

**EFEITO DA ASSOCIAÇÃO DE
TRATAMENTO HIDROTÉRMICO,
CLORETO DE CÁLCIO E ATMOSFERA
MODIFICADA SOBRE O ESCURECIMENTO
INTERNO E QUALIDADE DO ABACAXI cv.
*Smooth Cayenne***

PATRÍCIA MARIA PONTES THÉ

2001

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

TO THE DIRECTOR OF THE UNIVERSITY OF CHICAGO
FROM THE PHYSICS DEPARTMENT
RE: [Illegible]

CHICAGO, ILLINOIS

1950

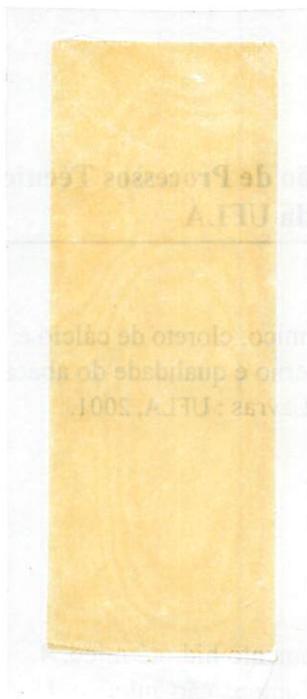
51235

36191

PATRÍCIA MARIA PONTES THÉ

**EFEITO DA ASSOCIAÇÃO DE TRATAMENTO HIDROTÉRMICO,
CLORETO DE CÁLCIO E ATMOSFERA MODIFICADA SOBRE O
ESCURECIMENTO INTERNO E QUALIDADE DO ABACAXI cv.**

Smooth Cayenne



Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Química, Físico-química e Bioquímica de Alimentos, para obtenção do título de "Doutor".

Orientadora:

Profª. Dra. Vânia Déa de Carvalho

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Thé, Patrícia Maria Pontes

**Efeitos da associação de tratamento hidrotérmico, cloreto de cálcio e
atmosfera modificada sobre o escurecimento interno e qualidade do abacaxi cv.**

***Smooth cayenne* / Patrícia Maria Pontes Thé. -- Lavras : UFLA, 2001.**

128 p. : il.

Orientadora: Vânia Déa de Carvalho.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Abacaxi. 2. Escurecimento interno. 3. Tratamento hidrotérmico. 4.
Atmosfera modificada. 5. Cloreto de cálcio. 6. Composição química. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

CDD-664.804774

-664.80286

PATRÍCIA MARIA PONTES THÉ

**EFEITO DA ASSOCIAÇÃO DE TRATAMENTO HIDROTÉRMICO,
CLORETO DE CÁLCIO E ATMOSFERA MODIFICADA SOBRE O
ESCURECIMENTO INTERNO E QUALIDADE DO ABACAXI cv.
*Smooth Cayenne***

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso de Doutorado em
Ciência dos Alimentos, área de concentração em
Química, Físico-química e Bioquímica de Alimentos,
para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA: em 15 de fevereiro de 2001

Dra. Neide Botrel Gonçalves - EMBRAPA

Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes - UFLA

Prof. Dr. Flávio Alencar D'Araújo Couto – UFV

Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela - UFLA



Profª. Dra. Celeste Maria Patto de Abreu - UFLA
(Presidente)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Ao meu irmão, Fernando César (*in memoriam*), que faleceu sem ter tido tempo de desfrutar do seu título de Mestre em Fitotecnia,

dedico.

Aos meus pais Pontes e Iracy;

à minha tia Ana;

ao meu marido Nilbio e filhos, Nilbio, André e Leonardo, pelo incentivo e ajuda,

ofereço.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) pela oportunidade de realização do curso;

À Universidade Federal do Ceará (UFC) pela concessão de meu afastamento e à CAPES, através do programa PICDT, pelo apoio financeiro;

À Professora Dra. Vânia Déa de Carvalho pela orientação criteriosa e amizade;

Ao meu pai, Professor Dr. Raimundo de Pontes Nunes, pela orientação estatística e científica, esclarecimentos e auxílio, imprescindíveis na elaboração deste trabalho;

À pesquisadora da EMBRAPA, Dra. Neide Botrel Gonçalves, pela inestimável colaboração, valiosas sugestões e amizade;

Ao Professor Dr. Augusto Ramalho de Moraes pela orientação estatística e assistência oferecida durante esta pesquisa;

À Professora Dra. Celeste Maria Patto de Abreu por sua colaboração;

Ao Professor Dr. Flávio Alencar D'Araújo Couto pela atenção e cooperação;

Ao Professor Dr. Evódio Ribeiro Vilela por sua contribuição;

Ao Professor Dr. Francisco Ivaldo de Oliveira Melo pelo auxílio na análise estatística;

Ao bolsista do PIBIC/ CNPq, da Universidade Federal do Ceará, José Airton Rodrigues Nunes, pela ajuda no uso do MSTATC;

Às laboratoristas Constantina e Sandra, do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, pela paciência e ajuda dispensadas durante as etapas laboratoriais do experimento;

Às colegas do curso, Nísia Andrade Villela Dessimoni Pinto e Simone Miranda Fernandes, pelo constante apoio, consideração e amizade;

Aos colegas da Universidade Federal do Ceará, Prof. Dr. Carlos Couto de Castelo Branco, Profª. Dra. Luzia Izabel Mesquita Moreira da Silva e Bernadete Maciel Telmos, pelo incentivo e apoio constantes;

Ao engenheiro agrônomo da EMATER de Monte Alegre de Minas, José Roberto da Silva, pelos contatos com os produtores para a aquisição dos frutos e apoio técnico dispensados durante a colheita e transporte dos frutos;

À todos os professores e funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, em especial a Gicelda, por seus eficientes serviços como secretária da pós-graduação;

À EPAMIG, na pessoa do agrônomo Sílvio Chagas, pela concessão da câmara fria para armazenamento dos frutos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Generalidades.....	03
2.2 Aspectos Comerciais.....	04
2.3 Armazenamento Refrigerado.....	06
2.4 Escurecimento Interno e Injúria Pelo Frio.....	07
2.5 Composição Química da Polpa do Fruto.....	09
2.6 Modificações Químicas Durante o Amadurecimento e Após Refrigeração.....	10
2.6.1 Polifenóis e Fenilalanina Amônio Liase (FAL).....	11
2.6.2 Polifenoloxidasas e Peroxidasas.....	12
2.6.3 Ácido Ascórbico e Vitamina C Total.....	17
2.6.4 Pectina e Enzimas Pécnicas.....	18
2.6.5 Acidez e pH.....	20
2.6.6 Açúcares e Sólidos Solúveis Totais.....	21
2.7 Tratamentos Pós-colheita.....	23
2.7.1 Tratamentos à Base de Cálcio.....	23
2.7.2 Armazenamento Sob Atmosfera Modificada.....	24
2.7.3 Tratamentos Hidrotérmicos.....	26
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28

3.1 Origem, Colheita e Transporte dos Frutos.....	28
3.2 Seleção dos Frutos, Tratamentos Estudados e Armazenamento.....	28
3.3 Tipo de Embalagem Utilizada.....	31
3.4 Avaliações dos Frutos.....	31
3.4.1 Escurecimento Interno.....	32
3.4.2 Temperatura Interna do Fruto.....	33
3.4.3 Avaliações Físicas, Físico-químicas e Químicas.....	33
3.5 Análise Estatística.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 Características Físicas, Físico-químicas e Químicas dos Frutos Analisados no Dia da Colheita.....	38
4.2 Efeitos dos Tratamentos sobre a Incidência de Escurecimento Interno.....	40
4.2.1 Área Afetada pelo E.I.....	41
4.2.2 Frutos Afetados pelo E.I.....	45
4.2.3 Índice de E.I.....	48
4.3 Efeitos dos Tratamentos sobre Fatores Físicos e Químicos que Influenciam na Aparência dos Frutos.....	51
4.3.1. Temperatura Interna do Fruto (polpa).....	51
4.3.2 Porcentagens de Perda de Peso dos Frutos.....	54
4.3.3 Umidade.....	56
4.3.4 Cálcio Total e Cálcio Ligado à Parede Celular.....	57
4.4 Efeitos dos Tratamentos sobre Fatores Relacionados às Reações de Escurecimento Enzimático.....	62
4.4.1 Atividade da Fenilalanina Amônio Liase (FAL).....	62
4.4.2 Polifenóis.....	66
4.4.3 Atividades das Peroxidases (PER).....	69
4.4.4 Atividades das Polifenoloxidasas (PFO).....	71

4.4.5 Vitamina C Total.....	75
4.5 Efeitos dos Tratamentos sobre Fatores Relacionados à Textura dos Frutos.....	78
4.5.1.Pectina Total.....	79
4.5.2 Pectina Solúvel.....	83
4.5.3 Porcentagens de Solubilidade das Pectinas.....	85
4.5.4 Atividades das Poligalacturonases (PG).....	87
4.5.5 Atividades das Pectinametilesterases (PME).....	90
4.6 Efeitos dos Tratamentos sobre Fatores Relacionados às Qualidades Sensoriais dos Frutos.....	92
4.6.1 Sólidos Solúveis Totais (S.S.T.).....	92
4.6.2 Acidez Titulável Total (A.T.T.).....	95
4.6.3 Relação S.S.T./A.T.T.....	98
4.6.4 pH.....	100
4.6.5 Açúcares Totais.....	102
4.6.6 Açúcares Não Redutores.....	104
4.6.7 Açúcares Redutores.....	106
4.7 Considerações Gerais.....	108
5 CONCLUSÕES.....	110
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
7 ANEXOS.....	122

LISTA DE ABREVIATURAS

Ag	água
ATT	acidez titulável total
C	cálcio
Ca	cálcio
CE	com embalagem
cv.	cultivar
E	embalagem
E.I.	escurecimento interno
FAL	fenilalanina amônio liase
IE	índice de escurecimento
PFO	polifenoloxidase
PER	peroxidase
PG	poligalacturonase
PME	pectinametilesterase
SE	sem embalagem
SI	sem imersão
SST	sólidos solúveis totais
T	tempo

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 Esquema de análise variância para um experimento fatorial 2 x 2 x 5, com dois tratamentos adicionais e conduzido no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.....	37
TABELA 2 Valores mínimos, máximos e médios e correspondentes erros padrão das características físicas, físico-químicas e químicas de abacaxis analisados logo após a colheita.....	39
TABELA 3 Resumo da análise de variância das áreas dos frutos afetadas pelo escurecimento interno (%), frutos afetados (%) e índice de escurecimento mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais.....	42
TABELA 4 Áreas afetadas pelo escurecimento interno (%) em função da aplicação de cálcio e do tempo de imersão.....	43
TABELA 5 Áreas afetadas pelo escurecimento interno (%) em função da embalagem e do tempo de imersão.....	43
TABELA 6 Porcentagem de frutos afetados pelo escurecimento interno em função da embalagem e do tempo de imersão	47
TABELA 7 Índices de escurecimento interno em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	50
TABELA 8 Resumo da análise de variância da temperatura interna dos frutos mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais.....	52

TABELA 9	Resumo da análise de variância de fatores físicos e químicos que influenciam na aparência dos frutos (% de perda de peso, % de umidade, % de cálcio total e ligado) mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais.....	53
TABELA 10	Porcentagem de perda de peso dos frutos em função da aplicação de cálcio e do tempo de imersão.....	54
TABELA 11	Porcentagem de perda de peso dos frutos em função da embalagem e do tempo de imersão.....	55
TABELA 12	Porcentagem de cálcio total em função da aplicação de cálcio e do uso da embalagem em cada tempo de imersão.	58
TABELA 13	Cálcio ligado à parede celular (%) em função da aplicação de cálcio e do tempo de imersão.....	60
TABELA 14	Cálcio ligado à parede celular (%) em função da embalagem e do tempo de imersão.....	60
TABELA 15	Resumo da análise de variância para os fatores relacionados às reações de escurecimento enzimático, mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais.....	63
TABELA 16	Atividade da FAL (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	64
TABELA 17	Atividades das polifenoloxidasas (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	67
TABELA 18	Atividades das peroxidases (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	70
TABELA 19	Atividades das polifenoloxidasas (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	72

TABELA 20	Vitamina C total (mg/100g) em função do uso de cálcio e embalagem.....	75
TABELA 21	Vitamina C total (mg/100g) em função da aplicação de cálcio e do tempo de imersão.....	76
TABELA 22	Resumo da análise de variância dos fatores relacionados à textura dos frutos mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais.....	80
TABELA 23	Pectina total (mg de ácido galacturônico /100g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	81
TABELA 24	Pectina solúvel (mg de ácido galacturônico /100g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	83
TABELA 25	Solubilidade das pectinas (%) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	86
TABELA 26	Atividades das poligalacturonases (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	88
TABELA 27	Atividades das pectinametilesterases (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	90
TABELA 28	Resumo da análise de variância dos fatores relacionados às qualidades sensoriais dos frutos mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais.....	94
TABELA 29	Acidez titulável total (%) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	96
TABELA 30	Relação S.S.T./A.T.T. em função da embalagem e do tempo de imersão.....	99

TABELA 31	Valores de pH em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	101
TABELA 32	Açúcares totais (g/100 g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	103
TABELA 33	Açúcares não redutores (% de sacarose) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão	105
TABELA 34	Açúcares redutores (% de glicose) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão.....	107

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1	Representação gráfica da área dos frutos afetada pelo escurecimento interno (%) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão. 45
FIGURA 2	Representação gráfica da porcentagem de frutos atingidos pelo escurecimento interno nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão. 47
FIGURA 3	Representação gráfica do índice de escurecimento interno dos frutos nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão..... 50
FIGURA 4	Equações de regressão e curvas representativas dos valores da temperatura interna (°C), estimados pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca), em função dos tempos de imersão..... 52
FIGURA 5	Representação gráfica da porcentagem de perda de peso dos frutos nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão..... 55
FIGURA 6	Representação gráfica das porcentagens de umidade da polpa dos frutos nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio em função do tempo de imersão..... 56
FIGURA 7	Representação gráfica dos teores de cálcio total dos frutos (% de matéria seca) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão..... 58
FIGURA 8	Representação gráfica dos teores de cálcio ligado à parede celular (% de matéria seca) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão..... 61

FIGURA 9	Representação gráfica da atividade da fenilalanina amônio liase (U/g) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	64
FIGURA 10	Equações de regressão e curvas representativas dos teores de polifenóis (mg de ácido tânico/100g), estimados pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca) sem (SE) e com (CE) embalagem, em função dos tempos de imersão.....	68
FIGURA 11	Equações de regressão e curvas representativas das atividades das peroxidases (U), estimadas pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca) sem (SE) e com (CE) embalagem, em função dos tempos de imersão.....	70
FIGURA 12	Equações de regressão e curvas representativas das atividades das polifenoloxidasas (U/g), estimadas pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca) sem (SE) e com (CE) embalagem, em função dos tempos de imersão.....	73
FIGURA 13	Equação de regressão e curva representativa dos teores de vitamina C total (mg de ácido ascórbico/100g), estimados pela equação de regressão linear, em função dos tempos de imersão.....	77
FIGURA 14	Equações de regressão e curvas representativas dos teores de pectina total (mg de ácido galacturônico/100g) estimadas pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca) sem (SE) e com (CE) embalagem, em função dos tempos de imersão.....	82
FIGURA 15	Teores de pectina solúvel (mg de ácido galacturônico/100g) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	84
FIGURA 16	Representação gráfica das porcentagens de solubilidade das pectinas nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	87

FIGURA 17	Representação gráfica das atividades das poligalacturonases (U) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	89
FIGURA 18	Representação gráfica das atividades das pectinametilesterases (U/g) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	91
FIGURA 19	Representação gráfica das porcentagens de sólidos solúveis totais (S.S.T.) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	93
FIGURA 20	Representação gráfica da acidez titulável total (% de ácido cítrico) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	97
FIGURA 21	Representação gráfica da relação S.S.T./A.T.T. nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	99
FIGURA 22	Representação gráfica dos valores de pH nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	101
FIGURA 23	Equações de regressão e curvas e representativas das porcentagens de açúcares totais (% de glicose), estimadas pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca) sem (SE) e com (CE) embalagem, em função dos tempos de imersão.....	103
FIGURA 24	Representação gráfica dos teores de açúcares não redutores (% de sacarose) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	105
FIGURA 25	Representação gráfica dos teores de açúcares redutores (% de glicose) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.....	108

RESUMO

THÉ, Patrícia Maria Pontes. Efeito da associação de tratamento hidrotérmico, cloreto de cálcio e atmosfera modificada sobre o escurecimento interno e qualidade do abacaxi cv. *Smooth Cayenne*. Lavras: UFLA, 2001. 128p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).¹

O presente estudo teve por objetivo determinar os efeitos das associações de tratamentos hidrotérmicos, cloreto de cálcio e atmosfera modificada sobre o escurecimento interno e composição química do abacaxi cv. *Smooth Cayenne*, e destinou-se a complementar informações fornecidas por trabalhos recentes que utilizaram tratamentos com cálcio e atmosfera modificada isoladamente. Os frutos foram provenientes de Canápolis-MG, colhidos em estágio de maturação “de vez” e tamanho uniforme, com peso médio variando de 1,8 a 2,1 kg. Foram testados tratamentos hidrotérmicos à temperatura de 40°C, sem e com cloreto de cálcio a 2%, com tempos de imersão de 10, 20, 30, 40 e 50 minutos e armazenamentos sem e com embalagens de polietileno. Após os tratamentos, procedeu-se o armazenamento refrigerado à temperatura de 8°C ± 2 e umidade relativa de 90% ± 3, por 20 dias. Em seguida, os frutos foram colocados à temperatura ambiente, 20°C ± 2, e umidade relativa de 80% ± 10 por 5 dias. Após este período, avaliaram-se os sintomas de escurecimento interno e alterações nas características químicas, físicas e físico-químicas. O uso de embalagem reduziu em 72,96% o número de frutos com sintomas de escurecimento, em 87,52% a área afetada pela injúria e em 92,07% o índice de escurecimento. O cloreto de cálcio foi pouco absorvido, porém, ao ser associado à embalagem, reduziu a área afetada pelo escurecimento, o número de frutos com a injúria e o índice de escurecimento interno, em relação aos frutos tratados apenas com água e embalados. O uso da embalagem reduziu a atividade de todas as enzimas analisadas nos frutos (fenilalanina amônio liase, poligalacturonase, pectinametilesterase, peroxidase e polifenoloxidase), controlou a hidrólise dos açúcares não redutores e diminuiu os teores de açúcares redutores. O cálcio provocou aumento nas atividades das peroxidases e na solubilização das pectinas. O aumento no tempo de imersão ocasionou aumentos nas atividades das peroxidases e polifenoloxidases e diminuição nos teores de vitamina C.

