Jorge Chalfun*

Prof Dr. Nilton Nagib Jorge Chalfun

Aos meus pais,  
Ismael e Petronilha,  
exemplos de humildade e amor

OFEREÇO

Ao meu esposo Ademar  
Aos Meus filhos Ademar Jr., Henrique  
e José Renato, com amor.  
Ao meu irmão Renato pelo  
incentivo.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida e por ter me dado força e coragem para realizar o curso.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, especialmente ao Departamento de Ciências dos Alimentos, pela oportunidade da 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 pelo apoio financeiro.

Em especial à Dra. Vânia Déa de Carvalho, pela sugestão do assunto, segura orientação, amizade e sobretudo pelo seu exemplo de entusiasmo constante e dedicação ao trabalho.

Ao Prof. Paulo Cesar Lima, pela orientação nas análises estatísticas.

Ao Prof Custódio Donizete dos Santos pela orientação em algumas análises.

A todos os professores do curso, pelos ensinamentos e amizade.

Aos funcionários da EPAMIG, Constantina, Eliane, Ismael, Samuel, Sandra, Silvio Júlio, pela amizade e colaboração nas análises.

Aos funcionários do Setor de Processamento de Dados da ESAL, pela ajuda nos serviços de computação.

Aos funcionários da Biblioteca da ESAL, pelo atendimento e amizade

Aos colegas Neide Botrel e Irã Pereira Leite pela paciência, dedicação, equilíbrio e companherismo que foram sempre suporte e estímulo a esta dissertação e contribuíram para selar entre nós uma inestimável amizade.

Aos demais colegas de pós-graduação, pelo apoio e convívio.

Aos funcionários do Departamento de Ciências dos Alimentos da ESAL, em especial à Giselda.

Em especial à Dra. Vânia Déa de Carvalho, pela sugestão do assunto, segura orientação, amizade e sobretudo pelo seu exemplo de entusiasmo constante e dedicação ao trabalho.

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

## SUMARIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISAO DE LITERATURA.....	04
2.1. Escurecimento interno.....	04
2.2. Sintomas e fases de ocorrência do E.I.....	05
2.3. Modificações químicas.....	08
2.3.1. Polifenoloxidase (PFO) e Peroxidase (PER)..	08
2.3.2. Compostos fenólicos.....	09
2.3.3. Acido ascórbico, dehidroascórbico e vitami- na C.....	11
2.3.4. Acidez e pH.....	13
2.3.5. Sólidos solúveis totais (SST) e açúcares redutores, não redutores e totais.....	14
2.3.6. Estádio de maturação.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1. Escurecimento interno.....	19
3.2. Análises químicas.....	20
3.2.1. Acidez titulável.....	20
3.2.2. pH.....	20
3.2.3. Sólidos solúveis totais.....	20
3.2.4. Açúcares totais, redutores e não redutores.	21
3.2.5. Vitamina C total e ácido ascórbico.....	21
3.2.6. Compostos fenólicos.....	21
3.2.7. Atividade polifenol oxidásica.....	21
3.2.8. Atividade peroxidásica.....	22
3.2.9. Proteína.....	22
3.3. Análises estatísticas.....	22
4. RESULTADO E DISCUSSAO.....	23
4.1. Índice de escurecimento interno (E.I.).....	23

4.2	pH.....	28
4.3	Acidez titulável (% ácido cítrico).....	31
4.4	Sólidos solúveis totais (S.S.T.) e relação S.S.T./ Acidez.....	33
4.5	Açúcares totais, redutores e não redutores.....	36
4.6	Atividade peroxidásica.....	40
4.7	Atividade polifenoloxidase (PFO).....	43
4.8	Fenólicos totais.....	47
4.9	Acido ascórbico, relação de ácido ascórbico com vitamina C, dehidroascórbico e vitamina C.....	50
5.	CONCLUSOES.....	58
6.	RESUMO.....	58
7.	SUMMARY.....	60
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	62
	APENDICE.....	67



## LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Percentagem média de escurecimento interno durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	26
2	Percentagem média de número de frutos afetados, durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	27
3	Valores médios de pH durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne" sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989...	30
4	Teores percentuais médios de acidez titulável, durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne" sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	32
5	Teores percentuais médios de sólidos solúveis totais e relação sólidos solúveis totais/acidez, durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne" sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	35
6	Teores percentuais médios de açúcares totais, durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	38
7	Teores percentuais médios de açúcares redutores e açúcares não redutores, durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	39

8	Valores médios da PER (atividade proteolítica), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	41
9	Valores médios da PER (atividade específica), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	42
10	Valores médios de PFO (atividade proteolítica), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	45
11	Valores médios de PFO (atividade específica), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	46
12	Teores percentuais médios de compostos de fenólicos totais, durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989...	49
13	Teores percentuais médios de ácido ascórbico (mg/100g), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	51
14	Valores médios da percentagem de ácido ascórbico em relação a vitamina C total, durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	53
15	Teores médios de ácido dehidroascórbico (mg/100g), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	54
16	Valores médios de vitamina C total (mg/100g), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Curva e equação de regressão representativas da % do E.I , durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne" sob refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	26
2	Curva e equação de regressão representativas do número de frutos afetados pelo E.I. e dias de amadurecimento de abacaxis refrigerados c.v. "Smooth cayenne". ESAL, Lavras - MG, 1989.....	27
3	Curva e equação de regressão representativas de valores de pH durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	30
4	Curva e equação de regressão representativas dos teores de acidez titulável durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	32
5	Curva e equação de regressão representativas da relação sólidos solúveis/acidez, durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	35
6	Curva e equação de regressão representativas dos teores de açúcares totais durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	38
7	Curva e equação de regressão representativas dos teores açúcares redutores, durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	39

8	Curva e equação de regressão representativas da PER (atividade proteolítica), durante o amarelecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	41
9	Curva e equação de regressão representativas da PER (atividade específica), durante o amarelecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	42
10	Curva e equação de regressão representativas da PFO (atividade proteolítica), durante o amarelecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	45
11	Curva e equação de regressão representativas da PFO (atividade específica), durante o amarelecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	46
12	Curva e equação de regressão representativas de c-fenólicos totais, durante o amarelecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	49
13	Curva e equação de regressão representativas dos teores de ácido ascórbico, durante o amarelecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	51
14	Curva e equação de regressão representativas da % de ácido ascórbico em relação à vitamina C total, durante o amarelecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	53
15	Curva e equações de regressão representativas dos teores médios de ácido dehidroascórbico, durante o amarelecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	54
16	Curva e equação de regressão representativas da vitamina C total, durante o amadurecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.....	57

## 1. INTRODUÇÃO

O abacaxi é uma das principais frutas brasileiras e está presente, praticamente, o ano todo no mercado.

Minas Gerais é o segundo maior produtor de abacaxi do país, sendo o Triângulo Mineiro responsável por 92% da produção, concentrada nos municípios de Monte Alegre de Minas e Frutal (BOTREL, 1988).

Além de outras áreas de comercialização, próximas aos locais de produção, o abacaxi brasileiro também é negociado com os países do cone sul da América (TODA FRUTA, 1988) e nos últimos anos têm aumentado as exportações para a Europa e Estados Unidos, sendo os frutos transportados em caminhões e navios, sob condições de refrigeração.

O Brasil exportou em 1987, 15 mil toneladas de abacaxi, sendo que as vendas externas mundiais foram em torno de 350 mil toneladas (REVISTA CACEX, 1988).

A maior parte da exportação de abacaxi pelo Brasil é na forma de fruta fresca, que devido a sua alta perecibilidade exige cuidados especiais na fase de colheita, pós-colheita, e particularmente no transporte, o qual deve ser feito em condições de refrigeração.

A refrigeração para o transporte de abacaxi, à longas distâncias, causa a desordem fisiológica conhecida como escurecimento interno" (E.I.), "endogenous brown spot", ou "brunissement interne" (Dull, 1971, citado por PAULL & ROHRBACK, 1985), sendo um dos principais entraves à exportação, diminuindo a qualidade final do produto.

Como os estudos através da genética são a longo prazo e as exportações vêm aumentando acentuadamente, torna-se necessário a realização de trabalhos a curto prazo, visando minimizar os prejuízos causados pelo E.I.

É sabido que as alterações na composição química da polpa que conduzem e/ou que são consequência do E.I. se processam de forma mais acentuada na fase de comercialização, ou seja, em torno de sete dias após a frigorificação.

Cabe ressaltar, porém, a necessidade de se estabelecer as modificações ocorridas na composição do fruto da c.v. "Smooth Cayenne" durante o amadurecimento com e sem refrigeração visando estabelecer curvas de modificação nos componentes químicos e de desenvolvimento do E.I. devido ao "Chilling". Através do conhecimento destas alterações poder-se-á posteriormente indicar melhor método de controle destes distúrbios fisiológicos.

O presente trabalho teve como objetivos:

- Verificar o desenvolvimento do E.I., durante 8 dias de amadurecimento, após refrigeração e correlacionar o E.I. com alterações ocorridas na composição química dos frutos.

- Estabelecer as modificações ocorridas na composição química do fruto da cv Smooth Cayenne, durante 8 dias de amadurecimento, com e sem refrigeração.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Escurecimento interno

A qualidade de frutos após a colheita pode ser comprometida por vários fatores ambientais. Dentre eles encontram-se a exposição do fruto a temperaturas baixas, fora de sua faixa fisiológica aceitável.

Quando o abacaxi é submetido a temperaturas baixas, porém acima do ponto de congelamento, seu metabolismo é alterado, causando um distúrbio fisiológico, ao qual é dado o nome de escurecimento interno (DULL, 1971; AKAMINE et alii, 1975; TEISSON & COMBRES, 1979; ROHRBACH & PAULL, 1982 e PARKIN et alii, 1989).

O abacaxi colhido no verão pode desenvolver o E.I. durante a estocagem e transporte em baixas temperaturas (MILLER, 1951). Como no caso de muitos frutos e vegetais a refrigeração do abacaxi objetiva manter sua vida em termos de qualidade durante o transporte e estocagem (HULME, 1971; SALUMKHE et alii, 1984).

A partir do momento em que o fruto é submetido a temperaturas abaixo do nível crítico, o E.I. do abacaxi é um



fenômeno inevitável, mas a velocidade da ocorrência do sintoma é variável (TEISSON, 1979) e depende de fatores que influenciam na injúria, tais como: temperatura, tempo de exposição, estado metabólico do tecido (FENNEMA, 1975).

Condições climáticas, estádios de maturação e diferenças varietais exercem influência acentuada na composição química do abacaxi com conseqüente efeito no grau de E.I. dos frutos (MILLER & HALL, 1953; DULL, 1971; TEISSON, 1972; AKAMINE, 1976).

Em geral a intensidade da desordem aumenta com a diminuição da temperatura e com o aumento do tempo de exposição (TEISSON, 1979).

## 2.2. Sintomas e fases de ocorrência do E.I.

TEISSON, (1979) cita que os sintomas do E.I. são comparáveis as injúrias causadas por "Chilling" em certos frutos e vegetais. Através disso concluiu que o E.I. no abacaxi é uma injúria de "Chilling" causada pela exposição em temperaturas abaixo de 22°C (TEISSON, 1979; SMITH, 1983). Porém, LYONS, (1973) e PAULL & ROHRBACH, (1985) sugerem temperaturas abaixo de 12°C.

O sintoma da desordem começa sob a forma de pequenas manchas cinzas no ponto que liga os frutos individuais ao cilindro central. Os pontos escuros são envoltos por uma zona translúcida e vão escurecendo ligeiramente, progredindo até

invadir todo o fruto (MILLER & HEILMAN, 1952; TEISSON et alii, 1978; TEISSON & COMBRES (1979); ROHRBACH & PAULL, 1982; PY et alii (1984) e WILLS et alii (1985).

Nenhum sintoma da desordem pode ser evidenciado externamente, e o fruto afetado, portanto, não pode ser selecionado sem que se avalie a polpa (MILLER, 1951; TEISSON et alii, 1978; SMITH, 1983). O aparecimento dos sintomas de E.I. pode demorar alguns dias, devido à lenta acumulação de fenóis, e baixa atividade da polifenoloxidase (PFO), (VANLELYVELD & DE BRUYN, 1977).

Existe um mecanismo universal proposto por vários autores, para explicar a injúria causada pelo frio nos vegetais (PARKIN et alii, 1989). Esse mecanismo inicia-se com o efeito de temperaturas baixas nas membranas biológicas, é a teoria de transição (fase do volume de lipídeos). A base dessa teoria está no fato de os lipídeos se solidificarem em baixas temperaturas provocando rompimento das membranas, aumentando sua permeabilidade, causando um desbalanço metabólico irreversível (LYONS, 1973; WANG, 1982; PARKIN et alii, 1989).

Após a alteração da membrana, ocorrem mudanças fisiológicas prejudiciais ao fruto, com desenvolvimento de sintomas, tais como: escurecimento interno da polpa, diminuição na vida de armazenamento e mudanças na composição química do fruto (MILLER, 1951; VAN LELYVELD & DE BRUYN, 1977; WEATLEY, 1982; PAULL & ROHRBACH, 1985). Segundo WEATLEY (1982), as alterações que requerem atenção no estudo da anomalia são: mudanças na

estrutura e função da membrana, cessação do fluxo protoplasmático e alterações bioquímicas no fruto. São porém, necessárias pesquisas para determinar como uma resposta primária de plantas ao stress pelo "Chilling" leva a vários eventos secundários, indispensáveis para o entendimento da injúria "Chilling".

De acordo com (TEISSON, 1972; PAULL & ROHRBACH, 1985 e PARKIN et alii, 1989) existem duas fases distintas de ocorrência do E.I., ou seja:

a) - Fase de transporte que corresponde ao trajeto feito sob refrigeração até o local de comercialização. Geralmente, dura de 10 dias para mais, sob uma temperatura em torno de 10°C, U.R. 90%, onde iniciam as modificações químicas que darão origem ao escurecimento dos tecidos e,

b) - Fase de comercialização (reaquecimento do fruto), corresponde ao intervalo entre o descarregamento do fruto até o seu consumo. A temperatura desta fase geralmente é mais elevada que a de transporte. É neste período que ocorre o escurecimento dos tecidos.

## 2.3. Modificações químicas

### 2.3.1. Polifenoloxidase (PFO) e Peroxidase (PER)

O escurecimento dos frutos se dá principalmente pela oxidação enzimática dos fenóis. Dois tipos de enzimas podem intervir no processo de escurecimento: as polifenoloxidasas (PFO) e as peroxidases (PER) (BRAVERMAN, 1967; TEISSON, 1979; NICKERSON & RONSIVALLI, 1980).

As polifenoxidasas catalizam dois tipos de reações, ambas envolvendo compostos fenólicos. Essas reações envolvem hidroxilação de monofenóis para o-difenóis (atividade cresolásica), e a remoção dos hidrogênios de o-difenóis para o-quinomas (atividade catecolásica) (SCOTT, 1975; WHEATLEY, 1982). Ambas as reações utilizam oxigênio molecular. Segundo TEISSON (1979), a atividade da PFO "in vivo" não depende apenas da concentração ou quantidade da enzima, dos substratos, de ativadores ou inibidores naturais, mas também das características do meio celular.

VAN LELYVELD & DE BRUYN (1977); PAUL & ROHRBACH (1985), encontraram uma atividade da PFO significativamente maior nos frutos de abacaxi afetados pelo E.I.

A ativação da polifenoloxidase (PFO) na fase de comercialização é, sem dúvida, o fenômeno mais importante da E.I. no qual não ocorre uma modificação qualitativa, mas sim

quantitativa A atividade da PFO passa de um nível prático, valores traços, para um nível dosável (TEISSON, 1979).

Em trabalho realizado por VUKOMANOVIC (1988) chegou-se a conclusão que dentre todos os parâmetros estudados, a atividade da polifenoloxidásica apresentou-se mais relacionada a suscetibilidade do fruto ao E.I.

O sistema da PER está também envolvido na pós-colheita e resposta de tecidos injuriados de muitas plantas (WHEATLEY, 1982). A presença da atividade da PER é comum em muitos frutos, na presença de  $H_2O_2$  a PER cataliza a oxidação de substratos tais como fenóis (DILLEY, 1970; WHEATLEY, 1982). Segundo (VAN LELYVELD & DE BRUYN, 1977; TEISSON, 1979; PAULL & ROHRBACH, 1985) as anomalias causadas pelo frio parecem ser precedidas por uma solubilização das peroxidases, porém estes autores não encontraram diferença significativa entre a atividade enzimática de frutos sadios e afetados.

### 2.3.2. Compostos fenólicos

Escurecimento nos frutos envolvem monofenóis, os quais são orto-hidroxilados e também oxidados para o-quinonas, resultando em pigmentos escuros (MILLER, 1951; VAN LELYVELD & DE BRUYN, 1977; TEISSON et alii, 1979b; WHEATLEY, 1982; PAULL & ROHRBACH, 1985. Esses pigmentos escuros não contêm nitrogênio (N) e, portanto, são diferentes das melaninas (PAULL & ROHRBACH, 1985).

A importância dos fenóis no escurecimento dos tecidos dos frutos foi evidenciada por GOODMAN et alii (1967), citado por VAN LELYVELD & DE BRUYN, (1977). Os o-difenóis são ativamente sintetizados no fruto, esta síntese precede a ocorrência do sintoma de escurecimento. Estas substâncias são substratos importantes para o escurecimento (TEISSON et alii, 1979b). Os ácidos cinâmicos tem sido identificados em abacaxis e suas concentrações foram aumentadas em frutos com sintomas de E.I. (PAULL & ROHRBACH, 1985). Foram encontrados por VAN LELYVELD & DE BRUYN (1977) em abacaxis sadios e afetados, em ordem de significância quantitativa: os ácidos p-cumárico, caféico e ferrúlico, e compostos derivados do ácido cinâmico os quais constituem uma etapa chave na formação de outros compostos fenólicos mais complexos (VAN BUREN, 1970). Os teores de compostos fenólicos aumentam freqüentemente com a injúria pelo frio. Os frutos amarelos em geral são mais ricos em compostos fenólicos, por isso são mais sujeitos ao escurecimento (TEISSON, 1979). Na extração de compostos fenólicos, a fração polimerizada dos fenóis (oligo e poliméricas) é extraída em água ou fica retida na parede celular ou em algumas macromoléculas. As frações menores, com menor peso molecular são extraídas com metanol absoluto e metanol aquoso 50% (GOLDSTEIN & SWAIN, 1963). No abacaxi o maior conteúdo de compostos fenólicos das formas solúveis presentes nos frutos verdes tem sido associado à maior susceptibilidade dos mesmos ao E.I., quando comparados aos frutos mais maduros (MILLER, 1951; MILLER & HEILMAN, 1952;

PANTASTICO, 1975; TEISSON, 1979).

### 2.3.3. Acido ascórbico, dehidroascórbico e vitamina C

A vitamina C é muito encontrada no reino vegetal e recebe o nome de ácido ascórbico, forma principal de atividade biológica. Ao se oxidar, o ácido ascórbico se transforma em ácido dehidroascórbico, que é também ativo (BRAVERMAN, 1967; WILSS et alii 1984).

O ácido ascórbico é o inibidor natural mais importante do E.I., e está relacionado à variedade e aos estádios de maturação. Os teores de ácido ascórbico dos frutos, podem intervir no E.I. de duas maneiras: a) reduzindo as quinonas impedindo sua transformação em produtos coloridos, e conseqüentemente retardando o E.I. (SCOTT, 1975; VAN LELYVELD & DE BRUYN, 1977; TEISSON, 1979; WHEATLEY, 1982; PAULL & ROHRBACH, 1985); b) agindo diretamente sobre a atividade enzimática (como inibidor) TEISSON et alii, (1979b); TEISSON, (1979).

A sensibilidade dos frutos de abacaxi ao E.I. está estritamente ligada à composição do fruto e, em particular, ao teor de ácido ascórbico (TEISSON & COMBRES, 1979). Os níveis de ácido ascórbico têm sido associados com a intensidade dos sintomas de E.I. (SALUNKE & DESAI, 1984; PAULL & ROHRBACH, 1985) Trabalhos realizados por IVANOFF, (1946); TISSEAU, (1971), citados por TEISSON, (1979), mostraram uma diminuição do

ácido ascórbico nos frutos afetados pelo E.I. Esses mesmos autores observaram que a diminuição do ácido ascórbico precede a aparição dos sintomas. MILLER & HEIMAN (1952), MILLER & MARSTELLER (1953), AKAMINE et alii (1975), VAN LELYVELD & DE BRUYN (1977) também encontraram uma significativa redução de ácido ascórbico em abacaxis com E.I. VUKOMANOVIC (1988), confirmou que o ácido ascórbico, quando encontrado em concentrações elevadas, contribuiu para diminuir os sintomas de E.I. dos frutos da cv. "Smooth Cayenne". A solução mais radical para a diminuição do E.I. será através de: seleção e clones com maiores teores de ácido ascórbico e conseqüentemente menos sensíveis ao E.I., hibridação da variedade "Smooth Cayenne", que se encontra consolidada no comércio mundial, com variedades mais ricas em ácido ascórbico (TEISSON et alii, 1978).

Como os estudos através da genética são a longo prazo e as exportações vêm aumentando acentuadamente, torna-se necessário a realização de trabalhos a curto prazo, visando minimizar os prejuízos causados pelo E.I.

De acordo com KERNS e COLAB (1936), citados por MILLER & HALL (1953), e SGARBIERI (1966), a vitamina C não está distribuída uniformemente no fruto, apresentando uma maior concentração na parte superficial, logo abaixo da casca. Daí se explica o fato dos sintomas de E.I. aparecerem próximos ao cilindro central.



#### 2.3.4. Acidez e pH

A acidez do abacaxi é muito variável entre as variedades (HUET, 1958) e muito sensível à temperatura ambiente. Baixas temperaturas geralmente favorecem alta acidez e altas temperaturas, diminuem a acidez dos frutos (SGARBIERI, 1966; TEISSON, 1979). A acidez do abacaxi é expressa em ácido cítrico, uma vez que este ácido representa 87% da acidez total do fruto (HUET, 1958; DULL, 1971). Aproximadamente duas semanas antes da metade do fruto ficar amarela (considerado nível ótimo na qualidade do fruto para comercialização) o ácido cítrico começa a decrescer e a relação Brix-acidez começa a aumentar (SINGLETON & GORTNER 1965). Frutos maduros de abacaxi 'NATAL' apresentaram menor acidez, quando comparados aos frutos verdes e "de vez" (MILLER & HALL, 1953). Vários autores relacionam o E.I., com um decréscimo na acidez dos frutos afetados (TEISSON, 1972); TEISSON et alii, 1979b; PAULL & RORHBACH, 1982) porém não foram encontradas por MILLER & HEIMAN (1952) diferenças significativas na acidez de abacaxis com e sem E.I.

TEISSON et alii (1979a); TEISSON & COMBRES (1979), estudando abacaxis sadios e com E.I., observaram que as variações da acidez titulável explicam as diferenças na sensibilidade do fruto ao E.I.

Quanto ao pH a injúria causada por "Chilling" está relacionada a seu decréscimo (MILLER, 1951; TEISSON et alii, 1979b; SALUNKHE & DESAI, 1984). SILVA (1980), armazenando

abacaxis a 12°C por 39 dias encontrou decréscimos mais acentuados no pH, quando comparados aos frutos mantidos em temperatura ambiente.

A diminuição do pH, observado por TEISSON & COMBRES (1978), foi notadamente mais intensa nos frutos sensíveis ao E.I. Abacaxis estocados a 5°C por 48 horas também mostraram um significativo, abaixamento de pH, quando comparados com pH de abacaxis estocados à temperatura ambiente (MILLER, 1951).

#### **2.3.5. Sólidos solúveis totais (SST) e açúcares redutores, não redutores e totais**

O fruto de abacaxi colhido fresco contém de 12 a 15% de açúcares, dos quais 2/3 são de sacarose e o restante de glicose e frutose (HUET, 1958; SALUNKHE & DESAI, 1984; KERMASHA et alii, 1987). Aproximadamente duas semanas antes da metade do fruto ficar amarela (considerado nível ótimo na qualidade do fruto para comercialização), cessa a acumulação de sacarose e ocorre um pequeno aumento nos açúcares redutores (SINGLETON & GORTNER, 1965).

Uma baixa quantidade de açúcares totais e individuais nos frutos de abacaxi tem sido associada à susceptibilidade dos frutos ao E.I. (PAULL & ROHRBACH, 1985). Um leve aumento dos sólidos solúveis totais segundo PAULL & ROHRBACH (1982), pode ser relacionado a uma redução no E.I. Os sólidos solúveis totais

no suco do fruto aumentaram consideravelmente com o amadurecimento (KERMASHA, 1987). Estudando frutos sadios e afetados pelo E.I. MILLER & HEILMAN, (1952) não encontraram diferença significativa para os sólidos solúveis entre estes tipos de frutos.

### 2.3.6. Estádio de maturação

O estágio de maturação influencia no E.I. O abacaxi passa por uma máxima sensibilidade, no momento em que ele começa a se colorir externamente, que corresponde a sua máxima acidez (início da maturação) (MILLER & HALL, 1953; TEISSON & COMBRES, 1979; SMITH, 1983). Com a intensificação do amadurecimento o E.I. diminui (TEISSON & COMBRES, 1979). Nos frutos maduros a atividade da PFO diminui DILLEY, 1970 e também há diminuição dos fenólicos (GOLDSTEIN & SWAIN, 1963). Os dados encontrados por MILLER & HALL, 1953; SMITH, 1983) mostraram que os frutos verdes desenvolvem muito menos a injúria, em termos de número e intensidade da mancha, que os frutos maduros, mas a qualidade do fruto verde é inaceitável para o mercado. TEISSON et alii (1978) verificaram dentro de um mesmo lote de frutos, que os mais maduros foram os menos sensíveis. Porém, LEVERINGTON (1973), IVANOFF (1946), TISSEAU (1970, 1971), citados por MILLER (1951); MILLER & HEILMAN (1952); TEISSON (1979) relatam que frutos verdes são mais susceptíveis ao E.I. que frutos maduros.

VUKOMANOVIC (1988), concluiu que frutos da cv. Smooth Cayenne verdes e maduros apresentaram maiores sintomas de E.I. do que os frutos "de vez" sendo porém, os frutos verdes mais susceptíveis ao E.I. que os maduros.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Produtos Vegetal-EPAMIG/ESAL, Departamento de Ciência dos Alimentos.

Foram utilizados frutos da cultivar "Smooth Cayenne" provenientes de plantio instalado na fazenda da FAEPE, município de Ijaci, Minas Gerais, situado a 21°10' de latitude Sul, a 44° de longitude WGr, a uma altitude de 805 m. O clima de acordo com a classificação de KOPPEN é do tipo CWb, temperado, com inverno seco, apresentando as seguintes características: precipitação média anual de 1493 mm, temperatura média anual de 19,3°C, média anual das máximas de 26,0°C, média anual das mínimas de 14,66°C e insolação média diária de 11,4 horas. O solo onde foram coletados os frutos é do tipo Latossolo Vermelho-escuro (LE).

Os frutos foram colhidos maduros, em 24 de janeiro de 1989, com peso médio de 1,200 Kg, 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. Foram colhidos um total de 400 frutos.

Imediatamente após a colheita, os pedúnculos dos frutos foram tratados com uma esponja embebida em solução de benomyl

4.000 ppm e transportados para o Departamento de Ciência dos Alimentos, ESAL, onde foram selecionados, ao acaso, em 2 grupos de 200 frutos cada.

### **1º Grupo: armazenamento sem refrigeração (SR)**

Os frutos foram armazenados em contentores plásticos, em um cômodo de armazenamento da EPAMIG - Lavras - MG, sobre condições ambientais por 8 dias, ou seja, temperatura média de 25°C e umidade relativa média de 75%. As avaliações do E.I. e composição química dos frutos foram realizadas aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de amadurecimento em condições ambientais.

### **2º Grupo: armazenamento com refrigeração (CR)**

Logo após a colheita os frutos foram transportados e armazenados por 15 dias a 5°C e 95% U.R., na câmara climática da Fazenda Experimental da EPAMIG em Maria da Fé - MG. Após a refrigeração, os frutos foram conduzidos ao mesmo depósito do 1º grupo e armazenados nas mesmas condições, 25°C e 75% U.R. por 8 dias. Avaliações do E.I. e composição química foram realizadas aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de amadurecimento em condições ambientais.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos em esquema fatorial 2 x 5, onde estudou-se o tipo de armazenamento (com e sem refrigeração) e dias de amadurecimento (0, 2, 4, 6 e 8 dias). A parcela experimental foi composta de 10 frutos com 4 repetições.