¹Comitê Orientador: Profª. Dra. Vânia Déa de Carvalho – UFLA (Orientadora), Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes – UFLA; Dra. Neide Botrel Gonçalves-EMBRAPA.

ABSTRACT

THÉ, Patrícia Maria Pontes. Effect of the association of hydrothermal treatment, calcium chloride and modified atmosphere packaging on the internal browning and quality of pineapple cv. *Smooth Cayenne*. Lavras: UFLA, 2001. 128p. (Thesis - Doctorate in Food Science).²

Results of investigations using calcium chloride treatments and modified atmosphere packaging on pineapple maturation process have recently been reported. The present study was designed to provide further insight on this subject by determining the effects of the association of hydrothermal treatments, calcium chloride and modified atmosphere packaging over the internal browning and quality of pineapple cv. *Smooth Cayenne*. The fruits cultivated in Canápolis-MG-Brazil were harvested in intermediate stage of maturation, with uniform size and weight varying from 1,8 to 2,1 kg. It was employed hydrothermal treatments at 40°C temperature, with and without calcium chloride at 2% of concentration, during 10, 20, 30, 40 and 50 minutes and storage with and without modified atmosphere packaging. After the treatments, the fruits were stored in a cold room at 8°C ± 2 temperature and relative humidity of 90% ± 3, for 20 days. Following this period, the fruits were kept at room temperature (20°C ± 2 temperature and 80% ± 10 of relative humidity) for 5 days. After this period, the symptoms of internal browning and the modifications on the chemical, physical and physical chemical attributes were evaluated. The polyethylene packing reduced in 72,96% the number of fruits with symptoms of internal browning, in 87,52% the area affected by the injury and in 92,07% the index of browning, reduced the activities of all the enzymes analyzed (phenilalanine ammonium lyase, polygalacturonase, pectin methyl esterase, peroxidase and polyphenol oxidase), controlled the hydrolyses of the no reducing sugars and decreased the amount of reducing sugars. The calcium chloride was little absorbed by the fruits, but when associated to the polyethylene packing, caused a reduction in the area affected by the injury, in the number of fruits with the injury and in the index of internal browning, compared with the fruits treated only with water and stored under modified atmosphere packaging, and also increased the activities of the peroxidases and pectin solubilization. The increase in the immersion time elevated the activities of peroxidases and polyphenol oxidases and reduced the levels of vitamin C.

²Advising Committee: Profa. Dra. Vânia Déa de Carvalho – UFLA (Advisor); Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes – UFLA; Dra. Neide Botrel Gonçalves- EMBRAPA.

1 INTRODUÇÃO

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

A diminuição das perdas após a colheita, advinda da utilização de adequadas tecnologias, tem como benefício um produto mais barato e acessível. Atualmente, é mais econômico diminuir as perdas pós-colheita a fim de aumentar a quantidade de frutos de boa qualidade, do que aumentar as áreas de plantio.

A expansão da produção brasileira de abacaxi e o incremento da exportação de fruta *in natura* mostram a necessidade e o interesse de estudos básicos de preservação do fruto, a fim de manter as suas qualidades para o mercado consumidor.

Mundialmente, o Brasil destaca-se como um dos três maiores países produtores de abacaxi, sendo o maior produtor da América do Sul. Entre os principais Estados produtores estão Minas Gerais, Pará e Paraíba.

No entanto, o Brasil vem apresentando perda de competitividade perante importantes países tradicionalmente importadores de abacaxi, como os que compõem o Mercado Comum do Sul (Mercosul).

A maior parte da exportação de abacaxi do Brasil é feita na forma de fruta fresca, exigindo cuidados especiais nas fases de colheita, pós-colheita e, particularmente, no transporte, que deve ser realizado sob refrigeração.

Contudo, a exposição do fruto sob condições de refrigeração por períodos mais prolongados pode levar a alterações em seu metabolismo, com conseqüente morte das células. Este tipo de desordem é conhecido por

escurecimento interno (*endogenous brown spot* ou *brunissement interne*) e constitui um dos principais fatores que prejudicam as exportações brasileiras.

O conhecimento da fisiologia pós-colheita do abacaxi é importante para a conservação do fruto, uma vez que fornece subsídios técnicos que visam a ampliação do tempo de armazenamento e a melhor qualidade do produto.

Diversas pesquisas utilizando diferentes tipos de embalagens, aplicação de ceras, aplicação de cálcio, entre outras, têm sido realizadas com o objetivo de diminuir os prejuízos causados por esse distúrbio.

Os efeitos do cálcio nos frutos têm recebido muita atenção, visto que as aplicações desse cátion produzem efeitos positivos, tanto no adiamento da maturação e da senescência, mediante a diminuição da respiração e da produção de etileno no complexo membrana-parede celular, como no controle de distúrbios fisiológicos e na conservação dos frutos. A aplicação de cálcio pode ser potencializada quando associada ao tratamento hidrotérmico, uma vez que a elevação da temperatura pode favorecer a penetração do elemento através da epiderme do fruto.

O polietileno vem sendo usado na embalagem de vários frutos, pois reduz a perda da umidade, diminui o metabolismo respiratório e, conseqüentemente, as alterações resultantes deste processo. Como o escurecimento interno é de natureza enzimática oxidativa, a embalagem de polietileno pode contribuir na redução desta anomalia.

Com a finalidade de complementar informações fornecidas por estudos recentes, utilizando tratamentos com cálcio, tratamentos hidrotérmicos e armazenamentos sob atmosfera modificada, o presente trabalho tem por objetivos verificar a influência da associação destes três tratamentos sobre o escurecimento interno e composição química do abacaxi, cultivar Smooth Cayenne.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Generalidades

O abacaxi é um fruto tropical originário de regiões de clima quente e seco ou com chuvas irregulares. Acredita-se que o local de origem seja o Brasil central e sul, norte da Argentina e Paraguai, ou seja, uma área limitada por 15° e 30 °de latitude sul e 40° a 60° de longitude oeste. Foi por muito tempo cultivado em áreas virgens, recém-desmatadas e, por isso, é considerado rústico, pouco exigente de tratamentos culturais (Cunha et al.,1994).

Trata-se de 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, assim como pela parte externa ou casca do miolo ou haste central (Medina, 1987).

O abacaxizeiro, *Ananas comosus* (L.) Merrill, pertence à família *Bromeliaceae*, que apresenta cerca de 46 gêneros e 1.700 espécies, ocorrendo principalmente em zonas tropicais. Sua classificação, de acordo com o sistema de Engler, é a seguinte:

Divisão: *Embryophyta Siphonogama*

Sub-divisão: *Angiospermae*

Classe: *Monocotyledoneae*

Ordem: *Farinosae*

Família: *Bromeliaceae*

Gênero: *Ananas*

Espécie: *Ananas comosus*

A taxonomia do gênero *Ananas* engloba 5 grupos varietais: *Cayenne*, *Queen*, *Spanish*, *Pernambuco* e *Mordilonus-Peroloera-Maipure*. O grupo mais importante é o *Cayenne*, do qual faz parte a cultivar *Smooth Cayenne*, que é cultivada em vários países (Py, Lacoeuilhe e Teisson, 1984).

São plantadas diversas outras cultivares nas diferentes regiões do mundo. As principais são as seguintes: *Pérola*, *Perolera*, *Espanhola Roja (Red Spanish)*, *Natal Queen*, *Manzana*, *Kew* e *Cabezona*. No Brasil, as mais cultivadas são a *Pérola* e a *Smooth Cayenne* (Cunha et al., 1994).

A cultivar *Smooth Cayenne* é originária do Brasil, e devido à ausência de espinhos nas folhas e, principalmente, à qualidade dos frutos para industrialização, é a cultivar mais plantada em todo o mundo (Salunkhe e Desai, 1984) e também a mais conhecida pelos importadores e consumidores europeus e americanos, por ser uma das mais exportadas (Bleinroth, 1996).

Estima-se que 70% da produção mundial são da cultivar *Smooth Cayenne*, conhecida popularmente como **Ananás**, **Havaiano** ou **Japonês** e **Cayenne Lisse** (em francês). É uma planta robusta, de porte semi-ereto e folhas com espinhos apenas na extremidade. O fruto é cilíndrico, com coroa pequena e peso variando de 1,5 a 2 quilos, cor da casca amarelo-alaranjada, polpa amarela, um pouco fribosa, rica em açúcares e de acidez média. É adequada para a industrialização e exportação *in natura*. Mostra-se suscetível à murcha, associada à cochonilha e à fusariose. Produz pequena quantidade de mudas (Cunha et al., 1994).

2.2 Aspectos comerciais

O abacaxi é consumido na maioria dos países e produzido principalmente nos de clima tropical e subtropical, sendo a variedade *Smooth Cayenne* cultivada em maior escala (Schaffër e Andersen, 1994). A principal zona de produção é a Ásia, com 55% da produção mundial. Os principais países

produtores são Tailândia (2 milhões de ton.), Filipinas (1,5 milhões de ton.) e Brasil (1 milhão de ton.). Estes três países desenvolveram suas capacidades de produção com o principal objetivo de atender a demanda interna de frutos frescos. Ao mesmo tempo, participaram ativamente do desenvolvimento do mercado internacional de abacaxis industrializados (Loeillet, 1998).

O Brasil exporta abacaxis sob diversas formas (*in natura*, sucos, compotas, etc.). As exportações brasileiras da fruta *in natura* atingiram no período de janeiro a junho de 1999, um volume de 3.343 toneladas, enquanto no mesmo período do ano 2000, a quantidade exportada foi de 3.051 toneladas. Com relação à exportação do suco, os volumes negociados, nestes mesmos períodos, foram de 1.431 toneladas em 1999 e 781 toneladas em 2000, sendo a Bélgica, os países baixos e os Estados Unidos os principais destinos (BRASIL, 2000). Considerando o abacaxi um autêntico fruto das regiões tropicais e subtropicais, altamente consumido em todo o mundo, tanto ao natural quanto na forma de produtos industrializados, era de se esperar que o Brasil tivesse uma maior participação no mercado externo desta fruta. No entanto, para ter competitividade no mercado externo, é necessária a oferta de frutos de excelente qualidade (Carvalho e Botrel, 1996).

De acordo com o destino que será dado à produção, tanto para o consumo interno como para exportação, alguns cuidados devem ser tomados, a fim de que o abacaxi possa preservar suas características básicas pelo maior tempo possível (Abreu, Carvalho e Gonçalves, 1998). Desta forma, para a produção de frutos dentro dos padrões exigidos pelos diferentes mercados, esforços devem ser empenhados pelos vários segmentos do setor no sentido de adotar cuidados nas fases pré-colheita, colheita e pós-colheita dos frutos, no bom acondicionamento deles em embalagens e transporte, mantendo condições ambientais adequadas, com tratamentos fitossanitários condizentes com a legislação vigente no Brasil e nos países importadores (Chalfoun, 1998).

2.3 Armazenamento refrigerado

Em geral, o amadurecimento dos frutos, que ocorre na planta ou após a colheita, conduz a um equilíbrio ótimo de suas características sensoriais. Para muitos frutos, este estágio é seguido imediatamente por uma desorganização dos tecidos. Por esta razão, quando se deseja prolongar o armazenamento dos frutos para que os mesmos sejam consumidos *in natura*, faz-se a colheita antes do completo amadurecimento, ou retarda-se este processo através da refrigeração (Cheftel e Cheftel, 1992).

O armazenamento sob baixas temperaturas é um dos mais efetivos e práticos métodos utilizados no prolongamento da vida útil de frutos. A temperatura de armazenamento é, portanto, o fator ambiental mais importante, uma vez que regula todos os processos fisiológicos e bioquímicos dos frutos, otimizando o tempo de comercialização (Abreu, Carvalho e Gonçalves, 1998).

Em geral, as baixas temperaturas diminuem a incidência de microrganismos patogênicos, contudo podem aumentar a ocorrência de distúrbios fisiológicos. Alguns frutos, quando expostos a temperaturas muito baixas (superiores ao ponto de congelamento) por períodos prolongados, apresentam escurecimento superficial ou interno, de natureza enzimática ou parasitária. Cada fruto, ou até mesmo cada variedade, apresenta uma temperatura crítica de armazenamento (Cheftel e Cheftel, 1992).

Segundo Garcia et al. (1996), o armazenamento e transporte do abacaxi deve ser realizado em condições de umidade relativa de 85% a 90% e temperatura entre 7 e 13°C, apresentando, sob estas condições, uma vida útil de 2 a 4 semanas. De acordo com Dull (1971), a 7°C, o período máximo de armazenamento do abacaxi é de quatro semanas. Py, Lacoeyilhe e Teisson (1984) recomendam que a temperatura de refrigeração do abacaxi cultivado na América do Sul seja de 8,5°C.

As transformações bioquímicas que ocorrem no abacaxi durante o

amadurecimento e armazenamento em baixas temperaturas são evidentes e influenciam na qualidade final do fruto (Rocha,1982).

O armazenamento refrigerado diminui a respiração e metabolismo, conservando as qualidades sensoriais do fruto por um período maior. Contudo, a baixa temperatura não retarda todas as reações do metabolismo nem afeta todos os sistemas físicos da célula na mesma proporção. Esse desequilíbrio pode levar a alterações físicas e metabólicas, causando injúria nos frutos (Awad, 1993).

2.4 Escurecimento interno e injúria pelo frio

Um dos mais importantes atributos da qualidade sensorial de um alimento é a cor. Isto se deve ao fato de que, independentemente de seu valor nutritivo, *flavor* ou textura, é pouco provável que se consuma um alimento que esteja com sua coloração alterada. Conforme as características e os hábitos de uma determinada região, certos grupos de alimentos só são aceitáveis se enquadrarem-se dentro de determinada escala de cor. O valor comercial de certos alimentos também depende da cor (Fennema,1993).

Entre os principais fatores que afetam a qualidade do abacaxi para exportação está o escurecimento interno (Bleinroth, 1987), também denominado *endogenous brown spot*, *black heart* e *black heart disease*, que se caracteriza pelo escurecimento dos tecidos (Teisson, 1979).

O escurecimento interno inicia-se no ponto de ligação dos frutinhos ao cilindro central. Esta anomalia é induzida por baixas temperaturas, mas os sintomas se desenvolvem tanto mais rapidamente quanto mais elevada for a temperatura após o armazenamento refrigerado. É, portanto, favorecido por uma alternância térmica (Lacoeuilhe, 1982).

Ocasionalmente, o escurecimento interno pode aparecer na plantação, induzido pelas baixas temperaturas noturnas de inverno. Os sintomas se desenvolvem durante o aquecimento diurno. A temperatura crítica que induz

esta anomalia situa-se abaixo de 12°C (Paull e Rohrbach, 1985).

A sensibilidade ao escurecimento interno está estreitamente relacionada com a composição química do fruto. Portanto, como as condições climáticas, estádios de maturação, peso do fruto, diferenças varietais e nutrição mineral exercem influência acentuada nessa composição, influenciam, conseqüentemente, no grau de escurecimento interno dos frutos (Dull, 1971; Vukomanovic, 1988; Botrel, 1991 e Carvalho et al., 1994).

A concentração de ácido ascórbico representa um papel primordial na incidência do escurecimento interno. Quando o teor de ácido ascórbico é suficientemente elevado, pode impedir o desenvolvimento dos sintomas de escurecimento nos prazos normais de comercialização. Estando este teor ligado à acidez titulável da polpa, o escurecimento interno induzido pelo armazenamento refrigerado é mais intenso nos frutos colhidos em período quente e seco (Lacoeuilhe, 1982). Nestas condições, todo fator que tende a aumentar a acidez dos frutos pode diminuir a incidência do escurecimento interno.