Foram feitas as seguintes avaliações na polpa dos frutos, após armazenamento:

### 3.1. Escurecimento interno

A avaliação do índice de E.I. foi feita, descascando e cortando os 200 frutos longitudinalmente, determinando o E.I. pelo método topográfico, descrito a seguir.

Depois dos frutos descascados, as manchas e o contorno da polpa do fruto foram copiados em folhas de polietileno transparente com o auxílio de uma caneta apropriada. Estas folhas foram fotocopiadas e a porcentagem 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, calculando a porcentagem de área afetada.

### **3.2. Análises químicas**

Os frutos de cada grupo de 10 frutos foram descascados, as polpas cortadas em pedaços e misturadas, retirando-se uma amostra composta de partes dos 10 frutos, representativa do grupo, a qual foi liquidificada e realizadas as seguintes avaliações.

#### **3.2.1. Acidez titulável**

Determinada pela técnica preconizada pela AOAC (1970) e expressa em porcentagem de ácido cítrico.

#### **3.2.2. pH**

Obtido por potenciometria em eletrodo de vidro, segundo técnica da AOAC (1970).

#### **3.2.3. Sólidos solúveis totais**

Determinados por refratometria, conforme as normas de AOAC (1970), utilizando-se o refratômetro do tipo ABBE.



#### **3.2.4. Açúcares totais, redutores e não redutores**

Extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (1970) e determinados pela técnica de SOMOGY, adaptada por NELSON (1944)

#### **3.2.5. Vitamina C total e ácido ascórbico**

Foram determinados pelo método colorimétrico de ROE & KUETHER, citado por STROHECKER & HENNING (1967).

#### **3.2.6. Compostos fenólicos**

Foram extraídos de acordo com a técnica de SWAIN & HILLIS (1959) e dosados pelo método de FOLIN-DENIS, descrito pela AOAC (1970).

#### **3.2.7. Atividade polifenol oxidásica**

A enzima foi extraída de acordo com o método proposto por MATSUNO & URITANI (1972) e a atividade determinada segundo método proposto por TEISSON (1979).

### 3.2.8. Atividade peroxidásica

A enzima foi extraída e a atividade identificada de acordo de acordo com o método de MATSUNO & URITANI (1972).

### 3.2.9. Proteína do extrato enzimático

Foi determinada, após a precipitação em ácido perclórico, pelo método LOWRY (1951).

## 3.3. Análises Estatísticas

A diferença entre os tratamentos foi determinada por análise de variância utilizando-se teste de TUKEY a nível de 5%. Foram feitas análises de regressão entre dias de amadurecimento e teores dos parâmetros analisados.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Índice de escurecimento interno e número de frutos afetados

Os valores percentuais médios para o índice de escurecimento interno encontram-se no Quadro 1 e constata-se ter havido diferença significativa entre os diferentes dias de amadurecimento.

Observa-se pela Figura 1 que o escurecimento interno iniciou-se a partir do 4º dia após os frutos terem sido retirados da câmara fria e colocados à temperatura ambiente e o aumento da incidência desta anomalia teve um comportamento linear aumentando desde o 4º até o 8º dia. No 8º dia de amadurecimento foi encontrado um índice de escurecimento interno de 19,15%.

Quanto ao número de frutos afetados, pode-se verificar pelo Quadro 2, Figura 2, que este foi menor no 4º dia de amadurecimento, pela regressão houve um aumento linear o 8º dia. No presente trabalho, no 4º dia, 20% dos frutos apresentavam sintomas de E.I. com pequena intensidade, no 6º e 8º dias 70%

dos frutos apresentaram E.I. com maior intensidade.

Os resultados obtidos concordam com resultados de vários autores, entre eles TEISSON & COMBRES (1979) que após armazenarem abacaxis a 8°C por 10 dias, observaram haver durante a fase de comercialização (a 20°C) acréscimos na intensidade de E.I. Verificaram, também que quando abacaxis foram armazenados à temperatura de 5°C por 10 dias, o número de frutos afetados foi maior, porém com menor intensidade de E.I. quando comparados aos frutos mantidos em temperatura de 8°C e 10°C. Em outro trabalho feito por TEISSON (1972), observou-se que, à partir de 3 dias de armazenamento a uma temperatura de 8°C e 90% de U.R., 90% dos frutos já apresentavam sintomas de E.I., sendo porém estes sintomas de baixa intensidade.

VUKOMANOVIC (1988) armazenando abacaxis c.v. "Smooth cayenne" a 12°C por 14 dias seguido de 7 dias à temperatura ambiente encontrou um índice de E.I. para abacaxis no grau de maturação 2, de 30 a 40%. Os menores valores do índice de E.I. encontrados no presente trabalho, podem ser devidos a temperaturas menores de armazenamento utilizado no mesmo (5°C) quando comparado ao de VUKOMANOVIC (1988). O efeito das temperaturas mais baixas em aumentar o número de frutos afetados e diminuir a intensidade do E.I. também foi evidenciado por TEISSON & COMBRES (1979).

AKAMINE et alii (1975) verificaram que o E.I. usualmente aparece 4 dias após o fruto ter sido retirado do ambiente refrigerado, o mesmo ocorreu no presente trabalho. Segundo VAN

LELYVELD & DE BRUYN (1977) isto acontece devido a uma lenta acumulação de fenóis, ou baixa atividade de PFO.

Nenhum dos abacaxis analisados no presente trabalho no dia da colheita e durante 8 dias de amadurecimento, à temperatura ambiente, sem serem submetidos previamente a refrigeração apresentou E.I. AKAMINE (1976), estudando abacaxis refrigerados e sem refrigeração, observou que em nenhum dos casos o abacaxi colhido fresco mostrou E.I., concluindo que os tratamentos a frio, induziram a este distúrbio.

QUADRO 1 Percentagem média de escurecimento interno durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

DIAS DE AMADURECIMENTO	ARMAZENAMENTO	E.I.
0	SR	-
	CR	-
2	SR	-
	CR	-
4	SR	-
	CR	1,00 b
6	SR	-
	CR	7,00 a
8	SR	-
	CR	7,00 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas no sentido das colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

(-) não ocorrência de E.I.

Dados destransformados  $\log \left( \frac{x}{100} + 2,5 \right)$

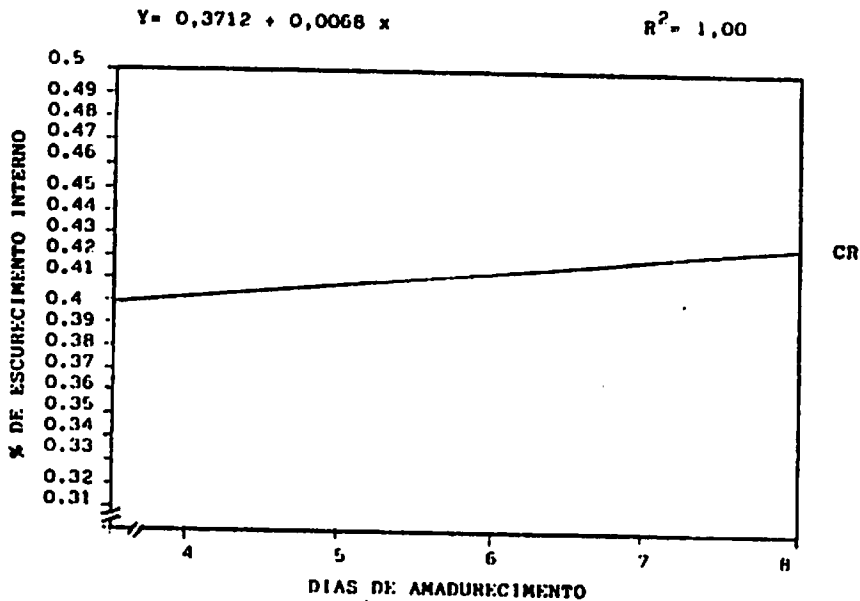


FIGURA 1. Curva e equação de regressão representativas da % do E.I., durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne sob refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

QUADRO 2 Percentagem média de número de frutos afetados, durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

DIAS DE AMADURECIMENTO	ARMAZENAMENTO	Nº DE FRUTOS AFETADOS
0	SR	-
	CR	-
2	SR	-
	CR	-
4	SR	-
	CR	1,00 b
6	SR	-
	CR	7,00 a
8	SR	-
	CR	7,00 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas no sentido das colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

(-) não ocorrência de E.I.

Dados destransformados  $\log \left( \frac{x + 2,5}{100} \right)$

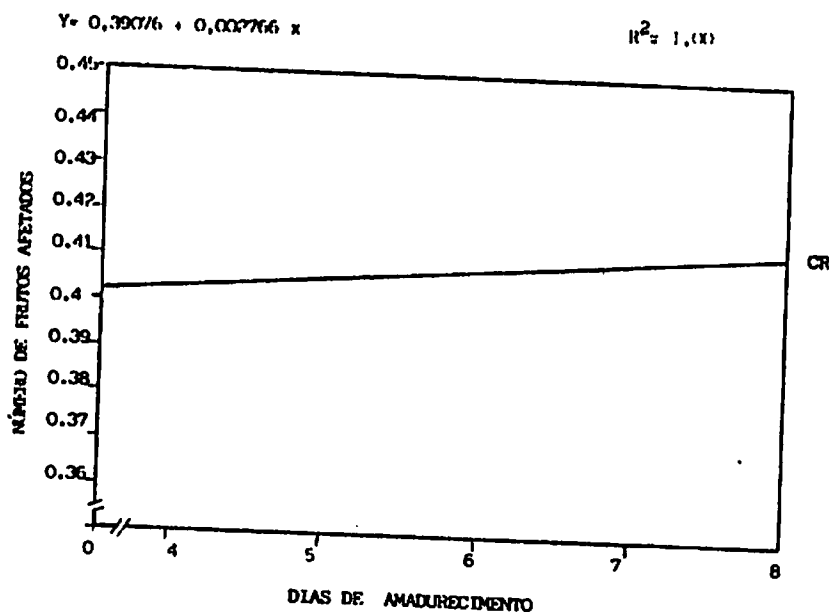


FIGURA 2 Curva e equação de regressão representativas do número de frutos afetados pelo E.I. e dias de amadurecimento de abacaxis refrigerados c.v. "Smooth cayenne". ESAL, Lavras - MG, 1989.

#### 4.2. pH

Os resultados do pH para os abacaxis com e sem refrigeração encontram-se no Quadro 3 e Figura 3.

Nesta figura observa-se ter havido resposta significativa entre valores de pH e dias de amadurecimento para abacaxis sem refrigeração.

Para os frutos não refrigerados, no dia da colheita o pH da polpa estava em torno de 3,58, tendo um pequeno decréscimo até o 2º dia, permanecendo constante até o 5º dia e a partir daí teve uma diminuição brusca até o 8º dia de amadurecimento. Resultados semelhantes foram encontrados por KERMAHA et alii (1987), quando estudavam as mudanças na composição química do abacaxi durante o amadurecimento. De acordo com SALUNKE & DESAI (1984), o período de amadurecimento do abacaxi é caracterizado por um declínio do pH da casca e polpa.

Nos abacaxis refrigerados, Quadro 3, o pH permaneceu constante, tendo diminuição somente no 4º dia, voltando a subir no 6º e 8º dias de amadurecimento, coincidindo com os maiores índices de E.I. e maiores números de frutos afetados. Segundo BRAVERMAN (1967) o pH dos tecidos vegetais desempenha um importante papel nos fenômenos de escurecimento. A diminuição do pH natural diminui apreciavelmente a velocidade do escurecimento. Os resultados de pH mostram uma conexão direta de pH e escurecimento interno.



Não foi encontrada diferença significativa para o pH dos frutos (com e sem refrigeração), conforme nos mostra o Quadro 2. Esse resultado discorda dos resultados de MILLER (1951), onde encontrou uma acentuada diminuição de pH em abacaxis armazenados a 5°C por 48 horas, quando comparados ao pH dos frutos armazenados em temperatura ambiente, porém o tempo de armazenamento usado por MILLER (1951) foi muito inferior ao do trabalho em questão que foi de 15 dias.

Após 15 dias de refrigeração e 8 dias de amadurecimento em temperatura ambiente, o pH situou-se em torno de 3,46, VUKOMANOVIC (1988) encontrou um pH de 3,45, após 14 dias de refrigeração e 7 dias de amadurecimento em temperatura ambiente.

QUADRO 3 Valores médios de pH durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARA-METROS	ARMAZ	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
pH	SR	3,58a	3,50a	3,50a	3,47a	3,30b	3,47A
	CR	3,50a	3,47a	3,30b	3,53a	3,47a	3,46A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

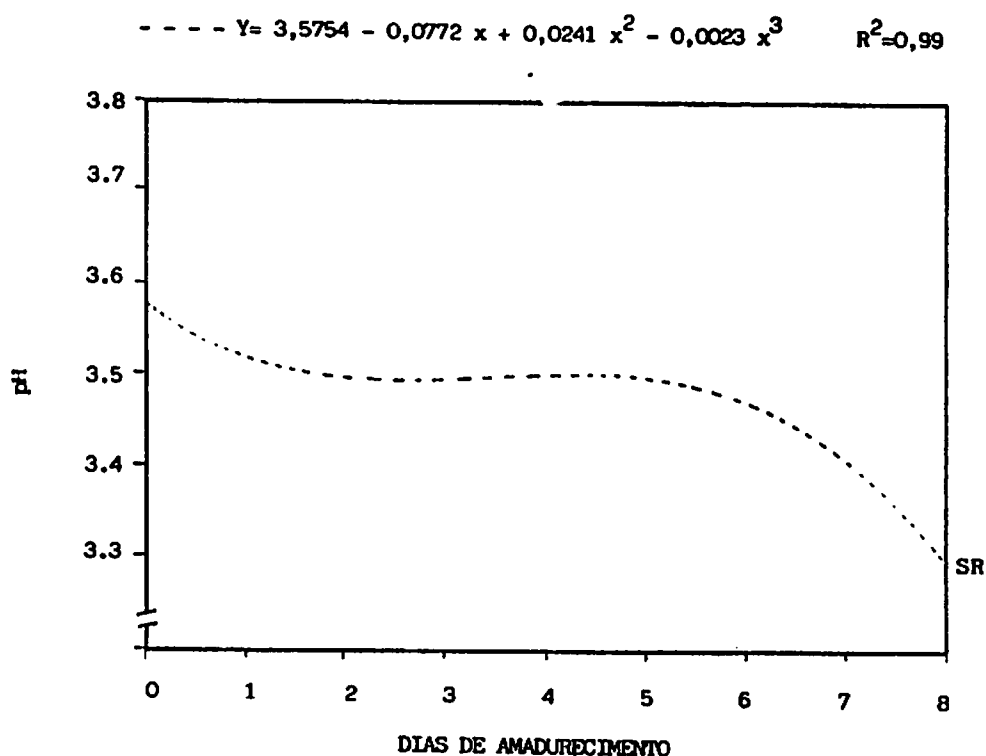


FIGURA 3. Curva e equação de regressão representativas de valores de pH durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

### 4.3. Acidez titulável

Os resultados obtidos e apresentados no Quadro 4 para acidez titulável mostraram diferenças significativas entre dias de amadurecimento e tipos de armazenamento. Nos abacaxis sem refrigeração a acidez titulável apresentou uma regressão linear, conforme Figura 4, aumentando com os dias de amadurecimento. SILVA (1980) estudando a c.v. "Smooth cayenne", observou que, em condições naturais, a acidez titulável também aumentou até a 13<sup>o</sup> dia de amadurecimento.

Apesar da percentagem de acidez titulável não diferiu estatisticamente durante o amadurecimento dos frutos refrigerados, Quadro 4, notou-se uma tendência em diminuir a acidez titulável com o aumento do índice de E.I. VAN LELYVELD & DE BRUYN (1976), constataram que embora a acidez titulável não desempenhe uma papel importante no desenvolvimento do E.I., ou seja, permaneceu constante do 8<sup>o</sup> dia de armazenamento por refrigeração foi significativo o decréscimo observado nos ácidos cítricos e málicos com o aparecimento dos sintomas de E.I.

A média de acidez titulável foi estatisticamente maior nos abacaxis sem refrigeração, quando comparados aos abacaxis refrigerados, Quadro 4. Esses resultados diferem dos de MILLER, (1951) e MILER & HEILMAN (1952), onde não encontraram diferença significativa entre os frutos sadios e afetados, em relação à acidez total. Porém PY et alii, cita que todos os fatores que tendem a aumentar a acidez dos frutos proporcionam uma

QUADRO 4. Teores percentuais médios de acidez titulável, durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne" sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARAMETROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
Acidez titulável (% ácido cítrico)	SR	3,58a	3,50a	3,50a	3,47a	3,30b	3,47A
	CR	3,50a	3,47a	3,30b	3,53a	3,47a	3,46B

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

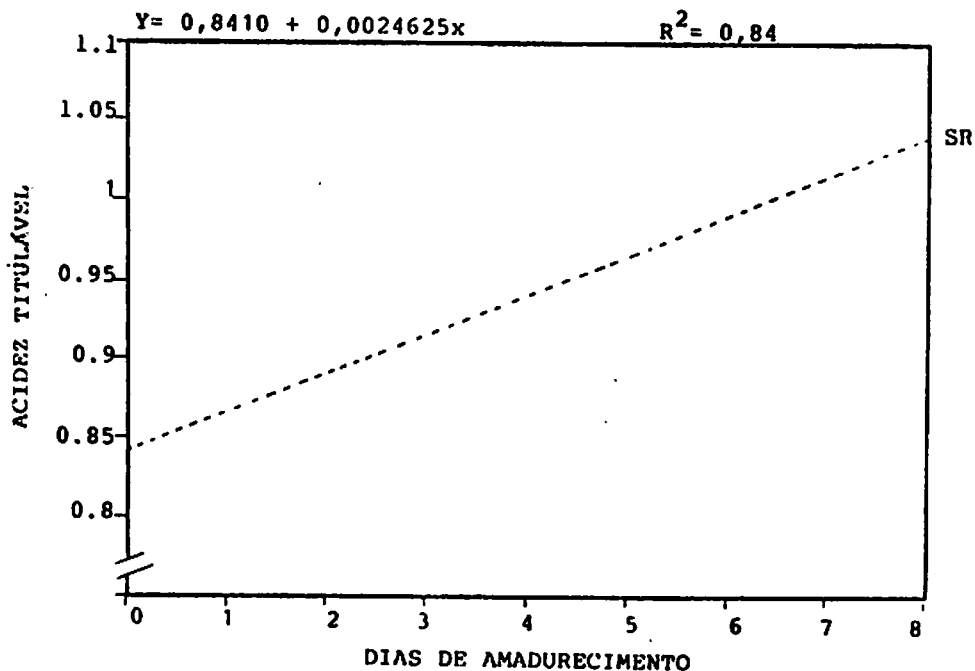


FIGURA 4. Curva e equação de regressão representativas dos teores de acidez titulável durante o amadurecimento do abacaxí c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

diminuição na incidência do E.I. TEISSON (1979), estudando abacaxis refrigerados, concluiu que o E.I. está ligado a uma baixa acidez explicando assim no presente trabalho a menor acidez nos frutos refrigerados.

#### 4.4. Sólidos solúveis totais (S.S.T) e relação S.S.T./Acidez

Como pode ser observado no Quadro 5 não houve diferenças significativas para os S.S.T. entre os dois tipos de armazenamento. Também não houve interação para os teores de S.S.T. entre dias de amadurecimento e tipos de armazenamento, conforme resultados apresentados no Quadro 1A (Apêndice). MILLER (1951) e MILLER & HEILMAN (1952) também não encontraram diferenças significativas no teor de S.S.T. dos abacaxis refrigerados e sem refrigeração.

No presente trabalho tanto para abacaxis refrigerados quanto sem refrigeração, houve tendência de menores valores de S.S.T nos abacaxis de amadurecimento mais avançado. De acordo com vários autores, MILLER & HALL (1953); DULL (1971); PAIVA (1978); FLATH (1980), tem-se observado um aumento progressivo dos S.S.T. no abacaxi durante o amadurecimento. Porém SILVA (1980) encontrou variações de S.S.T., apresentando alternadamente diminuições e aumentos nos 8 primeiros dias de amadurecimento para abacaxis armazenados a 25 - 30°C e 12°C.

Resultados semelhantes ocorreram.

Apesar de não haver diferença significativa entre dias de amadurecimento o maior valor de S.S.T foi obtido no 4º dia de amadurecimento, começando a cair a partir daí (Quadro 5). SINGLETON & GORTNER (1965) observaram que nos dias após o amadurecimento do fruto, os S.S.T. param de acumular. Esta mudança está associada com o início da senescência. Os frutos do presente trabalho foram colhidos num estágio médio de amadurecimento, podendo a partir do 6º dia, terem já entrado no período de senescência

Encontram-se no Quadro 5 os resultados de relação S S T /Acidez. Esta relação foi em média estatisticamente maior nos abacaxis refrigerados; isto se deve ao fato de nos abacaxis refrigerados a acidez ter sido menor que nos sem refrigeração, uma vez que os S.S.T. foram iguais para os 2 tipos de armazenamento. Esta relação permaneceu constante, durante o período de amadurecimento, para os abacaxis refrigerados.

A Figura 5 mostra os valores da relação S.S.T./Acidez para os abacaxis sem refrigeração. Os valores desta relação diminuíram até o final do amadurecimento coincidindo com resultados obtidos por SILVA (1980)

QUADRO 5 Teores percentuais médios de sólidos solúveis totais e relação sólidos solúveis totais/acidez, durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARAMETROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
Sólidos solúveis totais (%BRIX)	SR	12,93	13,63	13,75	12,80	12,00	13,02A
	CR	13,40	13,35	13,55	12,90	12,98	13,23A
	Médias Amad.	13,61ab	13,49ab	13,65a	12,85ab	12,49b	
Relação sólidos solúveis acidez	SR	15,56a	15,43a	14,67a	12,30b	12,00b	13,99B
	CR	14,83a	15,26a	15,94a	15,19a	15,55a	15,35A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os valores de sólidos solúveis totais apresentados no quadro para ilustrar o desenvolvimento durante o amadurecimento

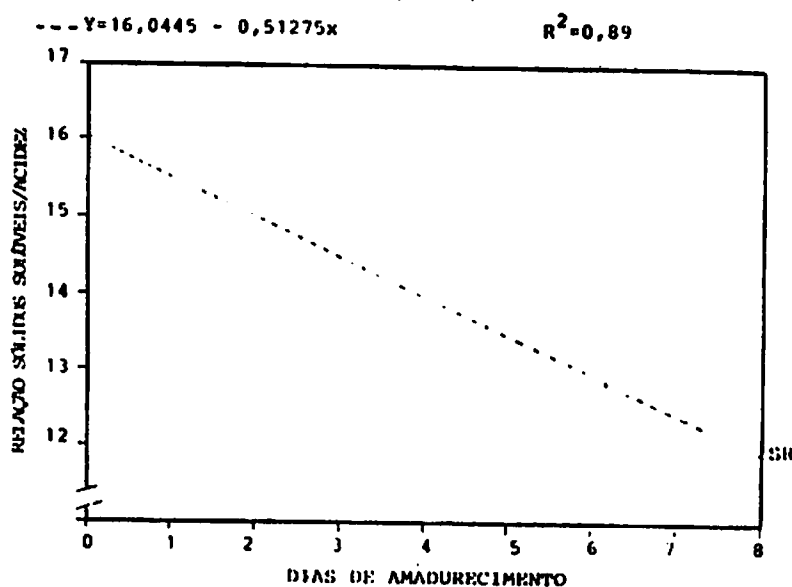


FIGURA 5. Curva e equação de regressão representativas da relação sólidos solúveis/acidez, durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

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

Os valores para açúcares totais nos abacaxis sem refrigeração são apresentados na Figura 6. Observa-se que os maiores valores foram encontrados no dia da colheita, decresceram até o 6º dia e, a partir daí, houve uma tendência de aumentos. Essa diminuição até o 6º dia pode talvez ter sido causada por uma utilização dos açúcares em outras vias metabólicas.

Nos abacaxis com refrigeração não houve diferença significativa entre os dias de amadurecimento em temperatura ambiente e suas médias foram maiores quando comparados aos abacaxis sem refrigeração. Estes dados são discordantes dos encontrados por VAN LELYVELD & DE BRUYN (1976), onde observaram que o desenvolvimento dos sintomas de E.I., encontra-se associado a uma diminuição nos teores de açúcares totais. No presente trabalho as baixas temperaturas podem ter diminuído a intensidade de utilização metabólica dos açúcares. Pela Figura 7 observa-se que os açúcares redutores dos frutos não refrigerados decresceram linearmente durante o período de amadurecimento indicando haver um início de senescência, ou seja, utilização dos mesmos na respiração.

Os açúcares não redutores nos abacaxis sem refrigeração tiveram uma queda no 4º dia de amadurecimento, sendo que, nos outros dias não apresentaram diferença significativa (Quadro 7). Este decréscimo pode ter sido devido a hidrólise dos mesmos em



redutores comprovado por aumentos destes últimos neste período.

Os açúcares redutores e não redutores, tiveram o mesmo comportamento dos açúcares totais, para os abacaxis refrigerados, pois não apresentaram diferença significativa durante o período de amadurecimento. VAN LELYVELD & DE BRUYN (1976) verificaram um decréscimo nos açúcares individuais, com o aparecimento do E.I. VUKOMANOVIC (1988), porém, não encontrou relação dos açúcares redutores com a susceptibilidade ao E.I.

Os frutos submetidos à refrigeração apresentaram-se com maiores teores de açúcares totais e redutores (maior doçura) que os frutos não refrigerados, porém quanto aos açúcares não redutores, não houve diferença significativa para os 2 tipos de armazenamento, Quadro 7. Esse aumento dos açúcares redutores nos abacaxis refrigerados é explicado pela inversão dos açúcares não redutores (sacarose) em açúcares redutores. Estes resultados concordam com a afirmação feita por ROCHA (1982), que quando o abacaxi é submetido à refrigeração em temperaturas inferiores a 7°C, ocorre uma inversão da sacarose.

QUADRO 6 Teores percentuais médios de açúcares totais, durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARAMENTROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
Açúcares totais (% glicose)	SR	14,09a	11,88a	7,84c	10,05bc	9,25bc	10,62B
	CR	12,16a	12,97a	11,64a	12,45a	11,19a	12,08A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

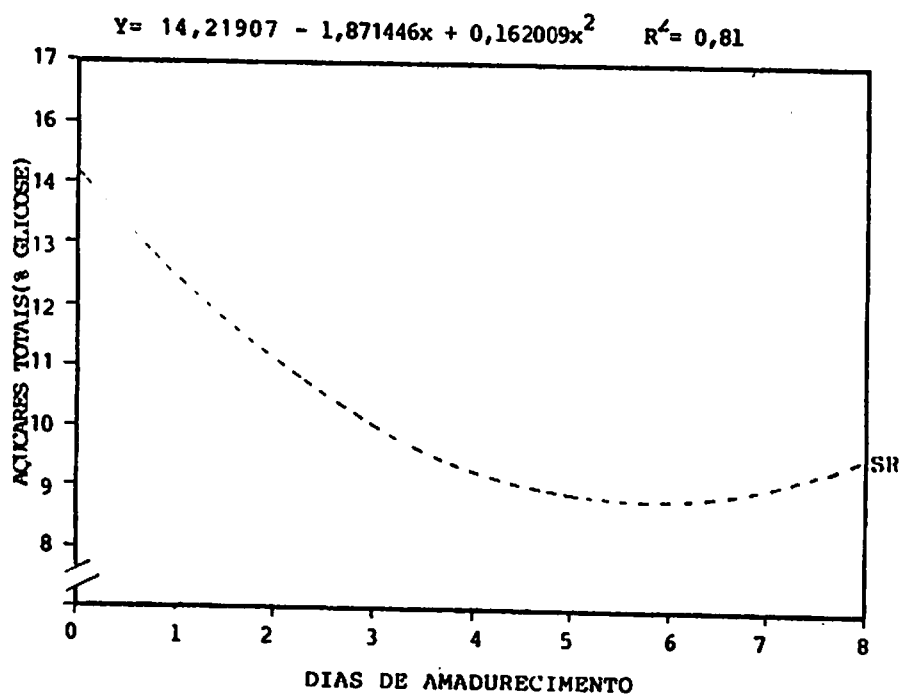


FIGURA 6. Curva e equação de regressão representativas dos teores de açúcares totais durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