A nutrição mineral tem efeito marcante na acidez dos frutos. Acréscimos nos teores de potássio celular refletem em frutos mais ácidos e, conseqüentemente, em uma maior resistência ao escurecimento interno (Carvalho e Botrel, 1996).

Os distúrbios fisiológicos causados pelo frio, também conhecidos como *chilling*, diferem do congelamento porque não há formação de cristais de gelo nas células, mas, sim, alterações metabólicas que conduzem a diferentes sintomas, prejudicando a qualidade dos produtos (Chitarra e Chitarra, 1990).

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 invade toda a polpa (Teisson et al., 1978). Este escurecimento dos tecidos da polpa diminui a vida de

armazenamento e causa mudanças na composição química do fruto (Morris, 1982).

Os sintomas da desordem não podem ser evidenciados externamente, e o fruto afetado não poderá ser selecionado pela aparência externa. Nos estádios avançados da injúria, as manchas atingem a superfície da polpa e a casca do fruto (Smith, 1983).

2.5 Composição química da polpa do fruto

O abacaxi apresenta grande variação na sua composição química, de acordo com a época em que é produzido. Como o fruto é constituído por cerca de 100 a 200 frutinhos, sua composição química também difere nas diferentes partes do fruto. Seu valor nutricional depende, principalmente, dos açúcares solúveis, das vitaminas e dos minerais que contém (Bleinroth, 1987).

De acordo com Salunkhe e Desai (1984), a polpa do fruto recém colhido possui a seguinte composição:

Água: 80 a 85%

Açúcar: 12 a 15% (2/3 sacarose e o restante glicose e frutose)

Ácidos: 0,6% (87% de ácido cítrico e o restante de ácido málico)

Proteínas: 0,4%

Cinzas: 0,5% (principalmente potássio)

Gorduras: 0,1%

O fruto apresenta um baixo teor de fibras e várias vitaminas, destacando-se as vitaminas A e C. O conteúdo de pectina varia de 0,01 a 0,06%, sendo muito baixo em comparação com outros frutos (Morales de León, 1976).

Os açúcares do abacaxi representam uma fração muito importante de sua parte comestível. A sacarose representa em média 66% dos açúcares, sendo muito mais importante que os açúcares redutores. O abacaxi é um dos frutos que apresentam maior teor de sacarose (Dull, 1971).

O abacaxi possui acidez muito variável, dependendo de vários fatores como: variedade, estágio de maturação, adubação, etc. (Carvalho e Botrel, 1996). A acidez é uma das principais características responsáveis pelo sabor do fruto.

Apesar de seu baixo conteúdo, os lipídeos exercem função muito importante na manutenção da textura, do *flavor*, da pigmentação e dos demais componentes químicos (Mattoo et al., 1975).

2.6 Modificações químicas durante o amadurecimento e após refrigeração

Durante o desenvolvimento dos frutos e particularmente na fase de maturação ocorrem alterações acentuadas nas suas características físicas e químicas, refletindo em modificações na coloração da casca e na composição química da polpa. Estas modificações conduzem os frutos ao ponto ideal de consumo, período no qual atingem valores ótimos de açúcares, ácidos voláteis e fixos e também ésteres, responsáveis pelo sabor e aroma característicos de fruto maduro (Carvalho e Botrel, 1996). Estas modificações qualitativas são coletivamente chamadas de amadurecimento (Fonseca, 1974).

As mudanças gerais associadas ao amadurecimento, incluindo o amolecimento dos frutos carnosos, as conversões hidrolíticas de material de reservas, as alterações na coloração e sabor e as sínteses de novas substâncias, podem ser atribuídas às energias providas pela atividade respiratória. Estas modificações, freqüentemente, resultam de reações independentes umas das outras (Fonseca, 1974).

No início do amadurecimento do abacaxi ocorre perda acelerada da clorofila da casca, o pH da polpa e taxa respiratória começam a aumentar e os ésteres voláteis rapidamente se acumulam. O nitrogênio não protéico, açúcares e os sólidos solúveis da polpa também aumentam. Enquanto os pigmentos da polpa aumentam rapidamente, ocorre um declínio nos pigmentos da casca. A

acidez titulável começa a decrescer após atingir um pico máximo (Salunkhe e Desai, 1984).

O tempo de amadurecimento, dentro de certos limites, é diretamente proporcional à temperatura ambiente, uma vez que, de um modo geral, as reações são dependentes dela. Assim como ocorre com outros frutos, a refrigeração auxilia o transporte e aumenta a vida de prateleira de abacaxis.

As temperaturas de refrigeração são geralmente utilizadas para retardar o período de amadurecimento, visando um maior tempo de comercialização. Contudo, durante o armazenamento refrigerado, ocorrem várias transformações que influenciam na qualidade final do produto e estão relacionadas à temperatura de armazenamento.

2.6.1 Polifenóis e fenilalanina amônio liase (FAL)

As plantas produzem vários compostos que contém um ou mais resíduos fenólicos. Estes compostos podem ser divididos em grupos principais de acordo com o número de átomos de carbono em seu esqueleto (Goodwing e Mercer, 1985). A partir do aminoácido fenilalanina, que constitui a unidade básica construtora dos fenólicos, são sintetizados todos os compostos fenilpropanóides (Rhodes, 1983). O ácido cinâmico é precursor de inúmeros compostos encontrados naturalmente em tecidos vegetais, tais como lignina, flavonóides e outros polifenóis (Tena, Lopes-Valbuena e Jorrín, 1984).

A fenilalanina amônio liase (FAL) atua no metabolismo secundário dos vegetais, catalisando a conversão de L-fenilalanina a ácido cinâmico e amônia (Minamikawa e Uritani, 1964). A FAL parece fornecer o esqueleto carbônico fenilpropano para a síntese de polifenóis, pois o aumento de sua atividade foi observado paralelamente ao acúmulo destes compostos (Minamikawa e Uritani, 1964).

Sabe-se que a adstringência é devida a polifenóis de um certo grau de polimerização, com peso molecular entre cerca de 500 a 3000. Os polifenóis simples (taninos), como catequinas, ácido hidrocínâmico e outros, são dímeros e trimeros destas substâncias, e não são adstringentes. Variedades de frutos que contêm maior quantidade de polifenóis são mais adstringentes. A adstringência dos taninos é diretamente proporcional ao número de hidroxilas na molécula (Fonseca, 1974). Durante o amadurecimento, a condensação dos fenóis aumenta continuamente, ao mesmo tempo que a adstringência diminui. Talvez isto ocorra porque estes compostos, altamente polimerizados, sejam menos solúveis ou porque estejam ligados a outros componentes das células (Fonseca, 1974).

Os estímulos causados pela injúria devida ao frio afetam o metabolismo fenilpropanóide dos tecidos vegetais. A ativação desta via metabólica em frutos injuriados tem sido associada à resistência do fruto à injúria. A refrigeração induz modificações nos polifenóis, que podem agir como substratos, co-fatores ou inibidores da atividade enzimática (Lacoeuilhe, 1982).

No abacaxi, o maior teor de polifenóis solúveis presentes nos frutos verdes, tem sido associado à maior suscetibilidade dos mesmos ao escurecimento interno, comparados aos frutos maduros (Pantastico, 1975; Teisson, 1979). Segundo Teisson (1979), os abacaxis de polpa amarela, em geral, são mais ricos em polifenóis, por isso estão mais sujeitos ao escurecimento. Gonçalves (1998), Abreu (1995) e Vukomanovic (1988) detectaram maiores teores de polifenóis em abacaxis cv. *Smooth Cayenne*, que apresentaram maiores índices de escurecimento interno.

2.6.2 Polifenoloxidasas e peroxidases

Apesar de existir uma menor quantidade de enzimas oxidativas em alimentos, comparando-se com as hidrolases, atenção especial tem sido dada a estas enzimas devido a seu efeito sobre a cor, *flavor* e qualidade nutricional dos

alimentos. Estas enzimas oxidativas presentes nos alimentos podem, rapidamente, prejudicar sua qualidade (Robinson e Eskin, 1991).

Em vegetais, a peroxidase, ácido ascórbico oxidase, tirosinase e polifenoloxidase podem causar reações químicas não desejáveis. O escurecimento dos tecidos de frutos ocorre principalmente pela oxidação enzimática dos polifenóis. Esta reação é catalisada pelas enzimas polifenoloxidase e peroxidase (Braverman, 1967; Teisson, 1979).

A polifenoloxidase (PFO) está envolvida no escurecimento enzimático de muitos produtos vegetais comestíveis, principalmente frutas e hortaliças (Eskin, 1991). Devido a este fato, tem recebido atenção contínua de químicos e processadores de alimentos desde a sua descoberta, a cerca de um século atrás.

Geralmente é o termo polifenoloxidase que engloba a habilidade das várias enzimas (tirosinase, cresolase, catecolase, difenolase e fenolase) em utilizar diferentes polifenóis como substratos (Zawistowski, Biliaderis e Eskin, 1991). A quantidade de PFO em vegetais depende da espécie, cultivar e estágio de maturação (Vámos-Vigyázó, 1991).

A ativação da PFO pode ocorrer durante infecção causada por microorganismos ou injúrias de qualquer natureza, resultando na formação de quinonas e, conseqüentemente, polímeros insolúveis. O tecido vegetal impregnado com estes polímeros forma uma barreira para prevenir o alastramento da infecção na planta (Rubin e Artskhoskaya, 1991).

A PFO é uma enzima contendo cobre, capaz de catalisar dois tipos diferentes de reações: a hidroxilação de monofenóis a o-difenóis e a dehidrogenação de o-difenóis a o-quinonas (Matheis e Whitaker, 1991). Os produtos subseqüentes sofrem uma série de reações não enzimáticas que resultam em pigmentos de melanina marrons ou pretos. Estas duas atividades enzimáticas são denominadas monofenolase (hidroxilase ou cresolase) e

difenolase (catecolase ou oxidase), respectivamente (Nelson e Drawson, 1991; Robb, 1991).

Inibidores da PFO e, portanto, o controle do escurecimento enzimático tem sido de grande interesse e um desafio no processamento de alimentos. O escurecimento enzimático é prejudicial para a aparência do produto, propriedades sensoriais, qualidade nutricional e, ocasionalmente, para a sanidade do produto (Friedman e Molnar-Perl, 1990).

Sabe-se que um grande número de compostos inibe a PFO, apesar da eficiência em controlar as reações de escurecimento ser dependente da natureza e concentração do inibidor, da fonte da PFO, da disponibilidade do substrato (oxigênio, polifenóis), pH e temperatura (Mayer e Harel, 1979; Vámos-Vigyázó, 1991). O uso de inibidores do escurecimento no processamento de alimentos é restrito devido a problemas de toxicidade, efeitos sobre a qualidade sensorial, além da viabilidade econômica (Zawistowski, Biliaderis e Eskin, 1991).

Entre os inibidores da PFO estão os agentes redutores, dos quais os mais estudados são os sulfitos, SO_2 , ácido ascórbico e compostos contendo enxofre. O efeito dos agentes redutores é temporário, pois os mesmos são oxidados irreversivelmente durante o processo (Zawistowski, Biliaderis e Eskin, 1991).

Os sulfitos (de sódio, bissulfitos e metabissulfitos de sódio e potássio), apesar de serem os mais efetivos inibidores das polifenoloxidasas, estão sendo reavaliados devido a problemas relacionados à saúde pública. Alguns indivíduos, principalmente asmáticos, são extremamente alérgicos a estes compostos (Fan e Book, 1991).

O ácido ascórbico é um inibidor natural da PFO, ideal para substituir os sulfitos, porém sua instabilidade à oxidação o torna menos eficiente do que outros inibidores na mesma concentração (Molnar-Perl e Friedman, 1990).

A polifenoloxidase é considerada uma enzima de baixa estabilidade térmica, apesar de ocorrerem variações dependendo da sua origem. A

estabilidade térmica difere entre cultivares e entre as várias formas de PFO de mesma origem, assim como entre misturas de tecidos de frutos e seus respectivos sucos. Tratamentos térmicos de curta duração a 70-90°C são suficientes para reduzir substancialmente ou eliminar completamente a atividade da PFO em produtos vegetais (Vámos-Vigyázó, 1991).

A polifenoloxidase é freqüentemente inibida em valores de pH abaixo de 4,0, desta forma, o abaixamento do pH é um bom método para o controle das reações de escurecimento enzimático (Zemel et al., 1990).

Diversos autores, como Gonçalves (1998), Botrel (1991), Abreu (1995 e 1991) e Vukomanovic (1988), trabalhando com abacaxis cv. *Smooth Cayenne*, observaram que os frutos menos sensíveis ao escurecimento interno apresentaram menores atividades de polifenoloxidase, quando comparados aos mais suscetíveis.

Nos tecidos vegetais existem numerosos polifenóis que podem ser oxidados também pelas peroxidases, na presença de pequena quantidade de hidroperóxido (Dilley, 1979; Wheatley, 1982; Awad, 1993).

Em função da diversidade de compostos que são suscetíveis de sofrerem oxidação, catalisados pelas peroxidases, o número de compostos produzidos é muito grande. A detecção da enzima é baseada no desenvolvimento de coloração na presença do substrato (guaiacol-água oxigenada). O complexo peroxidase-peróxido formado oxida o guaiacol (incolor), transformando-o em um produto final colorido (Araújo, 1995).

As peroxidases estão amplamente distribuídas no reino vegetal e animal, e foram encontradas em todos os vegetais superiores pesquisados. Diferentes tipos de peroxidases de plantas foram identificadas desde o início do século e um número cada vez maior de funções tem sido a elas atribuídas. Atualmente é totalmente aceito que as peroxidases de tecidos vegetais existem em grupos de isoenzimas, as isoperoxidasas, que podem ser separadas e detectadas por

eletroforese (Robinson, 1991).

Devido às formas complexas e simples nas quais as peroxidases ocorrem nas células, é de se esperar que estas enzimas terão uma gama de ações catalíticas sobre uma grande variedade de compostos.

Existem numerosos relatos na literatura de fisiologia vegetal sobre o envolvimento específico das peroxidases na biossíntese de lignina, oxidação do ácido indolacético, amadurecimento de frutos e proteção contra ataques de fungos e bactérias. A estas enzimas têm sido conferidas várias funções fisiológicas (Robinson, 1991). Na pós-colheita, as peroxidases são responsáveis pela perda da cor, *flavor* e textura, assim como de atributos nutricionais (Araújo, 1995). Durante o amadurecimento de frutos e, particularmente, durante o climatério, a atividade da peroxidase aumenta juntamente com o aumento de outras enzimas, como as poligalacturonases e celulases, que normalmente são associadas ao processo de amadurecimento. Contudo, a exata função fisiológica das peroxidases no processo de amadurecimento permanece obscura (Robinson, 1991).

As enzimas com maior estabilidade térmica presentes em frutas e vegetais são as lipoxigenases e as peroxidases. Durante muito tempo as peroxidases atraíram a atenção de pesquisadores e o nível de sua atividade residual era usado como indicador da eficiência do processo de branqueamento. As taxas de inativação e reativação das peroxidases são dependentes de vários fatores, como temperatura e tempo de duração do tratamento térmico, pH e concentração de sais (Robinson, 1991).

O armazenamento de alimentos e os diferentes métodos de armazenamento também afetam a ação destas enzimas. Somente uma melhor compreensão da especificidade das várias isoperoxidasas, na grande variedade de frutas e vegetais e da química dos compostos intermediários de degradação,

que geralmente ocorrem como radicais livres, irão facilitar a produção de alimentos com qualidade controlada (Robinson, 1991).

Os inibidores químicos mais frequentemente utilizados no controle da atividade das peroxidases na indústria são o dióxido de carbono e os sulfitos. A utilização de 0,1 a 0,15% de metabissulfito de sódio previne a formação de sabores estranhos durante o armazenamento de vegetais processados. O sulfito bloqueia a atividade enzimática pela manutenção do substrato (doador de hidrogênio) na forma reduzida (Araújo, 1995).

De acordo com vários autores, como Van Lelyveld e De Bruyn (1977), Teisson (1979) e Paull e Rohrbach (1985), os distúrbios causados pelo frio em abacaxis parecem ser precedidos por uma solubilização das peroxidases, contudo estes autores não observaram relação com o escurecimento interno. Abreu (1991 e 1995) e Gonçalves (1998) verificaram que abacaxis que apresentaram maiores índices de escurecimento interno também expressaram maiores atividades peroxidásica.

2.6.3 Ácido ascórbico e vitamina C total

As variações no teor de ácido ascórbico não apresentam regularidade. O teor de ácido ascórbico de frutas e hortaliças geralmente decresce durante o armazenamento. Este decréscimo depende, em grande parte, da duração e da temperatura de armazenamento (Cheftel e Cheftel, 1992).

O conteúdo de vitamina C no abacaxi é em média 17mg de ácido ascórbico/100g, sendo importante por conferir aos frutos uma certa proteção contra o escurecimento interno. Este teor varia de acordo com vários fatores, entre os ambientais, níveis de fertilização, cultivar, peso do fruto e estágio de maturação (Carvalho e Botrel, 1996).

A tendência de oxidação de polifenóis a quinonas é regulada pela presença de ácido ascórbico e outros antioxidantes que impedem o acúmulo

destas últimas, forçando o equilíbrio para o lado dos polifenóis. À medida que ocorre o amadurecimento, as reservas de ácido ascórbico vão diminuindo até que, no período da senescência, se esgotam, deslocando o equilíbrio para o lado das quinonas, que se polimerizam e escurecem (Fonseca, 1974).

A oxidação do ácido ascórbico pode ser catalisada pela enzima ácido ascórbico oxidase, pertencente ao grupo das polifenoloxidasas. O primeiro passo na oxidação desta vitamina em frutos envolve a formação de peróxido de hidrogênio. Mesmo em condições anaeróbicas e após a completa inativação da enzima (ácido ascórbico oxidase), a auto-oxidação do ácido ascórbico continua vagarosamente. Este fenômeno pode ser explicado considerando que os vegetais contêm substâncias flavonóides que são oxidadas pelo peróxido de hidrogênio (na presença da peroxidase). Desta forma, a auto-oxidação do ácido ascórbico continua até que se esgote o suplemento de óxidos de flavona (Nogueira, 1974).

De acordo com Scott e Wills (1975), quando os teores de ácido ascórbico são mais elevados, ocorre uma redução na atividade das enzimas oxidativas responsáveis pelo escurecimento, com conseqüente diminuição das quinonas, devido à menor oxidação de fenóis. Teisson e Combres (1979), Paull e Rouhrbach (1985), Botrel (1991) e Abreu (1995), trabalhando com abacaxis, verificaram que os frutos mais sensíveis ao escurecimento interno apresentaram menores teores de ácido ascórbico.

Gonçalves (1998) observou que abacaxis cv. *Smooth Cayenne*, tratados com cloreto de cálcio, apresentaram níveis um pouco mais elevados de vitamina C, comparados aos não submetidos a este tratamento, assim como menores índices de escurecimento interno.

2.6.4 Pectinas e enzimas pécticas

A consistência da polpa de abacaxi depende dos teores de certos constituintes hidrocarbonados de elevado peso molecular, tais como: celulose,

hemicelulose, pectinas e protopectina. As pectinas são importantes não só como fatores primários no processo de amolecimento, mas também devido à possível contribuição no metabolismo da célula.

As substâncias pécticas encontram-se, principalmente, depositadas na parede celular, atuando como material cimentante, sendo responsáveis pelas mudanças de textura dos frutos (Chitarra e Chitarra, 1990). São derivadas do ácido poligalacturônico e ocorrem na forma de protopectina, ácidos pectínicos, ácidos pécticos e pectinas.

De acordo com Cheftel e Cheftel (1992), o correto seria denominar pectina somente as cadeias poligalacturônicas 100% metiladas, e denominarem-se ácidos pectínicos as cadeias poligalacturônicas com grau de metilação inferior a 100%. O termo ácidos pécticos designa os ácidos poligalacturônicos isentos de metoxila (-OCH₃). Na prática, se emprega o termo pectinas tanto para os ácidos pectínicos como para as pectinas propriamente ditas.

As pectinas em frutos encontram-se sob diferentes formas, caracterizadas por diferentes solubilidades. A protopectina é a forma insolúvel em água e que produz ácidos pectínicos por hidrólise parcial (esterificados com grupos metílicos) ou ácidos pécticos (sem esterificação), chamados de pectinas solúveis (Chitarra e Chitarra, 1990). No decorrer do amadurecimento há transformação da protopectina em pectina e esta, por ação enzimática, sofre desmetoxilação e simplificação das cadeias, causando a solubilização até a degradação total, quando a fruta está muito madura. A protopectina predomina nas frutas verdes, e juntamente com o amido (em muitos casos), dá firmeza às frutas. Com a hidrólise de ambos, há o amolecimento (Fonseca, 1974).

Um grande número de enzimas tem participação na degradação biológica das substâncias pécticas, embora algumas não sejam bem estudadas. Dentre elas, as mais importantes e objetos de maiores estudos são as pectinametilerases (PME) e as poligalacturonases (PG) (Fonseca, 1974).

A PG catalisa a hidrólise de ligações α , 1-4 entre dois resíduos adjacentes de ácido galacturônico, e a PME promove a desmetilação na posição C₆ de resíduos de ácido metilgalacturônico. A PG é a mais ativa na degradação de pectinas parcialmente desmetiladas. Desta forma, a PME parece ter um papel importante na determinação da extensão na qual a pectina é acessível à degradação pela PG (Fischer e Bennett, 1991).

A atividade máxima da PG ocorre em pH de 3,5 a 4,2, enquanto a atividade máxima da PME ocorre em pH 7,5. À medida que a pectina é desesterificada, o pH diminui e sua atividade também (Fonseca, 1974).

De acordo com Lyons (1973), as pectinas estão relacionadas à injúria pelo frio através da ativação das enzimas responsáveis pela degradação da fração péctica, tais como a PME e PG. Vukomanovic (1988) e Abreu (1995) verificaram teores mais elevados de pectina solúvel em abacaxis mais sensíveis ao escurecimento interno, indicando que nestes frutos a hidrólise da protopectina e, conseqüentemente, a degradação da parede celular e atividade das enzimas pécticas (PG e PME) foram mais intensas, comparadas aos frutos com menores índices de injúria.

Gonçalves (1998) observou que abacaxis menos sensíveis à injúria pelo frio apresentaram menor solubilização das pectinas e menor atividade da PG, comparados aos frutos mais sensíveis.

2.6.5 Acidez e pH

O teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminui com a maturação em decorrência do processo respiratório ou da conversão em açúcares, pois este período corresponde ao de maior atividade metabólica. Os ácidos orgânicos constituem excelente reserva energética do fruto, através de sua oxidação no ciclo de Krebs (Chitarra e Chitarra, 1990). Desta forma, a relação açúcares/ácidos aumenta durante a maturação na maioria dos frutos. As reações

de degradação dos ácidos orgânicos são pouco conhecidas (Cheftel e Cheftel, 1992).

A acidez é calculada com base no principal ácido presente, expressando-se o resultado em porcentagem de acidez titulável total. Os principais ácidos responsáveis pela acidez do abacaxi são o cítrico e o málico, contribuindo, respectivamente, com 80 e 20% da acidez total. Paull e Rohrbach (1982) e Teisson (1979) encontraram decréscimos significativos nos teores de ácido cítrico e málico em frutos afetados pelo escurecimento interno.

A acidez do abacaxi varia entre cultivares, entre frutos de uma mesma cultivar e também entre diferentes secções de um mesmo fruto. Dentre os fatores que influenciam na acidez dos frutos, pode-se destacar o estágio de maturação, fatores climáticos e a nutrição mineral (Carvalho e Botrel, 1996). Bartolomé e Fúster (1995) encontraram valores de 0,85% de ácido cítrico e de 0,38% de ácido málico para a cultivar *Smooth Cayenne*. A acidez titulável total no abacaxi varia de 0,6 a 1,62%, sendo normalmente expressa como porcentagem de ácido cítrico (Carvalho e Botrel, 1996).

O pH determina a concentração hidrogeniônica de uma solução. Segundo Py, Lacoeyllhe e Teisson (1984), os valores de pH em abacaxis oscilam de 3,0 a 4,0. De acordo com Salunke e Desai (1984), a injúria pelo frio em abacaxis também está relacionada a decréscimos de pH. Porém, Abreu (1991) observou acréscimos de pH em frutos sensíveis ao escurecimento interno. Gonçalves (1998), estudando o efeito do cloreto cálcio sobre o escurecimento interno de abacaxis, observou que os frutos mais resistentes ao escurecimento apresentaram uma tendência de redução de pH.

2.6.6 Açúcares e sólidos solúveis totais

Entre as principais reações bioquímicas do amadurecimento estão as modificações nos glicídeos. O amadurecimento, de um modo geral, proporciona

uma maior doçura devido ao aumento nos teores de açúcares simples decorrentes de processos de biossíntese ou de degradação dos polissacarídeos existentes nos frutos, apesar do consumo de uma parte destes constituintes pela oxidação respiratória (Cheftel e Cheftel, 1992).

Os frutos climatéricos são colhidos antes do início do amadurecimento, só o atingindo após o pico respiratório do climatério. Desta forma, são observadas mudanças consideráveis nos teores de açúcares, que aumentam após a colheita e durante o armazenamento por períodos curtos. Após armazenamento prolongado, todos os açúcares decrescem (Chitarra e Chitarra, 1990).

Os açúcares do abacaxi representam cerca de 9/10 da matéria seca do suco, correspondendo a uma fração muito importante da parte comestível da fruta. Destes açúcares sobressai-se a sacarose, com teores variando de 5,9 a 12,0%, representando, nos frutos maduros, em média 66% dos açúcares totais. Além da sacarose, destacam-se também a glicose (1,0% a 3,2%) e frutose (0,6 a 2,3%). O abacaxi recém colhido apresenta de 12 a 15% de açúcares totais (Carvalho e Botrel, 1996).

Os teores de açúcares, normalmente representados pela porcentagem de sólidos solúveis, expressos em Brix, determinados por refratometria, variam entre as diferentes cultivares, entre frutos de uma mesma cultivar e até mesmo entre as diferentes porções da polpa (Py, Lacoeyllhe e Teisson, 1984).

Paull e Rohrbach (1985) associaram a suscetibilidade do abacaxi ao escurecimento interno à baixa quantidade de açúcares totais e individuais. Vukomanovic (1988) também observou uma diminuição nos teores de açúcares totais nos frutos com maior índice de escurecimento interno. Porém, Botrel (1991) e Abreu (1995) não verificaram associação entre o índice de escurecimento interno e os teores de açúcares totais e individuais.

2.7 Tratamentos pós-colheita

A procura e a aceitação de um determinado produto é baseada em sua qualidade. No caso de frutas e hortaliças, parece que os dois mais importantes atributos de qualidade são a cor e a textura, principalmente o primeiro, pois o consumidor geralmente julga, inicialmente, a qualidade de um produto pela aparência.

Para se ter competitividade no mercado externo, é necessária a oferta de frutos de excelente qualidade. Independente do país importador, os frutos necessariamente têm que atingir padrões qualitativos mínimos, tais como: coloração, aparência (casca e polpa), tamanho dos frutos, maturação e qualidade interna (Carvalho e Botrel, 1996).

A fase de pós-colheita se inicia no momento da separação do produto comestível de seu meio, por ato deliberado, com a intenção de utilizá-lo como alimento, e termina quando o mesmo é submetido ao processo de preparação para o consumo final (Chitarra e Chitarra, 1990).

2.7.1 Tratamentos à base de cálcio

O cálcio representa mais de 3% da composição da crosta terrestre, sendo o quinto elemento em abundância. O teor de cálcio trocável em solos normais varia de 65 a 85% (Carvalho e Chalfoun, 1991).

O cálcio desempenha um papel importante na manutenção da qualidade de frutas e hortaliças (Poovaiah, 1986). De acordo com Bangerth (1979), muitas desordens fisiológicas que afetam os frutos estão relacionadas ao conteúdo de cálcio.

Além das desordens fisiológicas, o cálcio acha-se relacionado a diversas doenças de natureza microbiana. Também está associado à própria qualidade dos frutos, aumentando sua conservação pós-colheita através de efeitos sobre a respiração e a textura dos frutos, tornando-os mais firmes e, conseqüentemente,

mas resistentes às injúrias nas fases de pré e pós-colheita (Carvalho e Chalfoun, 1991).

A importância do cálcio na manutenção da qualidade pós-colheita de frutos tem sido bastante estudada, com obtenção de excelentes resultados. Pesquisas de Gonçalves (1998), utilizando abacaxis cv. *Smooth Cayenne*, mostraram que a aplicação de cloreto de cálcio a 2%, associado ao tratamento hidrotérmico, independente do tempo de imersão, diminuiu a solubilização de pectinas e atividades das peroxidases e polifenoloxidasas, indicando o efeito do cálcio na integridade da parede celular e da temperatura no decréscimo da atividade enzimática e, conseqüentemente, no escurecimento dos frutos.

Com relação à técnica de aplicação de cálcio nos frutos, Zambrano e Manzano (1995) aconselham o uso da imersão, uma vez que a técnica de infiltração pode causar danos aos frutos.

De acordo com Bramlage, Drake e Lord (1980), a ação do cálcio em retardar a senescência, proporcionar textura mais firme aos frutos e outros órgãos vegetais, conferindo-lhes maior resistência às injúrias de natureza fisiológica, microbiana e mecânica, é devida a sua influência na permeabilidade e manutenção da integridade celular, assim como na atividade energética da membrana celular.

2.7.2 Armazenamento sob atmosfera modificada

A presença de oxigênio sempre estimula a respiração e, conseqüentemente, o amadurecimento. Cada fruto tem um percentual ótimo de oxigênio na atmosfera ao qual melhor responde. Sabendo isto, é possível, dentro de certos limites, acelerar ou retardar o amadurecimento (Fonseca, 1974).

Segundo Oraikul e Stiles (1991), o uso de atmosfera modificada, através da qual o produto pode ser embalado em pacotes de tamanhos adequados

ao transporte, parece ser o método mais apropriado quando se necessita de um armazenamento prolongado ou de transporte para locais distantes.

Apesar dos conhecimentos acerca dos profundos efeitos da atmosfera gasosa modificada no armazenamento de alimentos existirem há mais de cem anos, a possibilidade de aplicá-los só se tornou possível graças aos avanços na tecnologia dos polímeros, que disponibilizou uma grande variedade de filmes plásticos adequados ao armazenamento de alimentos (Ooraikul e Stiles, 1991).

Esta disponibilidade de filmes com grande variedade de características físicas, associada a equipamentos versáteis para embalagens, fizeram com que se voltassem atenções para o uso da atmosfera modificada no comércio varejista de alimentos. No sistema de atmosfera modificada, o controle contínuo da atmosfera que envolve o produto é eliminado, tornando o sistema bem mais econômico para uso em larga escala e bastante prático para ser aplicado no varejo (Ooraikul e Stiles, 1991).

Os produtos vegetais possuem necessidades diferenciadas de armazenamento em atmosfera modificada, sendo esta muito utilizada para o controle do amadurecimento, através da redução da taxa respiratória, e para minimizar a ação de microorganismos deteriorantes.

Um dos problemas que podem ocorrer durante o armazenamento sob atmosfera modificada é o escurecimento enzimático que ocorre quando os frutos ou hortaliças são injuriados. Quando o produto injuriado é exposto ao ar, o escurecimento ocorre rapidamente, tornando-o inaceitável em um período relativamente curto (Ooraikul e Stiles, 1991).

O tipo mais utilizado de atmosfera modificada é proporcionado pelo uso de embalagens de polietileno. No interior das embalagens, a respiração dos frutos reduz a concentração de O_2 e aumenta a de CO_2 . A concentração dos dois gases vai depender do tipo de embalagem utilizada, variedade, peso, estágio de maturação e temperatura dos produtos. As características da película plástica tais

como estrutura, densidade e espessura, são fatores que determinam a permeabilidade ao oxigênio, dióxido de carbono, água e etileno (Stiles, 1991).

A película ideal deve permitir a entrada de oxigênio em quantidades suficientes para impedir a respiração anaeróbica, e permitir a saída de dióxido de carbono para evitar a toxicidade. Algumas vezes, é necessária a perfuração da embalagem ou uma selagem parcial da mesma para se obter as condições gasosas desejadas em seu interior, evitando, assim, o aparecimento de sabores estranhos ou injúrias fisiológicas (Chitarra e Chitarra, 1990). A concentração crítica de oxigênio que inicia a respiração anaeróbica depende da taxa respiratória. Cada produto tem sua própria tolerância e resposta ao abaixamento dos níveis de oxigênio (Stiles, 1991).

2.7.3 Tratamentos hidrotérmicos

De acordo com Rodov et al. (1995), o tratamento hidrotérmico é fácil de ser implementado, podendo ser associado a procedimentos regulares no *packing house*. A origem do fruto poderá influenciar na tolerância ao tratamento térmico, sendo os frutos tropicais mais tolerantes ao calor que os de zona temperada.

Outro benefício do tratamento térmico antes do armazenamento é a redução dos danos causados por desordens fisiológicas, dentre elas a injúria pelo frio. McCollum et al. (1995) relataram que o tratamento hidrotérmico pode ser um método efetivo na redução das injúrias causadas pelo *chilling*, sendo mais adaptável às operações comerciais que o ar quente.

Botrel et al. (1996) avaliaram a influência do uso do cloreto de cálcio em quatro concentrações (0, 1, 2 e 3%), associado ao tratamento hidrotérmico, (42°C) com tempo de imersão de 30 minutos, sobre o escurecimento interno de abacaxis. O uso de cloreto de cálcio a 3% demonstrou ser mais efetivo na redução do escurecimento interno, porém causou danos à casca dos frutos e ressecamento da coroa, depreciando o produto.