QUADRO 7 Teores percentuais médios de açúcares redutores e açúcares não redutores, durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARAMENTROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
Açúcares red. (% glicose)	SR	7,59a	4,81b	6,52a	3,66b	3,90b	5,30B
	CR	6,78a	6,11a	7,19a	6,22a	5,93a	6,45A
Açúcares não redutores (% Sacarose)	SR	6,10a	6,65a	1,12b	6,00a	5,06a	4,66A
	CR	5,06a	6,45a	4,12a	5,86a	4,97a	5,29A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

† Dados destransformados  $\sqrt{x}$

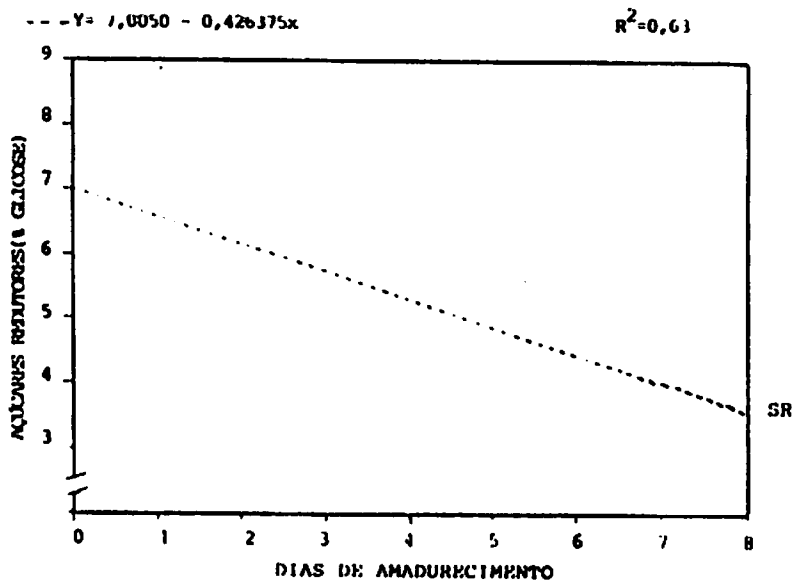


FIGURA 7. Curva e equação de regressão representativas dos teores açúcares redutores, durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

#### 4.6. Atividade peroxidásica

Na Figura 8 são apresentados os valores da peroxidase (PER) proteolítica, durante o período de amadurecimento, tanto para os abacaxis refrigerados quanto para os sem refrigeração.

A atividade da PER foi estatisticamente maior para os abacaxis refrigerados, conforme mostra o Quadro 8. Pela Figura 8 pode-se observar o comportamento da PER nos abacaxis refrigerados. Neste frutos o aumento da atividade da PER nos abacaxis refrigerados ocorreu de 0 até 8<sup>o</sup> dia. Vários autores como MILLER (1951), TEISSON et alii (1979), NICKERSON (1980), WHEATLEY (1982), citam a PER como enzima que intervém no processo de escurecimento dos tecidos vegetais, porém VAN LELYVELD & DE BRUYN (1977) e TEISSON (1979) encontraram atividade peroxidásica nos abacaxis, sem contudo haver conexão com o E.I.

A atividade específica da PER teve o mesmo comportamento da atividade proteolítica, para os abacaxis refrigerados, aumentando acentuadamente desde o 0 até o 8<sup>o</sup> dia, Figura 9.

O aumento encontrado nas atividades da PER, durante o amadurecimento do abacaxi refrigerado, pode ser explicado pela conclusão tirada por WHEATLEY (1982), o qual associa o aumento na atividade da PER com mecanismos de resistência a injúrias, uma vez que esta enzima tem uma ação importante na síntese de lignina. E que a combinação entre aumentos da atividade da PER e acréscimos no teores de compostos fenólicos em tecidos de

QUADRO 8. Valores médios da PER (atividade proteolítica), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARAMENTRO	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
PER (atividade proteolítica: (D.O./min./g.tecido)	SR	1,62a	0,83b	1,27a	1,52a	1,48a	1,34B
	CR	0,50e	0,95d	2,30c	3,55a	2,83b	2,03A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

$$- \text{---} y = 1,598857 - 0,706399x + 0,211607x^2 - 0,15677x^3 \quad R^2 = 0,94$$

$$\text{—} y = 0,225857 + 0,710393x - 0,043393x^2 \quad R^2 = 0,87$$

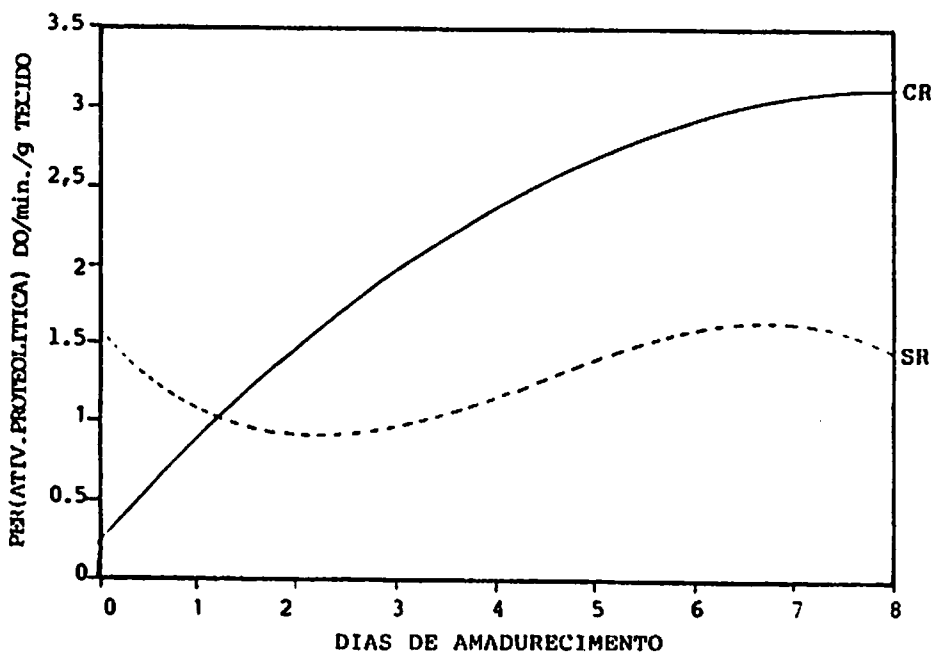


FIGURA 8. Curva e equação de regressão representativas da PER (atividade proteolítica), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

QUADRO 9 Valores médios da PER (atividade específica), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG. 1989

PARAMENTROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
PER (atividade específica U/min ag Proteína)	SR	0,09a	0,05b	0,06ab	0,08ab	0,08ab	0,07B
	CR	0,02d	0,04c	0,09b	0,15a	0,12ab	0,08A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

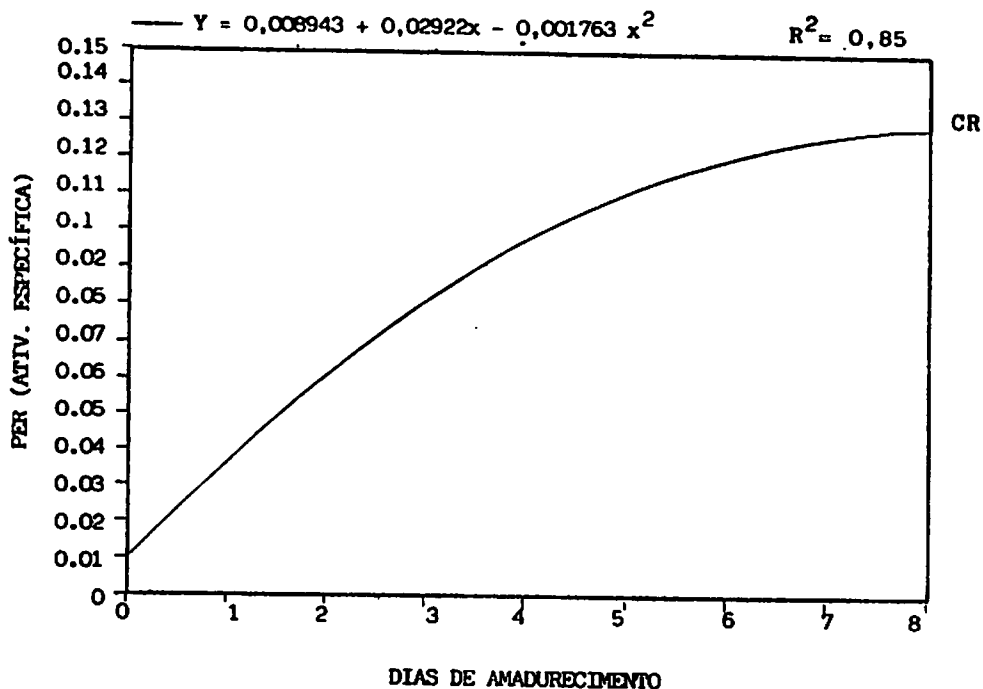


FIGURA 9. Curva e equação de regressão representativas da PER (atividade específica), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne" sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

plantas, ajudam a planta a resistir e recuperar de injúrias causados por infecção ou stress.

As atividades da PER nos abacaxis sem refrigeração, tiveram decréscimos e aumentos, durante o período de amadurecimento, conforme mostram os Quadros 8 e 9, porém de acordo com Quadros 8 e 9, os valores das atividades proteolíticas e específicas da PER nos abacaxis refrigerados foram estatisticamente maiores que nos abacaxis sem refrigeração. Pode-se também observar nestes quadros que, no dia da colheita dos frutos, ou seja, 0 dias para frutos não refrigerados, as atividades da PER foram altas indicando a existência destas em abacaxis independente da refrigeração.

Os resultados encontrados no presente trabalho sugerem haver uma relação entre a atividade da PER e o E.I. dos frutos refrigerados, discordando de VAN LELYVELD & DE BRUYN (1977) e TEISSON (1979), citados anteriormente e que afirmam não haver uma relação entre esta enzima e o E.I.

#### **4.7. Atividade polifenoloxidase (PFO)**

Os resultados das atividades da PFO (específica e proteolítica) após o armazenamento dos frutos encontram-se na Figura 10 e 11, e Quadros 10 e 11.

Observa-se ter havido aumentos lineares nas atividades proteolíticas e específicas da PFO durante o período de amadurecimento dos abacaxis refrigerados. Também houve aumentos nas atividades da PFO até o 6º dia, seguido de ligeiro

decréscimo para os abacaxis sem refrigeração, porém os teores médios foram estatisticamente menores, quando comparados aos dos abacaxis refrigerados, Quadro 10 e 11.

No presente trabalho a atividade polifenolosidásica teve um aumento no final do armazenamento para os abacaxis sem refrigeração, de 1.3 vezes e para os abacaxis refrigerados esse aumento foi de 3.1 vezes. VUKOMANOVIC (1988) encontrou um aumento de 2.5, 2.0 e 3.5 vezes nos frutos refrigerados verde, de vez e maduros, respectivamente.

De acordo com TEISSON (1979) a atividade polifenoloxidásica é praticamente nula no momento da colheita e durante a conservação a baixas temperaturas, porém após os frutos serem transferidos para (20°C) condições ambientais apresentaram um aumento de 30 vezes na atividade da PFO, segundo PAULL & ROHRBACH (1985) e de 3.5 vezes de acordo com VAN LELYVELD & DE BRUN (1977).

Pelos resultados obtidos, podemos comprovar a teoria do mecanismo do "chilling", proposto por LYONS (1973) e MORRIS (1982), onde é ressaltado que, quando os frutos são expostos à baixas temperaturas, há um aumento da permeabilidade da membrana celular e um aumento da energia de ativação de enzimas, tais como PER e PFO.

Comparando o aumento linear da atividade enzimática e o acréscimo no índice de escurecimento interno, podemos afirmar que há uma ligação direta entre a enzima e o E.I. Esses resultados vem a confirmar a afirmação de SCOTT (1975) que





QUADRO 10 Valores médios de PFO (atividade proteolítica), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARAMENTROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
PFO (atividade proteolítica) (D.D./min/g.tecido)	SR	2,75b	4,25b	4,05ab	5,45a	3,15b	3,93B
	CR	3,47d	5,25c	6,80b	7,65b	10,95ab	6,82A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

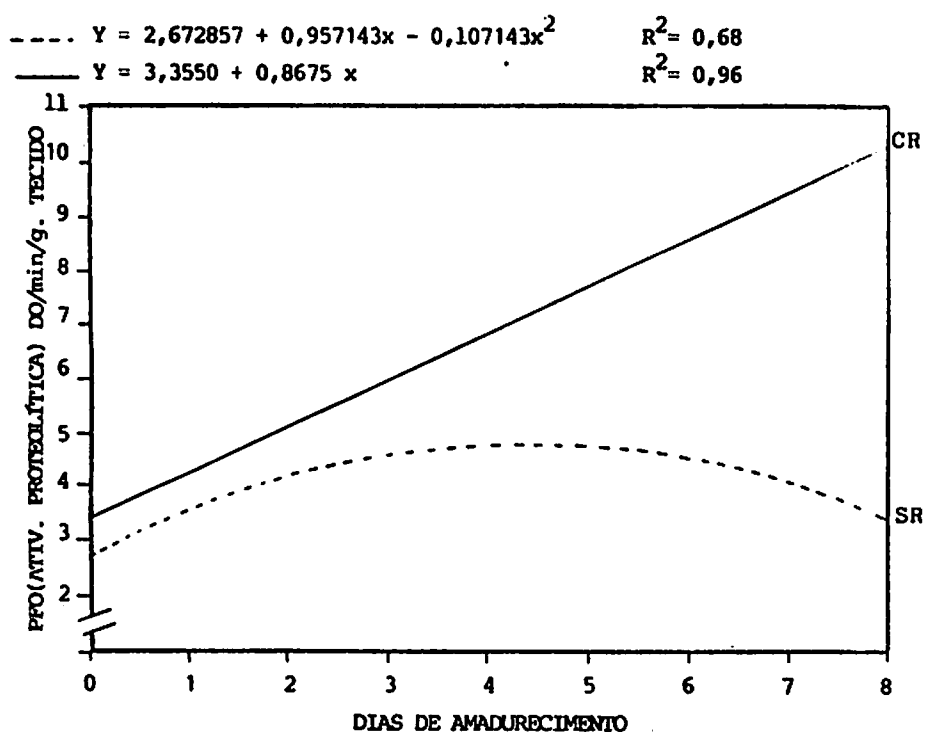


FIGURA 10. Curva e equação de regressão representativas da PFO (atividade proteolítica), durante o amadurecimento de abacaxi c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

QUADRO 11 Valores médios de PFO (atividade específica), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração ESAL, Lavras - MG, 1988.

PARAMENTROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
PFO (atividade específica) (U/min/mg Proteína)	SR	0,16b	0,26a	0,19bb	0,30a	0,17b	0,22B
	CR	0,14b	0,22b	0,26b	0,32b	0,45a	0,28A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

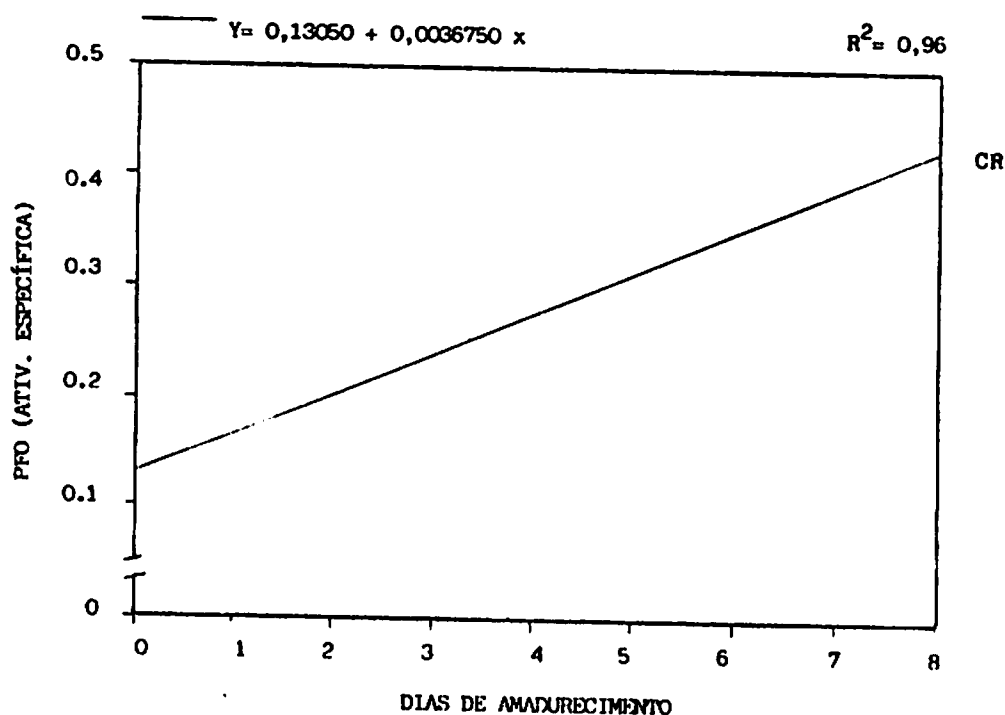


FIGURA 11. Curva e equação de regressão representativas da PFO (atividade específica), durante o amadurecimento de abacaxi c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1988.

embora várias enzimas possam estar envolvidas nos processos de escurecimento enzimático de muitos frutos e vegetais, a polifenoloxidase apresenta-se como a mais importante.

#### 4.8. Fenólicos totais

Os valores encontrados para compostos fenólicos totais encontram-se na Figura 12 e Quadro 12. Observa-se que os abacaxis com refrigeração apresentaram teores bem mais elevados no início do amadurecimento quando comparados aos frutos sem refrigeração. Os teores dos frutos refrigerados apresentaram um pequeno decréscimo até o 2º dia seguido de queda acentuada até o final do amadurecimento.

Segundo TEISSON et alii (1979b), os o-difenóis são ativamente sintetizados dentro do fruto refrigerado, durante a refrigeração, explicando os altos valores encontrados para os abacaxis refrigerados no início do armazenamento, em temperatura ambiente, no presente trabalho. A queda desses compostos fenólicos até o 2º dia pode ser explicada como um consumo em outras vias metabólicas e o acréscimo posterior, pode ser devido ao mecanismo de defesa do fruto. Cabe ressaltar que o acréscimo nesses constituintes até o 6º dia foi coincidente com o acréscimo no índice de escurecimento interno. A queda brusca do 6º ao 8º dia, se deve ao fato de que, logo após a injúria causada pelo frio, os fenóis já presentes no fruto podem ser

oxidados para o-quinonas, pela ação da PFO, segundo WHEATLEY (1982) E, de acordo com GOLDSTEIN & SWAIN (1963), estes compostos oxidados (quinonas) não são detectadas pelo método de FOLIN-DENIS, utilizado no presente trabalho.

A oxidação dos compostos fenólicos nos frutos refrigerados pode ser confirmada no presente trabalho, pelo aumento nas atividade da PER e PFO e pelos mais altos teores de fenólicos aos 6 dias e queda do 6º ao 8º dia (formação de quinonas) coincidentes com teores elevados da E.I.

Para os abacaxis sem refrigeração os teores destes fenólicos aumentaram ligeiramente, até o 6º dia, começando a diminuir no final, enquanto que nos abacaxis refrigerados o aumento foi acentuado indicando que a refrigeração ativou a síntese desses compostos. VAN LELYVELD & DE BRUYN (1977), estudando abacaxis sadios e afetados pelo E.I. encontraram esses compostos em extratos de frutos sadios e afetados pelo E.I.

Os frutos refrigerados apresentaram médias estatisticamente maiores quando comparados aos abacaxis sem refrigeração, Quadro 12. Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados por TEISSON et alii (1979b), onde verificaram aumentos na quantidade de fenólicos em frutos com E.I., comparados aos sadios.

QUADRO 12. Teores percentuais médios de compostos de fenólicos totais, durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARÂMETROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MÉDIAS
		0	2	4	6	8	
Fenólicos totais (mg/100g.tecido)	SR	139,73b	153,07ab	164,85ab	164,85ab	157,97ab	156,06B
	CR	200,18b	193,90b	196,25b	234,71a	150,72b	195,15A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

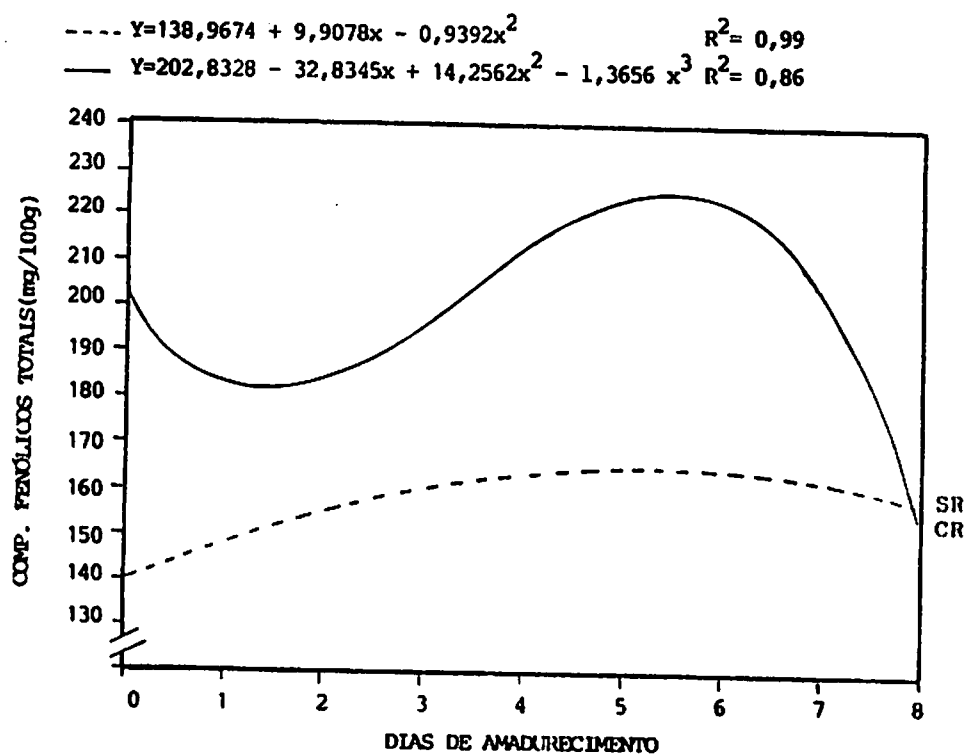


FIGURA 12. Curva e equação de regressão representativas de c-fenólicos totais, durante o amadurecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

#### 4.9. Acido ascórbico, relação de ácido ascórbico com vitamina C, dehidroascórbico e vitamina C.

Nas Figuras 13 e 14 e Quadros 13 e 14, encontram-se os valores para o ácido ascórbico e % de ácido ascórbico em relação à vitamina C total.

Nos abacaxis sem refrigeração, tanto o ácido ascórbico quanto a % de ácido ascórbico aumentaram linearmente apresentando durante os dias de amadurecimento um comportamento semelhante, tiveram maiores valores no 8º dia de amadurecimento, discordando da literatura, onde MILLER & HALL (1953), PAIVA (1978), SGARBIERI (1986) citam que o amadurecimento e o desaparecimento da clorofila da casca acompanharam o decréscimo na quantidade do ácido ascórbico.

Pela Figura 15 observa-se que, no momento da colheita, os frutos apresentaram alto teor de ácido dehidroascórbico, coincidindo com o mais baixo nível de ácido ascórbico; portanto, ocorreu a reversão do ácido dehidroascórbico em ácido ascórbico, explicando assim, o aumento no teor de ácido ascórbico durante o amadurecimento do fruto sem refrigeração.

Segundo BRAVERMAN (1967) o ácido ascórbico, ao se oxidar, transforma-se em ácido dehidroascórbico e esta reação pode ou não ser reversível.

QUADRO 13. Teores percentuais médios de ácido ascórbico (mg/100g), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARAMENTROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					
		0	2	4	6	8	MEDIAS
Acido ascórbico (mg/100g.tecido)	SR	3,46c	3,76cb	9,12ab	6,25b	12,18a	6,55B
	CR	12,82b	5,86c	17,22a	6,81c	5,52c	9,12A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

‡ Médias destransformadas  $\sqrt{x}$

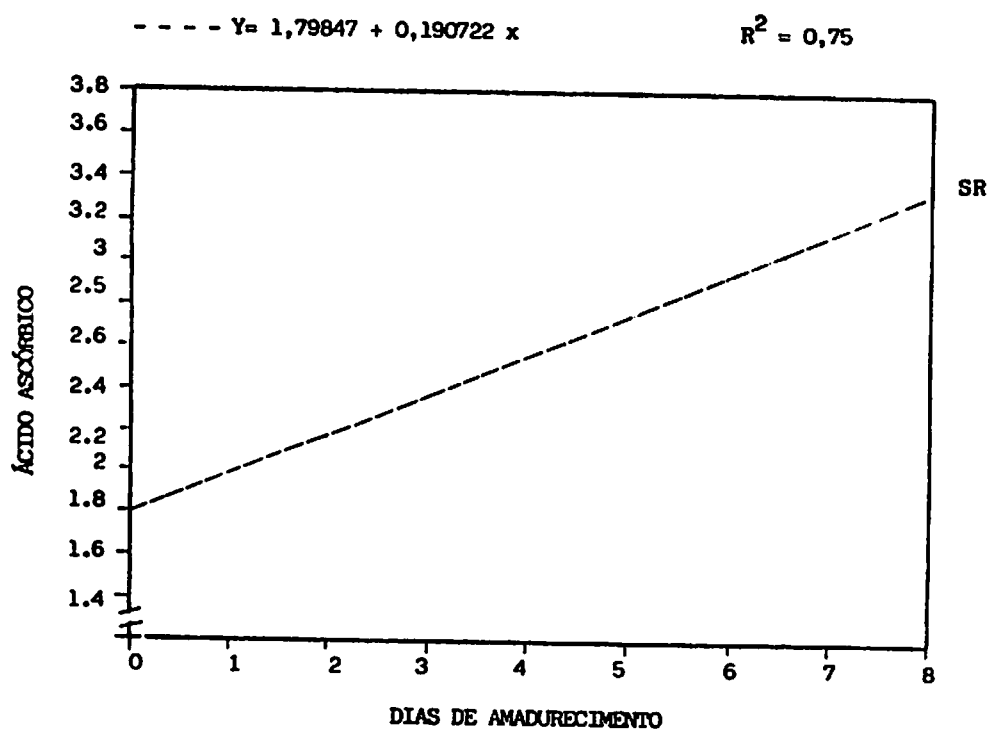


FIGURA 13. Curva e equação de regressão representativas dos teores de ácido ascórbico, durante o amadurecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.



Nos resultados apresentados pelos frutos refrigerados no Quadro 13, observa-se que os menores valores de ácido ascórbico nos 6<sup>o</sup> e 8<sup>o</sup> dias coincidiram com os maiores graus de E.I.

A sensibilidade do fruto ao escurecimento interno está estreitamente ligada à composição química do fruto, em particular ao teor de ácido ascórbico TEISSON (1979). TEISSON (1979) e PAULL & ROUHRBACH (1985), observaram que os níveis de ácido ascórbico estão associados ao grau de expressão dos sintomas de E.I. Quando o ácido ascórbico se encontra em teores mais altos, o escurecimento interno é controlado.

Os valores para ácido ascórbico e relação de ácido ascórbico foram estatisticamente maiores nos abacaxis refrigerados, quando comparados aos abacaxis sem refrigeração, Quadro 13 e 14. TEISSON et alii (1979b) estudando escurecimento interno de abacaxis também observaram que os teores de ácido ascórbico aumentaram com a refrigeração.

No Quadro 13 observa-se para os frutos refrigerados que o ácido ascórbico teve um decréscimo até o 2<sup>o</sup> dia de amadurecimento, aumentando até o 4<sup>o</sup> dia, voltando a decrescer até o final do amadurecimento. Esta diminuição no início do armazenamento foi encontrada por MILLER & HEILMAN (1952), antes do aparecimento dos sintomas de E.I.

Os aumentos nos teores de ácido dehidroascórbico, coincidiram com as quedas nos teores de ácido ascórbico, isto devido à reação de oxidação do ácido ascórbico, Quadros 13 e 15.

QUADRO 14 Valores médios da percentagem de ácido ascórbico em relação a vitamina C total, durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARAMENTROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MÉDIAS
		0	2	4	6	8	
% ácido ascórbico em relação a vitamina C	SR	17,17d	19,50c	39,81ab	27,54bc	52,40a	28,84B
	CR	58,80a	33,88b	64,56a	46,77a	36,31b	46,77A

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

‡ Médias destransformadas log.dec.

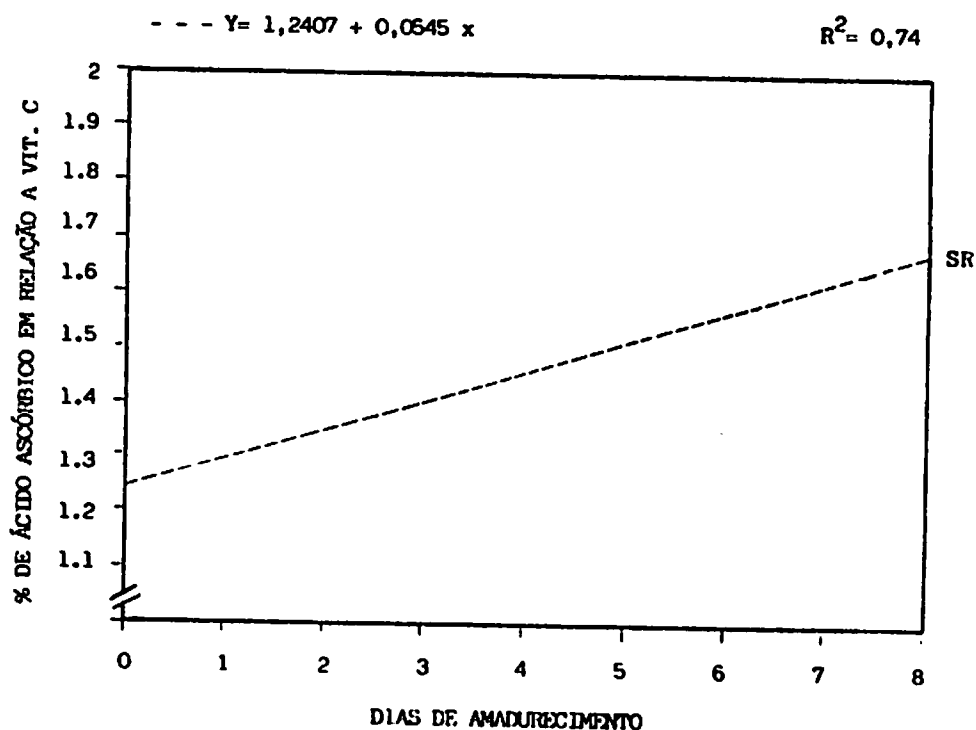


FIGURA 14. Curva e equação de regressão representativas da % de ácido ascórbico em relação à vitamina C total, durante o amadurecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

QUADRO 15 Teores médios de ácido dehidroascórbico (mg/100g), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARAMENTROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
Acido dehidroascórbico (mg/100g.tecido)	SR	15,51a	15,12ab	13,90b	16,15a	10,85c	14,12A
	CR	9,17b	11,56a	9,17b	7,70b	8,98b	9,32B

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

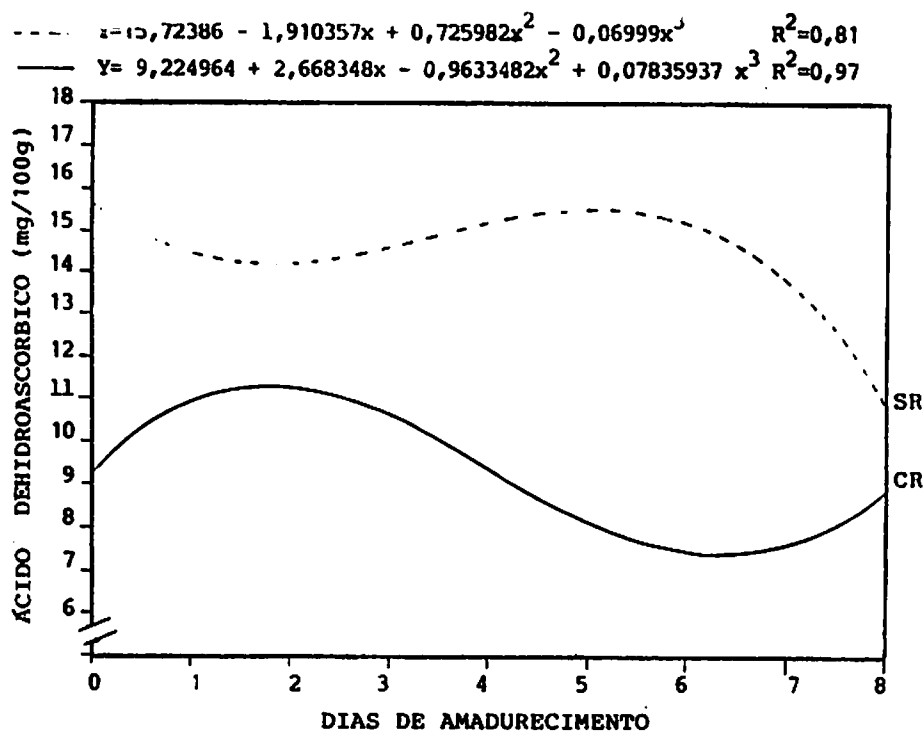


FIGURA 15. Curva e equações de regressão representativas dos teores médios de ácido dehidroascórbico, durante o amadurecimento de abacaxis c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

Os altos valores encontrados para o ácido dehidroascórbico, logo após a colheita anterior ao armazenamento, Figura 15, é divergente da observação feita por WILLS et alii (1984), de que o nível de ácido dehidroascórbico em frutos e vegetais frescos é relativamente baixo. A refrigeração causou um decréscimo no teor de ácido dehidroascórbico, quando comparado aos abacaxis sem refrigeração, Quadro 15. TEISSON (1979) observou esse decréscimo nos abacaxis sensíveis ao E.I.

Os teores de vitamina C no abacaxi são muito variáveis e, segundo TEISSON (1979) e PY (1984), a cultivar Smooth Cayenne é considerada uma das mais pobres em vitamina C, (10 mg/100g) enquanto que outras variedades atingem 35,18 mg/100g de vitamina C.

Os valores da vitamina C total se encontram na Figura 16, Quadro 16. Os menores valores desta vitamina para os abacaxis refrigerados foram observados no 6º e 8º dias de amadurecimento, coincidindo com a máxima incidência do E.I. Esta diminuição pode ser explicada pela oxidação do ácido ascórbico a outros compostos que não foram identificados no presente trabalho (ácido alfa-ceto gulônico).

Na Figura 16 observa-se que para os abacaxis não refrigerados houve um aumento linear até o final do armazenamento.

Para os abacaxis sem refrigeração os teores de vitamina C total foram bem menores no início do armazenamento quando comparados aos abacaxis refrigerados Figura 16. VUKOMANOVIC

(1988) também observou que após o armazenamento refrigerado, os teores de vitamina C estavam mais elevados que nos abacaxis no dia da colheita.

Os teores médios de vitamina C foram estatisticamente maiores para os abacaxis sem refrigeração, quando comparados aos abacaxis refrigerados, Quadro 6. Os dados encontrados discordam dos encontrados por VUKOMANOVIC (1988), onde o mesmo não detectou diferença significativa entre frutos refrigerados e não refrigerados. Os mais baixos teores desta vitamina nos frutos submetidos a baixa temperatura podem ser atribuídos a um catabolismo mais intenso nos frutos injuriados conduzindo a degradação de vitamina C.

Visando explicar as variações ocorridas nos teores de vitamina C total e ácido ascórbico sugere-se a realização de trabalhos futuros envolvendo a determinação da atividade da ácidoascórbicooxidase.

QUADRO 16 Valores médios de vitamina C total (mg/100g), durante o amadurecimento do abacaxi c.v. "Smooth cayenne", sob armazenamento com e sem refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

PARAMENTROS	ARMAZENAMENTO	DIAS DE AMADURECIMENTO					MEDIAS
		0	2	4	6	8	
Vitamina C total (mg/100g.tecido)	SR	19,06c	18,93c	23,04a	22,55b	23,03ab	21,32A
	CR	21,99b	17,46c	26,43a	14,51d	14,63d	19,00B

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

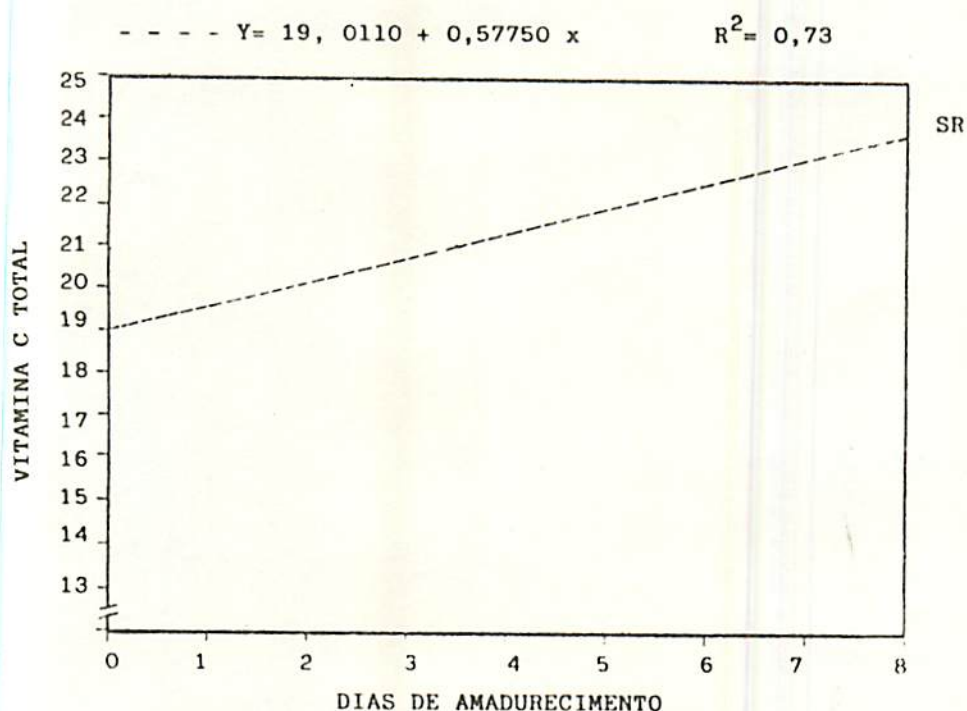


FIGURA 16. Curva e equação de regressão representativas da vitamina C total, durante o amadurecimento de abacaxi c.v. "Smooth cayenne" com refrigeração. ESAL, Lavras - MG, 1989.

## 5. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos nas condições experimentais do presente trabalho conclui-se que:

- O escurecimento interno ocorreu somente em frutos refrigerados e a percentagem de frutos afetados no 8º dia de amadurecimento foi de 70%.
- O aumento no escurecimento interno foi relacionado com:
  - . Acréscimos nas atividades das enzimas PER e PFO, pH, teores de fenólicos, e decréscimos nos teores de ácido ascórbico e vitamina C total.
- Abacaxis refrigerados apresentaram-se com teores mais elevados de PFO, PER, S.S.T/ACIDEZ, fenólicos totais, açúcares totais e redutores, ácido ascórbico e menores teores de acidez titulável, vitamina C total e ácido dehidroascórbico que os abacaxis não refrigerados.

## 6. RESUMO

No presente estudo foram verificados os efeitos da refrigeração nas alterações do E.I. e composição química durante o amadurecimento do abacaxi c.v. Smooth Cayenne, à temperatura ambiente.

Os frutos foram colhidos na Fazenda FAEPE, município de Ijaci-MG, no estágio de maturação "de vez" e armazenados em câmara fria e em temperatura ambiente. As avaliações foram realizadas aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de amadurecimento, após a colheita e após refrigeração.

Foi observado que o E.I. ocorreu somente em frutos refrigerados, e que o aumento no escurecimento interno foi relacionado com aumentos nas atividades das enzimas, peroxidase e polifenoloxidase, pH, teores de compostos fenólicos e decréscimos nos teores de ácido ascórbico e vitamina C total.

Os abacaxis refrigerados apresentaram teores mais elevados de PFO, PER, S.S.T/ACIDEZ, fenólicos totais, açúcares totais e redutores e ácido ascórbico.

Apresentaram menores teores em acidez titulável, vitamina C total e ácido dehidroascórbico que os não refrigerados.



## 7. SUMMARY

### CHANGES ON INTERNAL BREAKDOWN AND CHEMICAL COMPOSITION c.v. Smooth cayenne DURING WITH AND WITHOUT REFRIGERATION RIPEMING

On this work was verified refrigeration effect on internal breakdown and chemical composition of pineapple cv. Smooth Cayenne

Pineapple were harvest at "Fazenda FAEPE" county of Ijaci-MG" at the intermediale stage of ripening and divided in two samples, enviromental temperature and under refrigeration.

Evaluations analysis were done at both samples. Enviromental temperature at 0, 2, 4, 6 and 8 days after havesting and after refrigeration period.

Internal breakdown symptions only occured in refrigerated fruits, and that increase of internal breakdow was related with increase activity of enzymes peroxidase and poliphenolosidase, pH, and aumonts of phenolics compounds and decrease of amount of ascorbic acid and total vitamin C.

Pineapple kept under refrigeration presented higher amounts of poliphenoloxidase, peroxidase, total soluble solids acidity,

total phenolics, total and reducing sugars and ascorbic acid, presented smaller levels of titratable acidity, vitamin C and dehydroascorbic acid as compared to no-refrigerated fruits.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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, 100(1):60-5, Jan. 1975.

----- Phostharvest control of endogenous brown spot in  
fresh Australian pineapple with heat. Hortscience, Mont  
Vermon, 11(6):568-8, Dec. 1976.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. Official methodes  
of analysis of the Association of official Analitical  
Chemists. 11. ed. Washington, 1970. 1015p.

BOTREL, N. Ameça para o Triângulo Mineiro. Toda Fruta. São  
Paulo, 3(20):28-29, Jan./fev. 1988.

BRAVERMAN, J.B.S. Vitaminas. In: \_\_\_\_\_. Introduction a la  
bioquímica de los alimentos. Barcelona, Omega, 1967. cap. 14,  
p.206-39.

DILLEY, D.R. Enzymes. In: HULME, A.C., ed. The biochemistry of  
fruits and their products. London, Academic Press, 1970. v.1.  
cap. 8, p.179-204.