Há relatos de trabalhos com outros frutos que associaram tratamentos hidrotérmicos ao cálcio. Em pêssegos 'Biuti', Holland (1993) observou que a absorção do cálcio foi mais eficiente quando os frutos foram imersos numa solução de cloreto de cálcio a 49°C. Lurie e Klein (1992) observaram excelentes resultados quando utilizaram, na pós-colheita de maçãs, cloreto de cálcio a 3% em solução aquecida a 38°C, verificando maior firmeza, com menor teor de pectina insolúvel na parede celular.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Origem, colheita e transporte dos frutos

Foram utilizados abacaxis da cultivar *Smooth Cayenne*, provenientes do município de Canápolis, estado de Minas Gerais (Triângulo Mineiro), situado a 550m de altitude, cultivados em solo do tipo latossolo vermelho escuro eutrófico, com adubação de fundação, na cova, de 3g de P_2O_5 por planta, e durante o ciclo, 12g de K_2O e 9g de N_2 por planta, em cobertura. A lavoura foi irrigada de 10 em 10 dias. A densidade de plantio foi de 40.000 plantas por hectare.

O tempo decorrido do plantio até a colheita foi de 15 meses, sendo a colheita realizada no dia 14 de julho de 1998, no período de 8:30 às 11:00 horas. No momento da colheita, os pedúnculos cortados foram tratados com Benomyl a 4.000 ppm, para proteção contra a podridão negra, e em seguida acondicionados a granel em caminhão.

Os abacaxis foram colhidos em estágio de maturação 2, descrito por Giacomelli (1982), ou seja, região basal do fruto amarela, porém sem atingir mais de duas fileiras de olhos, com peso médio entre 1,8 e 2,1 kg.

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

3.2 Seleção dos frutos, tratamentos estudados e armazenamento

Para compor os tratamentos foram selecionados 552 frutos. Os frutos doentes, injuriados e mal formados foram eliminados.

Uma parcela constituída por 24 frutos, os mais uniformes possíveis, foi subdividida em quatro subparcelas de seis frutos cada, que foram analisados no

dia da colheita, com a finalidade de avaliar as qualidades físicas, químicas e físico-químicas dos frutos utilizados no experimento.

Os tratamentos estudados foram formados pelas 20 combinações fatoriais, resultantes de dois tipos de armazenamento (com e sem embalagem), dois tipos de tratamentos hidrotérmicos (com e sem cálcio) e cinco diferentes tempos de imersão (10, 20, 30, 40 e 50 minutos). A estes se agregaram duas testemunhas: (1) frutos sem embalagem e sem imersão e (2) frutos com embalagem e sem imersão, que representaram o Tempo 0 dos respectivos tratamentos (tratamentos com e sem embalagem), totalizando, portanto, 22 tratamentos. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo que as unidades experimentais foram constituídas cada uma de seis frutos.

Os tratamentos foram codificados e descritos como se segue:

Fruto armazenado sem embalagem, após imersão em água à temperatura de 40°C (Anexo A, Figura 2A):

- Tempo de 10 minutos (Ag/SE/10)
- Tempo de 20 minutos (Ag/SE/20)
- Tempo de 30 minutos (Ag/SE/30)
- Tempo de 40 minutos (Ag/SE/40)
- Tempo de 50 minutos (Ag/SE/50)

Fruto armazenado sem embalagem, após imersão em solução de cloreto de cálcio a 2% à temperatura de 40°C (Anexo A, Figura 3A):

- Tempo de 10 minutos (Ca/SE/10)

- Tempo de 20 minutos (Ca/SE/20)
- Tempo de 30 minutos (Ca/SE/30)
- Tempo de 40 minutos (Ca/SE/40)
- Tempo de 50 minutos (Ca/SE/50)

Fruto armazenado com embalagem de polietileno selada, após imersão em água à temperatura de 40°C (Anexo A, Figura 4A):

- Tempo de 10 minutos (Ag/CE/10)
- Tempo de 20 minutos (Ag/CE/20)
- Tempo de 30 minutos (Ag/CE/30)
- Tempo de 40 minutos (Ag/CE/40)
- Tempo de 50 minutos (Ag/CE/50)

Fruto armazenado com embalagem de polietileno selada, após imersão em solução de cloreto de cálcio a 2% à temperatura de 40°C (Anexo A, Figura 5A):

- Tempo de 10 minutos (Ca/CE/10)
- Tempo de 20 minutos (Ca/CE/20)
- Tempo de 30 minutos (Ca/CE/30)
- Tempo de 40 minutos (Ca/CE/40)
- Tempo de 50 minutos (Ca/CE/50)

Testemunha 1 (Tempo 0/ Sem embalagem): Fruto sem imersão, armazenado sem embalagem (SI/SE) (Anexo A, Figura 1A).

Testemunha 2 (Tempo 0/ Com embalagem): Fruto sem imersão, armazenado com embalagem de polietileno selada (SI/CE) (Anexo A, Figura 1A).

Após a aplicação dos respectivos tratamentos, os frutos foram armazenados em câmara fria a uma temperatura de $8^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa de $90\% \pm 3$, por um período de 20 dias. Retirados das condições de armazenamento refrigerado, foram colocados à temperatura ambiente, $20^{\circ}\text{C} \pm 2$ e umidade relativa de $80\% \pm 10$, por um período de 5 dias. Após esse período, foram avaliados quanto à presença de sintomas de escurecimento interno e submetidos às análises químicas, físicas e físico-químicas.

Durante todo o período de armazenamento dos frutos a temperatura e umidade relativa foram registradas através de termohigrógrafo.

A água utilizada na execução dos tratamentos apresentou uma concentração de 9,0 mg de cálcio / litro.

3.3 Tipo de embalagem utilizada

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

3.4 Avaliações dos frutos

Os frutos utilizados no experimento foram submetidos às seguintes avaliações químicas, físicas e físico-químicas:

3.4.1 Escurecimento interno

Foram avaliados a área dos frutos atingida pelo escurecimento interno, o número de frutos afetados e o índice de escurecimento interno apresentado por cada fruto.

- Área de escurecimento interno e número de frutos afetados:

Para se avaliar a porcentagem de escurecimento interno foi utilizado o seguinte método topográfico:

Os frutos foram cortados longitudinalmente, os contornos da área total dos frutos e das manchas provenientes do escurecimento interno da polpa de cada fruto foram copiadas em lâminas transparentes para retroprojeter, utilizando caneta apropriada. As lâminas foram fotocopiadas, a área afetada e a área total de cada fruto foram recortadas e pesadas em balança analítica, calculando-se, através do peso, a porcentagem de polpa que apresentou a injúria.

Foi feito o registro do número de frutos afetados pelo escurecimento interno em cada parcela experimental.

- Índice de escurecimento (IE):

A porcentagem da área afetada foi multiplicada pela intensidade do escurecimento interno (EI) e pela porcentagem de frutos atingidos pela injúria, ou seja:

$$IE = \% \text{ de área afetada} \times \text{intensidade de EI} \times \% \text{ de frutos afetados}$$

A intensidade de escurecimento interno foi determinada por escala de notas de 1 a 3, sendo:

- 1 – mancha fraca (coloração marrom clara);
- 2 – mancha moderada (coloração marrom médio);
- 3 – mancha severa (coloração marrom escuro).

3.4.2 Temperatura interna do fruto

Foi utilizado um termômetro específico para medir a temperatura interna dos frutos. Foram amostrados, aleatoriamente, quatro (4) frutos para cada tipo de tratamento utilizado, sendo realizadas quatro medidas da temperatura, em diferentes pontos do fruto. Encontrou-se, desta forma, um valor médio da temperatura interna dos frutos amostrados.

Os frutos utilizados nesta determinação, por terem sido perfurados pelo termômetro, foram descartados em seguida, não sendo utilizados para compor as parcelas experimentais.

3.4.3 Avaliações físicas, físico-químicas e químicas

Os 6 frutos de cada parcela experimental foram descascados, as polpas cortadas em pedaços, obtendo-se uma amostra composta. Uma parte desta amostra foi imediatamente congelada em nitrogênio líquido, para as análises das atividades enzimáticas e extração do material de parede celular. Uma outra parte da amostra foi utilizada nas análises de pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais e extração da vitamina C. O restante foi armazenado sob congelamento para a realização das demais análises. As avaliações realizadas foram as seguintes:

a) Acidez titulável total – ATT (%)

Determinada por titulação com NaOH 0,1N, de acordo com a técnica preconizada pela A.O.A.C. (1992), e expressa em porcentagem de ácido cítrico por 100ml de suco.

b) pH

Determinado por potenciometria em eletrodo de vidro, segundo técnica da A.O.A.C. (1992).

c) Sólidos solúveis totais -SST (%)

Determinados por refratometria, conforme normas da A.O.A.C. (1992), utilizando refratômetro digital, com compensação de temperatura automática.

d) Açúcares totais (% de glicose), redutores (% de glicose) e não redutores (% de sacarose)

As extrações foram feitas pelo método de Lane-Enyon, citado pela A.O.A.C. (1992), e os açúcares determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944). A porcentagem de sacarose foi obtida pela diferença entre os teores de açúcares totais e redutores, antes e depois da hidrólise ácida. A diferença entre os dois valores, multiplicada pelo fator 0,95 (fator de conversão do açúcar invertido em sacarose), dará a quantidade de sacarose existente na solução.

e) Vitamina C total (mg de ácido ascórbico/100g)

Foi utilizado o método colorimétrico de Roe e Kutether, citado por Strohecker e Henning (1967).

f) Compostos fenólicos totais (mg de ácido tânico/100g)

Foram extraídos e dosados segundo a técnica de Goldstein e Swain (1963) com algumas modificações. Foram feitas três extrações sucessivas com metanol a 80%. Na determinação foi utilizado o método de Folin -Denis, conforme recomendação da A.O.A.C. (1992).

g) Substâncias pécnicas (mg de ácido poligalacturônico/100g)

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

h) Pectinametilesterase (PME) – (U·g⁻¹/min)

A técnica de Ratner, Goren e Monselise (1969) foi utilizada para a extração e o doseamento. Uma unidade de pectinametilesterase foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente a um nanomol de NaOH por minuto, nas condições do ensaio.

Os resultados da atividade enzimática por minuto, com base na massa fresca, foram expressos em unidades que correspondem a um $\text{nanomol}\cdot\text{g}^{-1}$.

i) Poligalacturonase (PG) – ($\text{U}\cdot\text{g}^{-1}/\text{min}$)

A extração foi realizada segundo os métodos descritos por Pressey e Avants (1973) e Jen e Robinson (1984). A unidade de atividade de poligalacturonase foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de um nanomol de grupos redutores por minuto nas condições do ensaio. Os resultados da atividade enzimática por minuto, com base na massa fresca, foram expressos em unidades que correspondem a um $\text{nanomol}\cdot\text{g}^{-1}$.

j) Peroxidase (PER) - ($\text{U}\cdot\text{g}^{-1}/\text{min}$)

A extração e determinação da atividade enzimática foram feitas pelo método preconizado por Matsuno e Uritani (1972). Os resultados da atividade enzimática por minuto, com base na massa fresca, foram expressos em unidades que correspondem a um $\text{nanomol}\cdot\text{g}^{-1}$.

k) Polifenoloxidase (PFO) -($\text{U}\cdot\text{g}^{-1}/\text{min}$)

Foi extraída pelo método proposto por Matsuno e Uritane (1972). Os resultados da atividade enzimática por minuto, com base na massa fresca, foram expressos em unidades que correspondem a um $\text{nanomol}\cdot\text{g}^{-1}$, segundo o método proposto por Teisson (1979).

l) Fenilalanina amônio liase (FAL) ($\text{U}\cdot\text{g}^{-1}/\text{min}$)

Na extração foi utilizada a técnica preconizada por Rhodes e Wooltorton (1971). A atividade enzimática foi expressa em unidades, definidas como sendo a quantidade de enzima que produz um aumento na absorção a 290 nm de 0,001 por minuto, segundo Zucker (1965).

m) Cálcio total (%)

O cálcio total foi determinado, após digestão nitroperclórica, por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com a metodologia descrita

por Sarruge e Haag (1974). Os resultados foram expressos em porcentagem de cálcio na matéria seca. Para esta determinação foi utilizada a polpa liofilizada e triturada em gral.

n) Extração do material da parede celular

A parede foi extraída do tecido mesocárpico de acordo com Mitcham e McDonald (1992), com algumas modificações.

o) Cálcio ligado à parede celular

Foi determinado pela mesma técnica usada para o cálcio total, porém utilizando amostra extraída da parede celular. Os resultados foram expressos em porcentagem de cálcio ligado à parede celular em 100g de matéria seca.

p) Umidade da polpa

Foi realizada segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1990), baseada na evaporação da água, a partir de uma amostra de peso conhecido, por aquecimento à temperatura de 60°C, em estufa ventilada até peso constante.

q) Porcentagem de perda de peso dos frutos

Foi calculada através da diferença de peso entre as pesagens realizadas nos frutos depois de submetidos aos respectivos tratamentos de imersão e as pesagens realizadas após os períodos de armazenamento (refrigeração e temperatura ambiente).

3.5 Análise estatística

Os valores obtidos para as características físicas, físico-químicas e químicas foram avaliados segundo o esquema de análise de variância apresentado na Tabela 1. Estas análises foram realizadas usando o programa MSTATC. Quando houve efeito significativo entre os tratamentos, bem como entre suas interações, as respectivas médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5%.

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

TABELA 1 Esquema de análise variância para um experimento fatorial 2 x 2 x 5, com dois tratamentos adicionais e conduzido no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL
Tratamentos	(21)
Testemunhas x Fatorial	1
Entre testemunhas	1
Cálcio (C)	1
Embalagem (E)	1
C x E	1
Tempo (T)	4
C x T	4
E x T	4
C x E x T	4
Erro	66
Total	87

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características físicas, físico-químicas e químicas dos frutos analisados no dia da colheita

Os frutos analisados logo após a colheita não apresentaram sintomas de escurecimento interno, indicando que não sofreram nenhum tipo de injúria no campo. Os resultados das características avaliadas encontram-se na Tabela 2.

O peso médio dos frutos situou-se entre 1,8 a 2,1 kg. O valor médio do pH (3,85) está dentro da faixa considerada normal (3,7 a 3,9) segundo Carvalho e Botrel (1996). Os sólidos solúveis totais (SST) apresentaram valores médios de 11,50, compatíveis com os encontrados por Botrel (1991) e Silva (1997), que variaram de 11 a 14,25%.

A acidez titulável total (ATT) média foi de 1,05% de ácido cítrico. Carvalho e Botrel (1996) relatam que a acidez do abacaxi pode variar de 0,6 a 1,62% de ácido cítrico.

A relação SST/ATT média encontrada foi de 11,01, sendo bastante inferior à observada por Gonçalves (1998), que foi de 23,4, talvez devido ao fato da colheita ter sido realizada no verão. No presente trabalho, entretanto, a colheita ocorreu no inverno, época em que os frutos apresentam uma acidez mais elevada e um menor teor de SST.

Os teores médios de açúcares totais, açúcares não redutores e de açúcares redutores foram de 8,86% de glicose, 5,34% de sacarose e de 3,23% de glicose, respectivamente. A sacarose encontra-se um pouco inferior à faixa relatada por Carvalho e Botrel (1996), que varia de 5,9 a 12,0%, representando 66% dos açúcares totais no fruto maduro.

TABELA 2 Valores mínimos, máximos e médios e correspondentes erros padrão das características físicas, físico-químicas e químicas de abacaxis analisados logo após a colheita.

CARACTERÍSTICA ANALISADA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	MÉDIA GERAL	ERRO PADRÃO
Umidade (%)	87,07	87,77	87,38	± 0,28
Acidez titulável (% de ácido cítrico)	1,02	1,09	1,05	± 0,03
pH	3,82	3,87	3,85	± 0,02
Sólidos solúveis (%)	11,20	12,00	11,50	± 0,31
SST/ATT	10,95	11,08	11,01	± 0,05
Açúcares totais (% de glicose)	8,46	9,19	8,86	± 0,29
Açúcares redutores (% de glicose)	2,89	3,63	3,23	± 0,27
Açúcares não redutores (% de sacarose)	5,05	5,52	5,34	± 0,20
Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g)	18,26	20,00	19,19	± 0,73
Pectina total (mg de ácido galacturônico/100g)	303,81	351,28	327,54	± 19,57
Pectina solúvel (mg de ácido galacturônico/100g)	51,27	54,12	52,70	± 1,06
Solubilização das pectinas (%)	15,14	16,88	16,13	± 0,69
Cálcio total (% de matéria seca)	0,25	0,28	0,26	± 0,01
Cálcio parede (% de matéria seca)	0,16	0,27	0,20	± 0,04
Fenólicos totais (mg de ácido tânico/100g)	58,80	58,80	58,80	± 0,00
PG (nmol.g ⁻¹ /min.)	677,55	716,68	702,24	± 4,76
PME (nmol.g ⁻¹ /min.)	100,00	125,00	116,25	± 10,23
FAL (nmol.g ⁻¹ /min.)	292,80	314,80	307,20	± 8,82
PER (nmol.g ⁻¹ /min.)	32,15	38,13	34,77	± 2,45
PFO (nmol.g ⁻¹ /min.)	24,22	27,82	25,81	± 1,30
Média de peso dos frutos (g)	1.803,75	2.096,67	1.944,54	± 56,46

Os valores médios relativos à pectina total e solúvel foram de 327,54 e 52,70 mg de ácido galacturônico/100g de polpa, respectivamente. A porcentagem de solubilização encontrada foi de 16,63%.