DULL, G.G. The pineapple: general. In: HULME, A.C., ed. The  
biochemistry of fruits and their products. England, Academic  
Press, 1971. v.2. cap. 9A, p.303-24.

FENNEMA, O.R. Preservation of food by storage at chilling  
temperatures. In: KAREL, M.; FENNEMA, O.R. & LUND, D.B.  
Principles of food science. Part II Physical principles of  
food preservation. New Yprk, Marcel Dekker, 1975. cap.  
5,133-170.

FLATH, R.A. Pineapple. In: NAGGY, S. & SHAW, P.E., eds.  
Tropical and subtropical fruits. Wesport, AVI, 1980. cap.3,  
p.157-83.

- GIACOMELLI, E J Tipos de dados considerados em experimentos de abacaxi-cultura. In: \_\_\_\_\_. Plano dos experimentos do programa trienal de abacaxi-cultura do nordeste. S.1. S. ed., 1974. 6p.
- GOLDSTEIN, J L. & SWAIN, T. Changes in tannis in ripening fruits. Phytochemistry, Oxford, 2:371-83, 1963.
- HUET, R. La composition chimique de l'ananas. Fruits, Paris, 13(5):183-97, Mai 1958.
- HULME, A.C. The biochemistry of fruits and their products. London, Academic Press, 1971. V.2, 788p.
- KERMASHA, S.; BARTHAKUR, N.N.; ALLI, I. Changes in chemical composition of the Kew cultivar of pineapple fruit during development Journal Science Food Agriculture, London, 39(4):317-324, Apr. 1987.
- LOWRY, O.H.; ROSE BROUGH, N.J.; FARR, A.L. & RANDALL, R.J. Protein measurement with folin-phenol reagent. The Journal of Biological Chemistry, Baltimore, 193(1):265-75, Nov. 1951.
- LYONS, J.M. Chilling injury in plants. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 24:445-66, 1973.
- MATSUNO, H. & URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. Plant and cell Physiology, Tokyo, 13:1091-101, 1972.
- MILLER, E.V. Physiological studies of fruits of the pineapple (Ananas comosus [L.] MERR.) with special reference to physiological breakdown. Plant Physiology, Washington, 26(1):66-75, Jan. 1951.
- & HALL, G.D. Distribution of the soluble solids ascorbic acid, total acid, and bromelain activity of the natal pineapple Plant Physiology, Washington, 28(3):532-4, July, 1953.
- & HEILMAN, A.S. Ascorbic acid and physiological breakdown in the fruits of pineapple. Science. Washington, 116(3019):505-6, nov. 1952.
- & MARSTELLER, R.L. The effect of parachlorophenoxy acetic on physiological breakdown of the fruits of the pineapple (Ananas comosus (L.) Merr.). Food Research. Chicago, 18(4):421-5, July/Aug. 1953.
- MORRIS, L.L. Chilling injury of horticultural crops: an overview. HortScience, Mont Vernon, 17(2):161-5, Apr. 1982.

- NELSON, N A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. Journal of Biological Chemists, Baltimore, 153(1):375-80, 1944.
- NICKERSON, J.T.R & ROSIVALLI, L.J. Enzime reactions. In:\_\_\_\_. Elementary food science, Westport, AVI, 1980. Cap. 8, p. 113-21.
- OLIVEIRA, J.R. de. Idade da folha e suscetibilidade do cafeeiro a Pseudomonas chichorii e a Pseudomonas syringae pv. garcae. Viçosa, UFV, 1988, 79 p. Tese MS.
- 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 M.S.
- PANTASTICO, E.B Chilling injury. In:\_\_\_\_. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical 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. Culling injury. A review of possible mechanisms. Journal of Food Biochemistry, Trumbull, 13(2):127-53, Oct. 1989.
- PAULL, R.E. & ROHRBACH, K.G. Juice characteristics and internal atmosphere of waxed "Smooth cayenne" pineapple fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 107(3):448-52, May. 1982.
- & ----- . Sympton development of chilling injury in pineapple fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 110(1):100-5, Jan. 1985.
- PY, C.; LACOEVLHE, J.J. & TEISSON, C. L'ananas; sa culture, ses produits. Paris, G/P. Maison Neuve et Larouse ACCT, 1984. 562p.
- REVISTA CACEX. Frutas frescas. Rio de Janeiro, CACEX, 23(1074): May. 1988.
- ROCHA, J.L. Colheita e fisiologia pós-colheita de abacaxi. In: SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXI CULTURA, 1. Jaboticabal, 1982. Anais... Jaboticabal, FCAV-UNESP, 1982. p.279-300
- ROHRBACH, K.G. & PAULL, R.E. Incidence and severity of chilling induced internal browning of waxed "Smooth cayenne" pineapple. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, 107(3):453-7, May. 1982.

- SALUNKHE, D.K. & DESAI, B.B. Postharvest biotechnology of fruits Boca Raton, CRC PRESS, 1984. V.2, 197 p.
- SCOTT, D. Oxidorectases. In: REED, G. Enzymes in food processing. New York, Academic Press, 1975. Cap. 9, p.222-252.
- SGARBIERI, V.C. Estudo da composição química do abacaxi. Boletim do Centro Tropical de Pesquisa e Tecnologia de Alimentos. Campinas, (7):37-50, Ago. 1966.
- SILVA, M.A. Fisiologia pós-colheita de abacaxi cvs. Pérola e Smooth cayenne. Campinas, UNICAMP, 1980, 203 p. Tese M.S.
- SINGLETON, V.L. & GORTNER, W.A. Chemical and physical development of the pineapple fruit. II carbohydrate and acid constituents. Journal of Food Science. Chicago 30(1):19-23, Jan./Feb. 1965.
- SMITH, L.G. Cause and development of blackheart in pineapples. Tropical Agriculture, Trinidad, 60(1):31-5. Jan. 1983.
- STROHECKER, R & HENNING, H.M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid, Paz Montalvo, 1967. 428p.
- SWAIN, T. & HILLIS, W.G. The phenolic constituents of Prunes domestica. Journal of the Science of Food and Agriculture, London, 10:63-8, Jan. 1959.
- TEISSON, C. Études sur le brunissement interne de l'ananas. Fruits, Paris, 27(9):603-12, sept. 1972.
- Le brunissement interne de l'ananas. I - Historique. II - Matériel et méthodes. Fruits, Paris, 34(4):245-61. avr. 1979.
- & COMBRES, J.C. Le brunissement interne de l'ananas. III - Symptomatologie. Fruits, Paris, 34(5):315-29, mai. 1979.
- ; LACOEVILLE, J.J. & COMBRES, J.C. Le brunissement interne de l'ananas. V - Recherches des moyens de lutre. Fruits, Paris, 34(6):339-415. jui. 1979a.
- ; MARTIN PREVEL, P.; COMBRES, J.C. & PY, C. A propos du brunissement interne de l'ananas accident de la réfrigération. Fruits, Paris, 33(1):48-50, jan. 1978.
- ; -----; MARCHAL, J. Le brunissement interne de l'ananas. VI - Approche biochimique du phenomene. Fruits, Paris, 34(5):329-39. Mai. 1979b.

- TODA FRUTA. Demanda entusiasmo o setor. São Paulo, 3(22):40-42, abr. 1988.
- VAN BUREN, J. Fruits fenolics. In: HULME, A.C., ed. The biochemistry of fruits-and their products. London, Academic Press, 1970. V 1. p.269-304.
- VAN LELYVELD, L.J. & DE BRUYNM, J.A. Polyphenols, ascorbic acid and related enzyme actives associated with blackheart in cayenne pineapple fruit. Agrochemophisica, South Africa, 9(1):1-6, Mar 1977.
- & ----- Sugars and organic acids associated with blackheart in cayenne pineapple fruits. Agrochemophisica, South Africa, 4(8):65-8, Dec. 1976.
- VUKOMANOVIC, C.R. Efeito da maturação e da baixa temperatura na composição química e no escurecimento interno do abacaxi. Lavras, ESAL, 1988. 80 p. Tese M.S.
- WANG, C.Y. Physiological and biochemical responses stress. HortScience, Mont Vermon, 17(2):173-186, Apr. 1982.
- WHEATLEY, C.C. Studies on cassava (maminhot essculenta GRANTZ) root post-harvest physiological deterioration. Wye college University of London. University of Lonfon, 1982. 246p. Tese M.S.
- WILLS, B.B.H.; HASSAN, A. & SCOTT, K.J. Effect time at low temperature on the development of black herat in pineapple. Tropical Agriculture. Trinidad, 62(3):199-200, July. 1985.
- WILLS, B.B.H.; WIMALASIRI, P. & GREENFIELD, H. Dehidrascorbic acid levels in frest fruit and vegetables in relation to total vitamin C activity. Journal of Agricultural Food Chemistry. Washington, 32(4):836-8. July/Aug. 1984.

**APENDICE**



QUADRO 1A Resumo das análises de variância apresentando os quadrados médios e significância para % escurecimento interno e número de frutos afetados referentes a dias de amadurecimento e tipos de armazenamento (com e sem refrigeração) de abacaxis cv. "Smooth cayene" ESAL - Lavras - MG, 1989.

F V	R.M. E SIGNIFICANCIA		
	G.L.	% DE E.I.	Nº FRUTOS AFETADOS
Amadurecimento (A)	2	0,000740**	0,000125**
Erro	9	0,000087	0,000011
C V		2,26	0,80

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

QUADRO 2A. Resumo das análises de variância apresentando quadrados médios e significância para teores de pH, acidez titulável, total sólidos solúveis, relação sólidos solúveis/acidez, referentes a dias de amadurecimento e tipos de armazenamentos (com e sem refrigeração) de abacaxis cv. "Smooth cayene". ESAL - Lavras - MG, 1989.

F.v.	G.L.	Q.M. e SIGNIFICANCIA			
		pH	ACIDEZ TITULAVEL	SOLIDOS SOLUVEIS TOTAL	RELAÇÃO SOLIDO SOLUVEIS/ACIDEZ
Armazenamento (A)	1	0,0010 N.S.	0,0555**	0,4622 N.S.	18,4145**
Amadurecimento (B)	4	0,0315**	0,0077 N.S.	1,7809**	5,5998**
A x B	4	0,0348**	0,0237**	0,5354 N.S.	6,9240**
B : A1	4	0,0417**	0,1150**	-	11,8340**
B : A2	4	0,0245**	0,0110 N.S.	-	0,6900 N.S.
ERRO	30	0,0042	0,0032	0,3011	0,8028
C.V.		1,86	6,23	4,18	6,11

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

QUADRO 3A. Resumo das análises de variância apresentando quadrados médios e significância para PFO (atividade proteolítica), PFO (atividade específica), PER (atividade proteolítica), PER (atividade específica), proteína, referentes a dias de amadurecimento e tipos de armazenamentos (com e sem refrigeração) de abacaxis cv. "Smooth cayene". ESAL - Lavras - MG, 1989.

F.V.	G.L.	Q.M. e SIGNIFICANCIA			
		PFO (ATIVIDADE PROTEOLITICA)	PFO (ATIVIDADE ESPECIFICA)	PER (ATIVIDADE PROTEOLITICA)	PER (ATIVIDADE ESPECIFICA)
Armazenamento (A)	1	83,8103**	0,0378**	4,6581**	0,0010*
Amadurecimento (B)	4	19,3965**	0,0374**	3,9507**	0,0067**
A x B	4	16,4315**	0,0346**	2,9740**	0,0059**
B : A1	4	4,4280**	0,0160**	0,3920**	0,0012*
B : A2	4	31,4000**	0,0560**	6,5330**	0,0114**
ERRO	30	0,4742	0,0013	0,0403	0,0002
C.V.		12,81	14,55	11,92	18,30

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

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade

QUADRO 4A. Resumo das análises de variância apresentando os quadrados médios e significância para açúcares totais, açúcares redutores (glicose), açúcares não redutores, vitamina C total, ácido ascórbico, ácido dehidroascórbico referentes a dias de amadurecimento e tipos de armazenamento (com e sem refrigeração) de abacaxis cv. "Smooth cayene". ESAL - Lavras - MG, 1989.

F.V.	G.L.	Q.M. e SIGNIFICANCIA					
		AÇÚCARES TOTAIS	AÇÚCARES RED. (GLICOSE)	AÇÚCARES NÃO REDUT.	VITAMINA C TOTAL	ACIDO ASCORBICO	ACIDO DEHI-DROASCORBICO
Armazenamento (A)	1	21,3598**	13,2480**	0,1786 N.S.	53,7544**	2,1240**	249,0509**
Amadurecimento(B)	4	15,3551**	9,2682**	1,2801**	58,7109**	2,1603**	12,5977**
A x B	4	9,1117**	3,4271**	0,4566**	65,2228**	2,3596**	12,8338**
B : A1	4	74,1860**	11,6030**	1,5850**	18,1810**	1,9450**	17,6530**
B : A2	4	7,6810 N.S.	1,0920*	0,1520 N.S.	105,5750**	2,5750**	7,7780**
ERRO	30	1,4800	0,3932	0,0700	0,9117	0,0691	0,7106
C.V. %:		12,08	10,68	11,87	4,74	9,42	7,14

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

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade

QUADRO 5A. Resumo das análises de variância apresentando os quadrados médios e significância para compostos fenólicos extraíveis em metanol, água e metanol 50% compostos fenólicos totais, % ácidos ascórbico em relação a vitamina C, referentes a dias de amadurecimento e tipos de armazenamento (com e sem refrigeração) de abacaxis cv. "Smooth cayene". ESAL - Lavras - MG, 1989.

F.V.	G.L.	Q.M. e SIGNIFICANCIA				
		FENOLICOS (METANOL)	FENOLICOS (AGUA)	FENOLICOS (METANOL 50%)	FENOLICOS TOTAIS	% ACIDO ASCORBICO EM RELAÇÃO VIT. C
Armazenamento (A)	1	1207,8011**	616,2252**	4101,8408**	15282,6279**	0,4387**
Amadurecimento(B)	4	354,9457**	133,7208**	352,2344**	2202,7571**	0,1075**
A x B	4	438,7523**	181,7865**	145,6756**	1797,7751**	0,1149**
B : A1	4	133,1050**	117,0830**	70,7430*	433,0700**	0,1600**
B : A2	4	660,5940**	198,4240**	427,1640**	3567,4220**	0,0620**
ERRO	30	20,2122	11,5029	20,6230	93,2554	0,0080
C.V. (%)		7,74	5,76	7,74	5,50	5,56

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

\* Teste F significativo ao nível de 5% de probabilidade