Os polifenóis apresentaram um valor médio de 58,80mg de ácido tânico/100g. A quantidade média de vitamina C total encontrada foi de 19,19 mg de ácido ascórbico/100 g, valor superior aos citados na literatura, que são, em média, de 17 mg de ácido ascórbico/100g (Carvalho e Botrel, 1996; Salunkhe e Desai, 1984).

Os teores médios de cálcio total e de cálcio ligado à parede celular foram de 0,26 e de 0,20% em matéria seca, respectivamente.

A atividade média das enzimas pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG), peroxidase (PER), polifenoxidase (PFO) e fenilalanina amônio liase (FAL) foram de 116,25, 702,24, 34,77, 25,81 e 307,20 U·g⁻¹/min, respectivamente. Verifica-se, portanto, que todas as enzimas apresentaram atividades no dia da colheita.

Estas análises forneceram subsídios importantes para o estudo das transformações bioquímicas que ocorreram durante a maturação e armazenamento refrigerado dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos utilizados no presente estudo. A realização destas análises baseou-se no fato da sensibilidade ao escurecimento interno estar relacionada à composição química do fruto.

4.2 Efeitos dos tratamentos sobre a incidência de escurecimento interno (E.I.)

Além dos constituintes físico-químicos e químicos, que conferem aos frutos o sabor e aromas característicos, a qualidade interna dos abacaxis está relacionada a atributos da polpa, tais como coloração, ausência de injúrias de natureza fisiológica ou ainda infecção por microorganismos e ataque de pragas.

Tanto a aparência da polpa quanto suas características de sabor e aroma são comprometidas por distúrbios de natureza fisiológica, como o escurecimento interno. Para o estudo do escurecimento interno nos frutos avaliou-se a porcentagem da área dos frutos atingidos pela injúria, a porcentagem de frutos afetados e a intensidade de coloração das manchas. A partir destes dados, calculou-se o índice de escurecimento interno dos frutos para cada um dos tratamentos utilizados no presente trabalho. Na Tabela 3 estão contidos os resultados das análises de variância destes fatores.

4.2.1 Área afetada pelo E.I.

Para as porcentagens das áreas afetadas pelo escurecimento interno observaram-se diferenças significativas entre testemunhas, uso ou não de cloreto de cálcio e de embalagem e tempos de imersão, e ainda para as interações Cálcio x Tempo e Embalagem x Tempo (Tabela 3, coluna 3).

A diferença altamente significativa entre testemunhas se deve, sobretudo, ao efeito da embalagem presente em uma delas, como se pode inferir a partir do efeito altamente significativo da embalagem (E) isoladamente.

Nas Tabelas 4 e 5 podem ser observados os resultados dos testes de Tukey para as médias das variáveis que apresentaram diferenças significativas, assim como para as interações significativas. As interações significativas indicam que um fator pode ter seu efeito modificado na presença de outro.

TABELA 3 Resumo da análise de variância das áreas dos frutos afetadas pelo escurecimento interno (%), frutos afetados (%) e índice de escurecimento mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais.⁽¹⁾

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	VARIÁVEIS		
		Área afetada E.I. (%)	Frutos afetados E.I. (%)	Índice de E.I.
Tratamentos	21	865,80***	6110,57***	41.346.864,43***
Testemunhas X Fatorial	1	0,385 n.s.	12535,78***	14.596.710,85**
Entre testemunhas	1	1406,621***	11,40 n.s.	149.633.755,19***
Cálcio (C)	1	262,41*	4013,80**	9.451.564,33*
Embalagem (E)	1	13174,61***	100344,86***	564.622.766,23***
C x E	1	48,19 n.s.	1999,8*	438.904,77 n. s.
Tempo (T)	4	105,63*	411,44 n.s.	4.238.203,58 n. s.
Cx T	4	368,01**	585,03 n.s.	14.195.501,26***
E x T	4	261,93**	876,74*	9.536.640,46***
Cx E x T	4	86,84 n.s.	480,85 n.s.	4.414.467,62*
Erro	66	42,38	297,78	1.838.655,06
C.V. (%)	—	39,53	28,03	41,81
Média geral	—	16,469	61,553	3243,251

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

TABELA 4 Áreas afetadas pelo escurecimento interno (%) em função da aplicação de cálcio e do tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Tempo (min.)					Média
	10	20	30	40	50	
Água	27,97 a	15,74 a	19,46 a	12,42 a	17,91 a	18,30 a
Cálcio	10,38 b	20,73 a	7,12 b	15,79 a	19,36 a	14,68 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%) .

TABELA 5 Áreas afetadas pelo escurecimento interno (%) em função da embalagem e do tempo de imersão ⁽¹⁾.

Embalagem	Tempo (min.)					Média
	10	20	30	40	50	
Sem	28,14 a	34,83 a	21,46 a	26,17 a	36,02 a	29,32 a
Com	8,21 b	1,64 b	5,13 b	2,05 b	1,25 b	3,66 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (%).

Na Tabela 4 verifica-se que não há uma tendência de comportamento definida entre os tratamentos com água e cálcio em função do tempo de imersão. Comparando os tratamentos água e cálcio entre si, observa-se que ocorreram diferenças significativas apenas nos tempos de 10 e 30 minutos, para os quais os frutos tratados com cálcio apresentaram uma redução na área afetada pelo escurecimento interno de 62,89% no tempo 10 e de 63,4% no tempo 30, em relação aos frutos tratados com água. Na média geral, o uso do cálcio promoveu uma redução significativa de 19,7%.

Na Tabela 5, observa-se o efeito da interação embalagem x tempo de imersão. Observa-se uma redução média significativa de 87,5% na área afetada

pelo escurecimento interno nos frutos embalados, comparados aos não embalados. Em todos os tempos, verificou-se um efeito acentuado da embalagem no controle da área de escurecimento. Estes resultados estão de acordo com Abreu (1995), que trabalhando com abacaxis cv. *Smooth Cayenne*, embalados em filmes de polietileno (com e sem perfuração) da mesma espessura da utilizada no presente estudo, também observou a eficiência da embalagem na redução do escurecimento interno dos frutos, quando comparados aos frutos não embalados. O autor verificou que nos frutos embalados em polietileno sem perfuração, a redução na área afetada pelo escurecimento interno foi de 87,86%, enquanto nos frutos embalados em polietileno com perfuração, a redução foi de 46,74%.

Silva (1997), também estudando o uso da atmosfera modificada no armazenamento de abacaxis cv. *Smooth Cayenne*, verificou que os frutos que receberam aplicação de cera associada à utilização de embalagem de cloreto de polivinila, apresentaram menor manifestação de injúria pelo frio. Pelo exposto, conclui-se que a atmosfera modificada pode contribuir de forma decisiva para a redução do escurecimento interno.

A Figura 1 ilustra graficamente os efeitos dos diversos tratamentos sobre a área dos frutos atingida pelo escurecimento interno, nos diferentes tempos de imersão. Observa-se que os frutos sem embalagem (água e cálcio) e os tratados com água e embalados não apresentaram um comportamento uniforme em relação aos tempos de imersão, enquanto nos frutos tratados com cálcio e embalados, a área afetada pelo escurecimento interno decresce nitidamente à medida que o tempo de imersão aumenta. Pode-se observar claramente que houve efeito da embalagem e que o tratamento cálcio/ com embalagem foi o mais efetivo na redução da área dos frutos afetada pelo escurecimento interno.

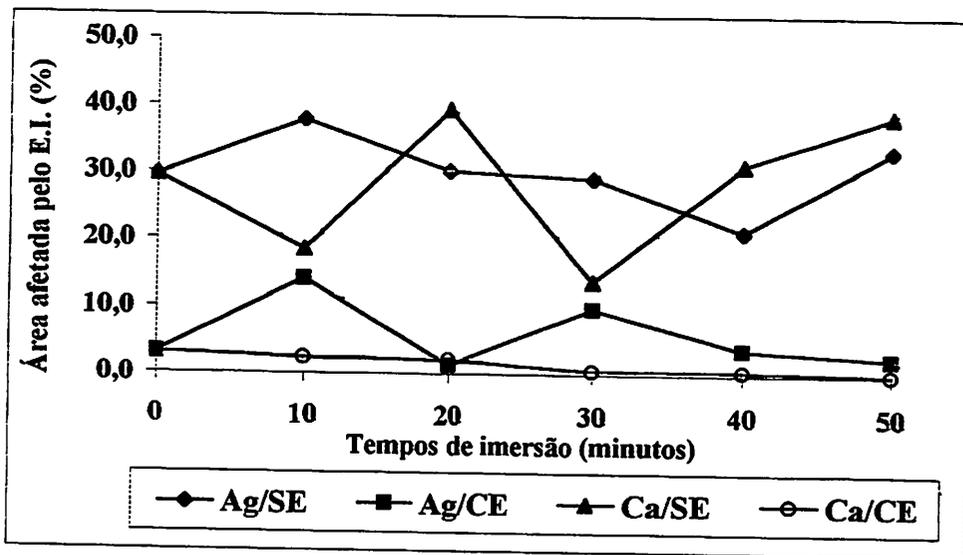


FIGURA 1 Representação gráfica da área dos frutos afetada pelo escurecimento interno (%) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

4.2.2 Frutos afetados pelo E.I.

A Tabela 3 (coluna 4) contém a análise de variância relativa ao efeito dos tratamentos sobre as porcentagens de frutos com escurecimento interno. Observa-se que não houve diferença significativa entre as testemunhas (SI/SE e SI/CE). Todavia, o contraste testemunhas x tratamentos fatoriais foi altamente significativo, indicando que a média do número de frutos afetados pelo escurecimento interno das testemunhas e a das combinações fatoriais são diferentes.

Devem ser destacados os efeitos altamente significativos do cálcio e embalagens na redução das porcentagens de frutos afetados. Também se mostraram significativas as interações cálcio x embalagem e embalagem x tempos de imersão. Nota-se que o tempo de imersão, em seu efeito principal,

não foi significativo para alterações nas porcentagens de frutos atingidos pelo escurecimento (Tabela 3, coluna 4).

No estudo da interação embalagem x tempo (Tabela 6), verificam-se as diferenças significativas entre embalagens, em todos os tempos de imersão. O fato da interação ser significativa deve ser devido a situações como a do tempo de 10 minutos, em que houve uma redução na porcentagem de frutos afetados pelo escurecimento interno de 54,5%, enquanto no tempo de 50 minutos essa redução foi de 83,3%, mostrando um comportamento diferenciado de um fator nos níveis do outro. Assim, o uso da embalagem demonstrou ser eficaz na redução do escurecimento interno. A redução média na porcentagem de frutos afetados pelo escurecimento interno foi de 72,96% nos frutos embalados, comparados aos não embalados. No trabalho de Abreu (1995), a utilização de polietileno sem perfuração reduziu em 68,75% o número de frutos afetados pelo escurecimento, enquanto nos frutos embalados com perfuração, a redução foi de 6,25% em relação aos frutos não embalados.

Todos os frutos (100%) que não foram submetidos ao tratamento térmico e não foram embalados (sem imersão/sem embalagem) apresentaram sintomas de escurecimento interno, enquanto nos frutos embalados, porém sem tratamento térmico, os sintomas se manifestaram em 20,83% dos frutos. Reforça-se, portanto, a eficiência da embalagem em reduzir o problema.

A Figura 2 ilustra os efeitos dos 22 tratamentos sobre as porcentagens de frutos afetados pelo escurecimento interno. Estas porcentagens variaram de 4,17% (Ca/CE/50) a 100%. No tratamento cálcio/com embalagem, observa-se uma tendência de diminuição no número de frutos afetados pelo escurecimento interno à medida que o tempo de imersão aumenta, apesar de não terem sido observadas diferenças significativas relacionadas a este fator.

TABELA 6 Porcentagem de frutos afetados pelo escurecimento interno em função da embalagem e do tempo de imersão ⁽¹⁾.

Embalagem	Tempo (min.)					Média
	10	20	30	40	50	
Sem	91,67 a	97,92 a	97,92 a	97,92 a	100,0 a	97,09 a
Com	41,67 b	16,67 b	37,50 b	18,75 b	16,67 b	26,25 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

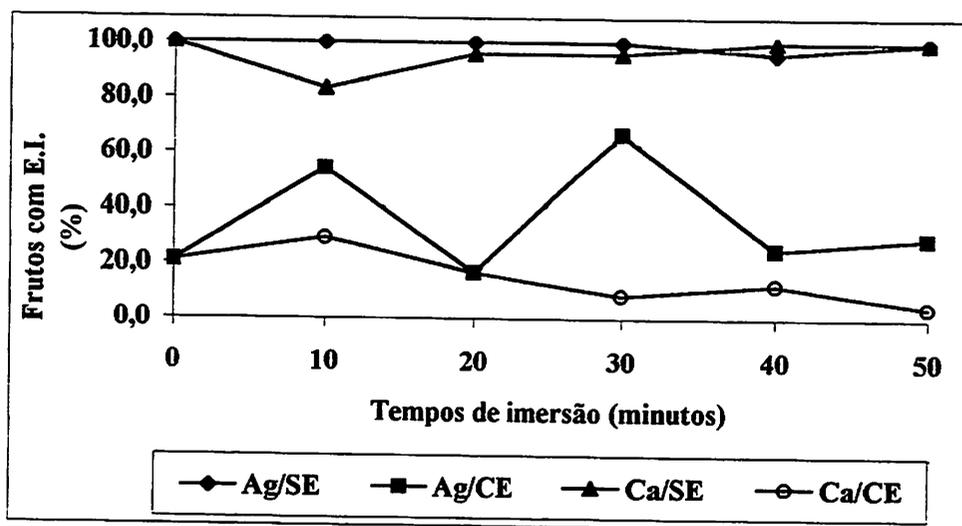


FIGURA 2 Representação gráfica da porcentagem de frutos atingidos pelo escurecimento interno nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

Gonçalves (1998), estudando o efeito do uso de cloreto de cálcio associado ao tratamento hidrotérmico sobre a composição química e suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi cv. *Smooth Cayenne*, verificou que 100% dos frutos apresentaram sintomas de escurecimento interno.

Constata-se, desta forma, que estes tratamentos não são suficientemente eficazes no controle dos sintomas de escurecimento interno. No referido estudo, não foi constatada diferença significativa relacionada às diferentes temperaturas das soluções de imersão e tempos de imersão utilizados. No presente trabalho, o cálcio não foi efetivo no controle do escurecimento interno. Contudo, ao se associar o tratamento com cálcio à embalagem, ocorreu uma tendência de redução nos sintomas de escurecimento interno, o que se deve mais ao efeito da embalagem.

4.2.3 Índice de E.I.

Ao avaliar a intensidade de coloração das manchas dos frutos afetados, observou-se que nos frutos tratados com cálcio e embalados (Ca/CE), as manchas apresentaram-se fracas. Nos frutos submetidos aos tratamentos térmicos sem cálcio, com e sem embalagem (Ag/SE e Ag/CE), nos frutos tratados com cálcio/ sem embalagem (Ca/SE) e nos frutos não submetidos a tratamento térmico e embalados (SI/CE), as manchas apresentaram-se moderadas. Nos frutos não submetidos a tratamento térmico e sem embalagem (SI/ SE), as manchas foram severas.

Através da análise de variância para o índice de escurecimento (Tabela 3, coluna 5), pode-se verificar que apenas os efeitos do tempo de imersão e da interação cálcio x embalagem não foram significativos. Na Tabela 7 verifica-se o resultado do teste de Tukey para a interação tripla cálcio x embalagem x tempo.

Os frutos embalados, tratados ou não com cálcio, apresentaram os menores índices de escurecimento interno em todos os tempos de imersão. A associação de tempo de imersão, cálcio e embalagem, principalmente, parece reduzir em muito o índice de escurecimento interno. Veja que a redução ocorrida no tempo de 50 minutos, com cálcio, associada ao uso da embalagem, foi de

aproximadamente 100%. Já para o tempo 10, sem cálcio, a redução foi de 70,6% (Tabela 7).

Observa-se, em cada combinação cálcio x embalagem, que o índice de escurecimento interno, em função do tempo de imersão, não apresentou uma tendência bem definida de aumento ou redução. De um modo geral, as diferenças observadas nestes índices foram influenciadas pelo uso ou não da embalagem e muito pouco influenciadas pelos diferentes tempos de imersão utilizados e pelo uso ou não do cloreto de cálcio. No entanto, ao se associar o cloreto de cálcio à embalagem, ocorreu uma redução de 95,43% no índice de escurecimento interno dos frutos tratados com cálcio e embalados, comparados aos frutos tratados com água e embalados. Botrel et al. (1996) observou redução no índice de escurecimento interno em abacaxis cv. *Smooth Cayenne* imersos por 30 minutos em solução de cloreto de cálcio à temperatura de 42°C.

Os índices de escurecimento interno dos frutos variaram de 1,63 (Ca/CE/50) a 8.856,00 (SI/SE). Na Figura 3 observa-se a variação ocorrida nos índices de escurecimento interno em função dos tempos de imersão. Os frutos não submetidos a tratamento térmico e sem embalagem (Tempo 0) foram os que apresentaram os maiores índices de escurecimento, devido, provavelmente, à coloração das manchas que apresentaram maior intensidade comparadas às apresentadas pelos demais grupos. Os frutos que apresentaram menor índice de escurecimento interno foram os tratados com cálcio e embalados.

TABELA 7 Índices de escurecimento interno em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	7572,0 a	6048,0 a	5822,0 a	4082,0 a	6681,0 a	6041,0 a
	Com	2225,0 b	66,7 b	409,0 b	421,0 b	256,4 b	675,7 b
Cálcio	Sem	3407,0a	7537,0 a	2607,0 a	6230,0 a	7726,0 a	5501,4 a
	Com	134,0 b	46,84 b	7,34 b	10,29 b	1,63 b	40,0 b

(1) Médias seguidas pela mesma letra na coluna e em cada nível de embalagem e cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

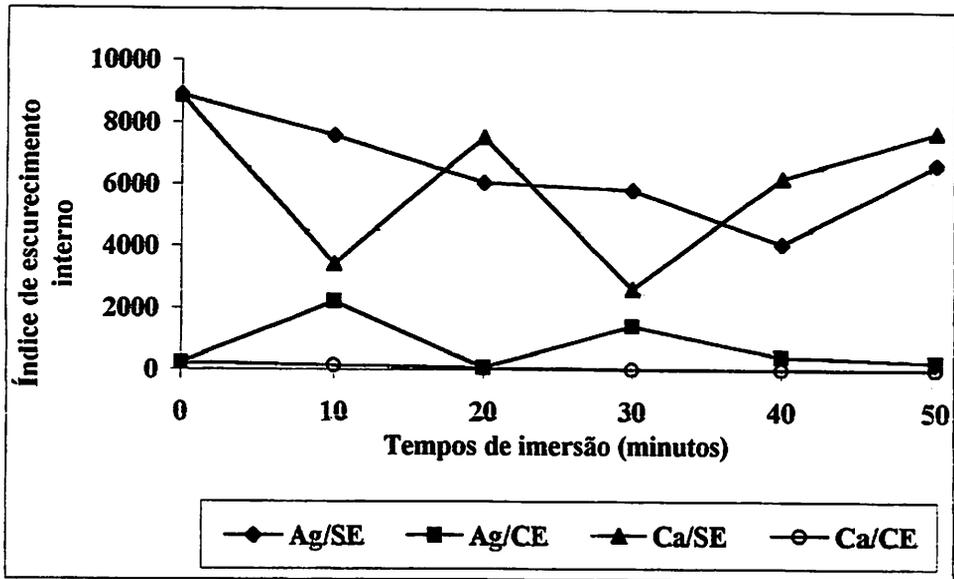


FIGURA 3 Representação gráfica do índice de escurecimento interno dos frutos nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

Nas Figuras 1A, 2A, 3A, 4A e 5A do Anexo A, observam-se os cortes transversais de frutos correspondentes a uma parcela experimental (uma repetição com seis frutos) de cada um dos tratamentos utilizados no presente estudo: sem imersão (com e sem embalagem), imersão em água (com e sem embalagem) e imersão em cálcio (com e sem embalagem). Nas referidas Figuras, pode-se visualizar o número de frutos afetados pela injúria, a área afetada, assim como a coloração das manchas.

4.3 Efeitos dos tratamentos sobre fatores físicos e químicos que influenciam na aparência dos frutos

Os resultados da análise de variância dos efeitos dos tratamentos sobre a temperatura interna da polpa estão na Tabela 8, enquanto os das porcentagens de perda de peso, umidade, cálcio total e ligado podem ser observados na Tabela 9. O esquema da análise de variância para a temperatura interna da polpa difere dos demais, uma vez que esta característica foi avaliada antes da embalagem dos frutos e do armazenamento dos mesmos.

4.3.1 Temperatura interna do fruto (polpa)

Esta avaliação foi feita visando determinar o efeito do tratamento térmico sobre a temperatura interna da polpa e sua conseqüente influência nas alterações químicas, principalmente nas de natureza enzimática. Na Tabela 8 observa-se que ocorreram diferenças significativas para a maioria das causas de variação estudadas, com exceção do cálcio e da interação cálcio X tempo.

Na Figura 4 estão as curvas estimadas e as equações de regressão representativas das variações na temperatura interna dos frutos tratados com água e cálcio nos diferentes tempos de imersão. Para cada minuto de imersão, espera-se um aumento médio na temperatura interna de $0,27^{\circ}\text{C}$. Os coeficientes de determinação ($r^2 = 0,96$) são semelhantes para ambos os tratamentos.

TABELA 8 Resumo da análise de variância da temperatura interna dos frutos mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais ⁽¹⁾.

Causa de variação	GL	Quadrado médio
Tratamentos	10	78,00***
Testemunha X Fatorial	1	316,92***
Cálcio (C)	1	0,13 n.s.
Tempo (T)	4	113,44***
C x T	4	2,30 n.s.
Erro	33	3,416
C.V. (%)	—	7,4%
Média geral (°C)	—	24,689

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

$$\hat{Y}_{Ag} = 17,19 + 0,27X$$

$$r^2 = 0,96$$

$$\hat{Y}_{Ca} = 17,37 + 0,27X$$

$$r^2 = 0,96$$

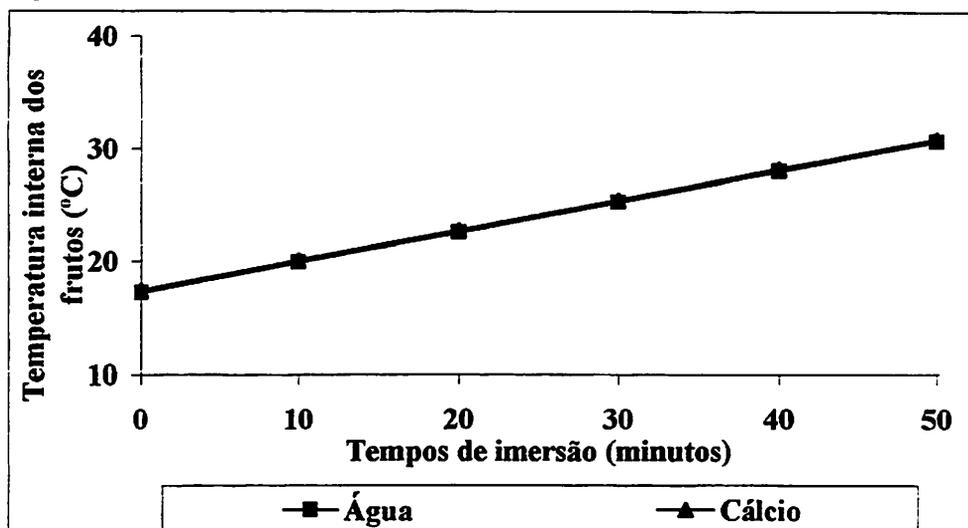


FIGURA 4 Equações de regressão e curvas representativas dos valores da temperatura interna (°C), estimados pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca), em função dos tempos de imersão.

TABELA 9 Resumo da análise de variância de fatores físicos e químicos que influenciam na aparência dos frutos (% de perda de peso, % de umidade, % de cálcio total e ligado) mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais⁽¹⁾.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	VARIÁVEIS			
		Perda de peso (%)	Umidade (%)	Cálcio total (%)	Cálcio ligado (%)
Tratamentos	21	134,12***	1,48***	0,003***	0,002***
Testemunhas X Fatorial	1	137,70***	0,006 n.s.	0,002 n.s.	0,00 n.s.
Entre testemunhas	1	46,94***	1,14 n.s.	0,004*	0,003**
Cálcio (C)	1	77,36***	5,61**	0,009**	0,001 n.s.
Embalagem (E)	1	2393,78***	13,39***	0,00 n.s.	0,00 n.s.
C x E	1	28,45***	1,49 n.s.	0,014**	0,003**
Tempo (T)	4	5,87**	0,36 n.s.	0,001 n.s.	0,001 n.s.
Cx T	4	5,77**	0,30 n.s.	0,002 n.s.	0,002**
E x T	4	18,40***	0,82 n.s.	0,002 n.s.	0,002**
Cx E x T	4	3,01 n.s.	0,85 n.s.	0,002 n.s.	0,001 n.s.
Erro	66	1,507	0,59	0,001	0,00043
C.V. (%)	—	11,29	0,88	11,32	11,36
Média geral	—	10,878	87,468	0,266	0,183

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

4.3.2 Porcentagens de perda de peso dos frutos

Todos os tratamentos e suas interações, exceto a de terceira ordem, cálcio x embalagem x tempo, determinaram alterações significativas sobre as porcentagens de perda de peso dos frutos (Tabela 9, coluna 3). Nas tabelas 10 e 11 estão os resultados dos testes de Tukey para os referidos tratamentos.

Comparando os tratamentos com água e cálcio, nota-se que nos tratamentos com cálcio a porcentagem de perda de peso foi, em média, 16,21% maior (Tabela 10). Nos tempos de 30 e 50 minutos não houve diferença significativa indicando que, nestes casos, o cálcio não provocou maiores perdas de peso. As maiores perdas foram verificadas nas combinações de tratamentos sem embalagem, com valores médios 65,98% superiores aos tratamentos com embalagem (Tabela 11). Analisando o comportamento da perda de peso em função do tempo de imersão, nota-se que nos frutos sem embalagem houve uma tendência de aumentar a porcentagem de perda de peso, podendo-se estimar que para cada 1 minuto de imersão, espera-se um acréscimo de 0,0785% ($\hat{Y}_{CE}=14,225+ 0,0785X$; $r^2= 0,81$) na perda de peso. Já para os frutos com embalagem, não houve tendência de aumento ou redução. O efeito dos tratamentos está ilustrado na representação gráfica da Figura 5.

TABELA 10 Porcentagem de perda de peso dos frutos em função da aplicação de cálcio e do tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Tempo (min.)					Média
	10	20	30	40	50	
Água	9,17 b	9,34 b	10,54 a	9,73 b	11,85 a	10,13 b
Cálcio	12,15 a	12,00 a	11,31 a	2,59 a	12,40 a	12,09 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

TABELA 11 Porcentagem de perda de peso dos frutos em função da embalagem e do tempo de imersão ⁽¹⁾.

Embalagem	Tempo (min.)					Média
	10	20	30	40	50	
Sem	14,88 a	15,87 a	16,24 a	18,34 a	17,57 a	16,58 a
Com	6,44 b	5,47 b	5,62 b	3,98 b	6,69 b	5,64 b

⁽¹⁾Médias seguidas pelas mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

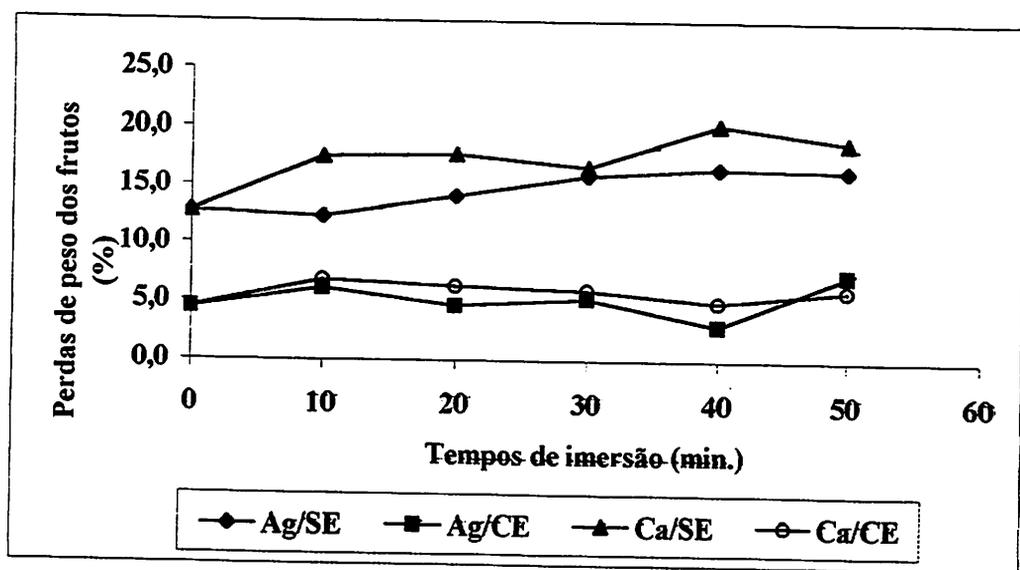


FIGURA 5 Representação gráfica da porcentagem de perda de peso dos frutos nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

Em ambos os tratamentos (cálcio e água), as perdas de peso foram menores nos frutos embalados (Figura 5). Desta forma, a embalagem contribuiu não só para a redução do escurecimento interno, mas também para diminuir a perda de peso dos frutos

4.3.3 Umidade

Para o teor de umidade da polpa apenas o cálcio e a embalagem determinaram variações significativas, conforme indicado na análise da variância (Tabela 9, coluna 4). Os limites de variação foram de 86,40% (Ca/SE/30) a 88,88% (AG/CE/40). O teor médio de umidade dos frutos nos tratamentos sem embalagem (sem imersão, imersão em água e imersão em cálcio) foi de 87,06%, e o dos tratamentos com embalagem (sem imersão, imersão em água e imersão em cálcio) foi de 87,86%. Os menores teores ocorreram nos tratamentos Ca/SE (Figura 6), ou seja, no tratamento que apresentou a maior porcentagem de perda de peso (Figura 5).

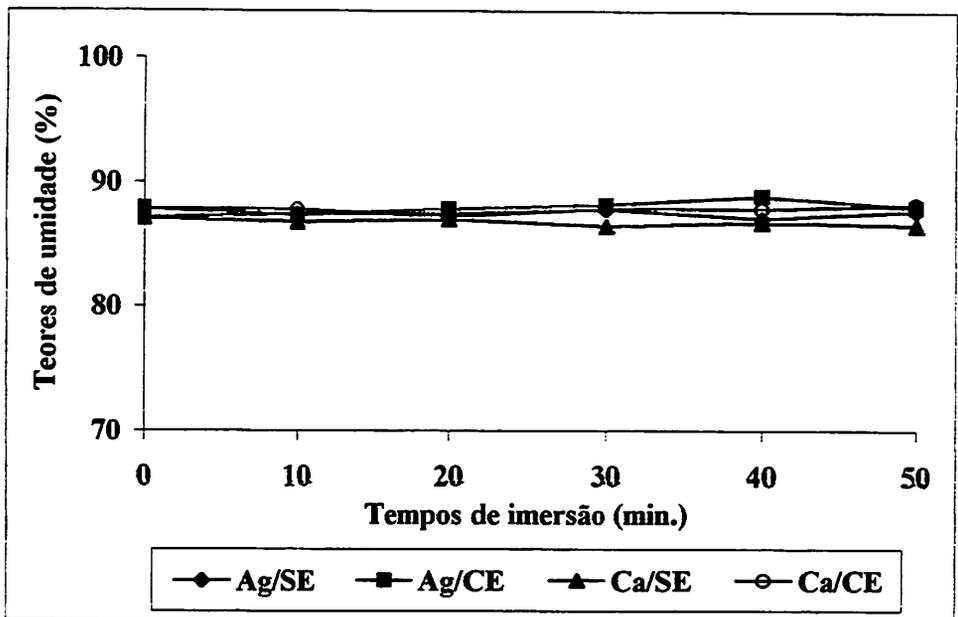


FIGURA 6 Representação gráfica das porcentagens de umidade da polpa dos frutos nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio em função do tempo de imersão.

4.3.4 Cálcio total e cálcio ligado à parede celular

A análise de variância relativa ao cálcio total é apresentada na Tabela 9 (coluna 5). A Figura 7 mostra os efeitos dos tratamentos sobre os teores de cálcio total dos frutos em função do tempo de imersão. Em média, o teor de cálcio dos frutos tratados com água foi de 0,26%, e o dos frutos tratados com cálcio, 0,28% (Tabela 12). A média dos frutos não submetidos a tratamento térmico (Tempo 0) foi de 0,25%. O teor de cálcio total dos frutos tratados com água foi 3,85% superior ao dos frutos sem imersão, indicando que houve uma pequena absorção do cálcio presente na água utilizada nos tratamentos.

Gonçalves (1998) submeteu abacaxis a aplicações de cloreto de cálcio a 2%, associadas ao tratamento hidrotérmico sem aquecimento e com aquecimento a 38 e 40° C, em tempos de imersão de 10 e 20 minutos. Os teores de cálcio total dos frutos tratados com cálcio foram 36,84% superiores aos dos frutos não tratados. No presente trabalho, os teores médios de cálcio, expressos em porcentagem de matéria seca, variaram de 0,22% (AG/SE/10) a 0,33% (Ca/SE/30). Os frutos tratados com cálcio apresentaram teores 10,71% superiores aos dos frutos não tratados. A baixa absorção ocorrida indica que provavelmente ocorreu saturação nos níveis de cálcio dos frutos, impedindo uma maior absorção do cálcio exógeno. A diferença entre os teores de cálcio total obtidos no presente estudo e os encontrados por Gonçalves (1998) deve-se, provavelmente, à variação na composição química dos solos dos locais em que os frutos foram cultivados, Canápolis e Prata, respectivamente, e/ ou a diferenças na adubação mineral a que as duas culturas foram submetidas.

Os teores de minerais fornecidos aos vegetais, na pré e pós-colheita, influenciam na sua qualidade. Muitos distúrbios são prevenidos ou minimizados pelo suprimento adequado de minerais. O equilíbrio entre os diferentes elementos é fundamental para o funcionamento dos sistemas metabólicos, com manutenção da integridade dos tecidos (Chitarra e Chitarra, 1990).

TABELA 12 Porcentagem de cálcio total em função da aplicação de cálcio e do uso da embalagem em cada tempo de imersão⁽¹⁾.

Embalagem	Cálcio	
	Água	Cálcio
Sem	0,25 b	0,29 a
Com	0,27 ab	0,265 b
Média	0,26 b	0,28 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

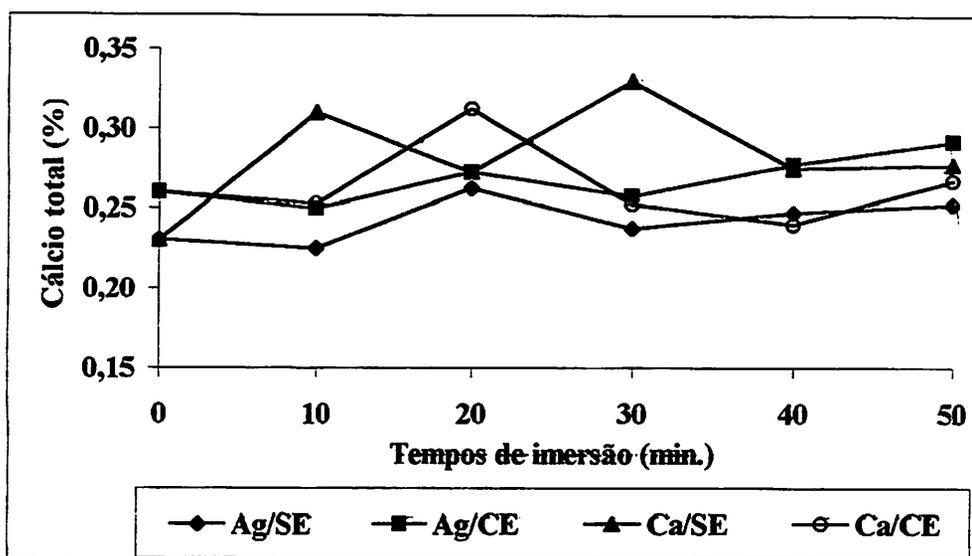


FIGURA 7: Representação gráfica dos teores de cálcio total dos frutos (% de matéria seca) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

Segundo Burns e Pressey (1987), a maior parte do cálcio presente nos tecidos dos frutos acumula-se na região da lamela média da parede celular, local em que atua retardando a senescência. A porcentagem média de cálcio ligado à

parede celular foi de 0,19% nos frutos tratados com cálcio, 0,18% nos frutos tratados com água e 0,19% nos frutos sem imersão (Tempo 0). A maior amplitude ocorreu entre os tratamentos Ca/SE/20 (0,23%) e AG/SE/40 (0,16%).

Na Tabela 9 (coluna 6) encontra-se o resultado da análise de variância desta variável. Ocorreram efeitos significativos para testemunhas e interações cálcio x embalagem, cálcio x tempo e embalagem x tempo. Os resultados da interação cálcio x tempo (Tabela 13) mostram que ocorreram diferenças significativas entre água e cálcio nos tempos de imersão de 10 e 20 minutos, para os quais os maiores teores ocorreram com o uso do cálcio.

Na Tabela 14, constata-se que o uso da embalagem não influenciou nos teores de cálcio ligado à parede celular. Em ambos os tratamentos (com e sem embalagem), a média geral de cálcio ligado à parede celular foi de 0,18%, ocorrendo diferenças significativas no tempo de 20 minutos.

As variações ocorridas conforme os tratamentos e tempos de imersão são mostradas na Figura 8. As diferenças foram pequenas, indicando que os tratamentos hidrotérmicos pouco interferiram nos teores de cálcio ligado à parede celular. Gonçalves (1998), citado anteriormente, obteve teores de cálcio ligado à parede celular significativamente superiores nos frutos tratados com cloreto de cálcio a 2%, comparados aos frutos não tratados. Não foram constatadas diferenças significativas relacionadas às diferentes temperaturas e tempos de imersão utilizados em seu trabalho.

Estudos complementares deverão ser realizados utilizando concentrações mais elevadas de cálcio, assim como outras formas de aplicação pós-colheita deste elemento, a fim de pesquisarem melhores formas de absorção, considerando, também, sua concentração inicial nos frutos.

TABELA 13 Cálcio ligado à parede celular (%) em função da aplicação de cálcio e do tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Tempo (min.)					Média
	10	20	30	40	50	
Água	0,18 b	0,17 b	0,20 a	0,16 a	0,19 a	0,18 a
Cálcio	0,21 a	0,20 a	0,18 a	0,17 a	0,17 a	0,19 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

TABELA 14 Cálcio ligado à parede celular (%) em função da embalagem e do tempo de imersão ⁽¹⁾.

Embalagem	Tempo (min.)					Média
	10	20	30	40	50	
Sem	0,19 a	0,20 a	0,18 a	0,17 a	0,17 a	0,18 a
Com	0,19 a	0,17 b	0,20 a	0,17 a	0,19 a	0,18 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

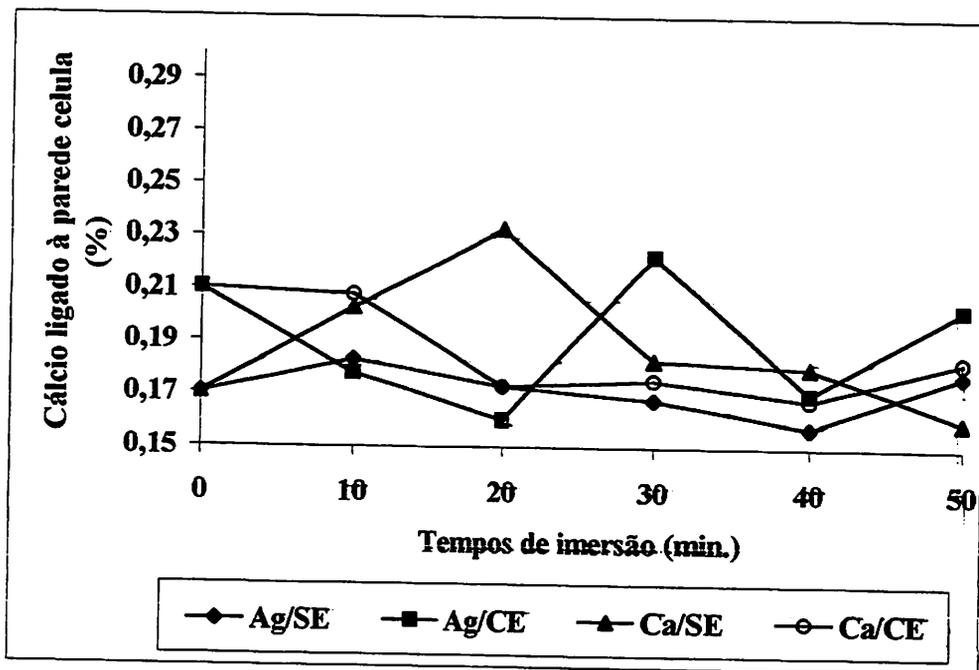


FIGURA 8 Representação gráfica dos teores de cálcio ligado à parede celular (% de matéria seca) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

4.4 Efeitos dos tratamentos sobre fatores relacionados às reações de escurecimento enzimático

Dentre os fatores envolvidos com as reações de escurecimento enzimático, foram avaliados, neste trabalho, as atividades das enzimas fenilalanina amônio liase, peroxidases e polifenoloxidasas, assim como os teores de fenólicos totais e vitamina C total. Os resultados das análises de variância destas variáveis encontram-se na Tabela 15.

4.4.1 Atividade da fenilalanina amônio liase (FAL)

A análise de variância apresentada na Tabela 15 (coluna 3) mostra que todos os tratamentos, exceto o cálcio, determinaram diferenças significativas nas atividades da fenilalanina amônio liase (FAL) dos frutos.

Na Tabela 16 (interação cálcio x embalagem x tempo), comparando o efeito da embalagem em cada combinação de cálcio com tempo, nota-se que os frutos embalados foram os que apresentaram a menor atividade média da FAL. Analisando o efeito do cálcio em cada combinação de embalagem com tempo, verificou-se que nos frutos embalados, somente nos tempos de 20 e 50 minutos não houve diferença significativa. No tempo de 10 minutos, o uso do cálcio propiciou maior atividade do que a água, enquanto nos tempos de 30 e 40 minutos, a atividade foi reduzida pela aplicação de cálcio. O comportamento da FAL em função do tempo de imersão é mostrado na Figura 9.

A atividade enzimática dos frutos sem embalagem variou de 453,0 U/g (Ag/SE/50) a 1001,0 U/g (SI/SE). Nos frutos com embalagem, a variação foi de 277,1 U/g (Ag/CE/10) a 437,47U/g (Ag/CE/40). Com relação às testemunhas, verifica-se que a atividade média desta enzima, nos frutos do tratamento sem embalagem (Tempo 0), foi superior ao tratamento com embalagem. Este tratamento representa o ambiente natural, não modificado, demonstrando que somente o uso da embalagem já reduziu de modo significativo a atividade da FAL.

TABELA 15 Resumo da análise de variância para os fatores relacionados às reações de escurecimento enzimático, mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais ⁽¹⁾.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	VARIÁVEIS			
		FAL (U/g)	Poliênóis (mg/100g)	PER (U/g)	PRO (U/g)
Tratamentos	21	108354,26***	105,26***	566,79***	568,22***
Testemunhas X Fatorial	1	343869,14***	108,03***	48,32***	621,11**
Entre testemunhas	1	930793,71***	9,81*	1616,81***	30,31**
Cálcio (C)	1	2000,80 n.s.	232,60***	1520,07***	38,41**
Embalagem (E)	1	739262,74***	394,14***	2248,68***	8341,77***
C x E	1	3385,98*	152,77***	19,72**	47,11**
Tempo (T)	4	11461,08***	286,22***	1518,43***	609,55***
CxT	4	10949,81***	26,42***	36,15***	17,44**
ExT	4	20607,24***	4,90*	43,10***	31,05**
CxExT	4	21013,65***	10,76**	14,57**	55,46**
Erro	66	551,789	1,755	2,441	3,049
C.V. (%)	—	5,08	3,17	2,41	4,26
Média geral	—	462,223	41,848	64,876	41,032
					19,241

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

TABELA 16 Atividade da FAL (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	627 a	576 a	531 a	499 a	453 a	537 a
	Com	277,1 b	336 b	381 b	437,5 b	358 b	358 b
Cálcio	Sem	488,6 a	539 a	692 a	468,7 a	512 a	540 a
	Com	331,7 b	321 b	346 b	332 b	343 b	335 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna e em cada nível de cálcio, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

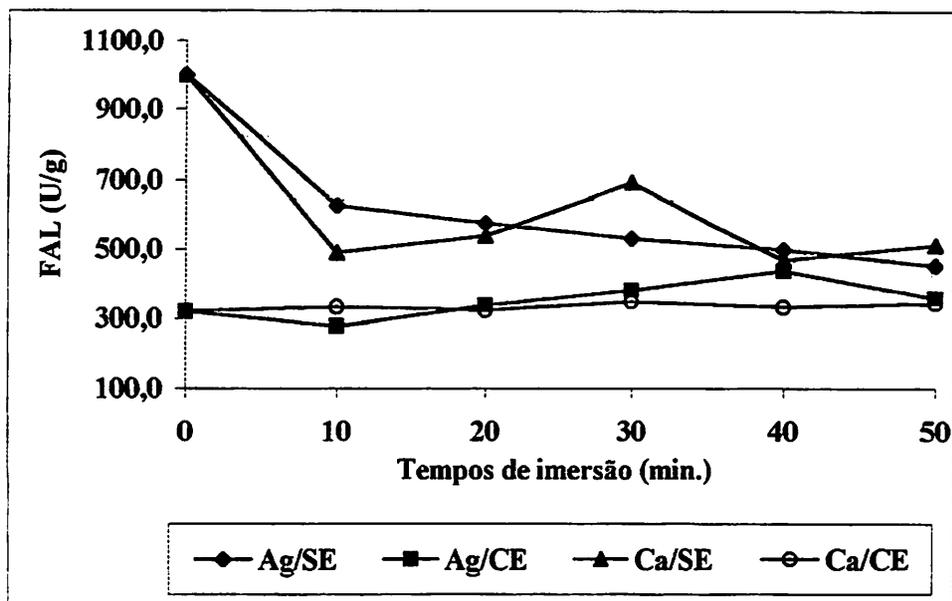


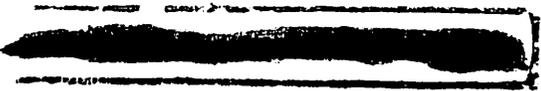
FIGURA 9 Representação gráfica da atividade da fenilalanina amônio liase (U/g) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

A atividade da FAL aumenta em várias espécies vegetais que sofreram injúrias pelo frio (Graham e Patterson, 1982; Paull e Rohrbach, 1985). Em estudos de Vukomanovic (1988) e Abreu (1995), abacaxis com maior índice de escurecimento apresentaram, além de maiores teores de polifenóis, maior atividade da FAL. A atividade da FAL é também aumentada pela ação do etileno. Nos armazenamentos sob atmosfera modificada, a menor disponibilidade de oxigênio e maior concentração de dióxido de carbono são fatores que reduzem a taxa de produção de etileno e, conseqüentemente, a atividade desta enzima (Chitarra e Chitarra, 1990). No presente estudo, também se observou redução na atividade da FAL nos frutos embalados, coincidindo com o menor escurecimento apresentado pelos mesmos.

De acordo com Graham e Patterson (1982), Rhodes e Woollorton (1977), Paull e Rohrbach (1985), a atividade da FAL aumenta em tecidos vegetais submetidos a temperaturas inferiores a 12°C. No presente trabalho, os frutos analisados no dia da colheita apresentaram uma atividade média de 307,20U (Tabela 1), atingindo valores bem mais elevados após a refrigeração e armazenamento à temperatura ambiente. Não foi observado um comportamento homogêneo relacionado aos diferentes tempos de imersão, de forma que dentro de um mesmo tratamento ocorreram diferenças significativas apenas entre alguns grupos. A variação foi maior nos frutos sem embalagem.

A FAL tem papel chave na biossíntese de fenilpropanoides. Sua atividade é afetada por numerosos fatores como luz, temperatura, reguladores de crescimento, inibidores da síntese de RNA, proteína, infecção, ferimentos e nutrição mineral (Jones, 1984). Tem sido relatado que em muitos tecidos vegetais, os níveis de FAL e de polifenóis aumentam concomitantemente. Contudo, no presente estudo obtiveram-se coeficientes de correlação FAL x Polifenóis não significativos.

Em trabalho de Abreu (1995), cujo objetivo foi estudar o efeito das



embalagens de polietileno com e sem perfuração no grau de escurecimento interno e composição química do abacaxi cv. *Smooth Cayenne*, verificou-se que os abacaxis embalados em polietileno sem perfuração apresentaram menor atividade da FAL, menor índice de escurecimento interno e menores teores de polifenóis, comparados aos frutos embalados com perfuração e sem embalagem.

Gonçalves (1998), estudando a aplicação de cloreto de cálcio associado ao tratamento hidrotérmico sobre a composição química e suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi cv. *Smooth Cayenne*, detectou uma maior atividade da FAL nos frutos que apresentaram maiores índices de escurecimento interno, não havendo associação direta aos polifenóis. Neste mesmo trabalho, os frutos tratados com cloreto de cálcio apresentaram uma menor atividade da FAL, comparados aos frutos não tratados.

4.4.2 Polifenóis

A análise de variância dos polifenóis é mostrada na Tabela 15 (coluna 4) e muito se assemelha aos resultados da FAL, com interações significativas para todas as causas de variação, inclusive para o cálcio. Assim, as considerações relativas à atividade da FAL são aplicáveis também aos polifenóis. Os frutos dos tratamentos sem embalagem foram os que apresentaram os menores teores de polifenóis (Tabela 17). Somente nos tempos de 40 e 50 minutos e na presença do cálcio é que não ocorreram diferenças significativas quanto ao uso da embalagem. Em todas as combinações de cálcio e tempo, o uso da embalagem propiciou teores de polifenóis superiores aos encontrados sem o uso da embalagem.

Ainda na Tabela 17, nota-se que nos frutos sem embalagem ocorreram diferenças significativas quanto ao uso do cálcio nos tempos de 10, 40 e 50 minutos: no tempo de 10 minutos, o menor teor foi obtido com o uso do cálcio; nos tempos de 40 e 50 minutos, os menores teores foram obtidos com o uso da

água. Para os frutos embalados, os menores teores de polifenóis ocorreram com o uso do cálcio, em todos os tempos. Assim, constata-se uma dependência entre os fatores cálcio, embalagem e tempo, e pode-se ressaltar que, em geral, frutos sem embalagem e com cálcio apresentaram menores teores de polifenóis.

Os polifenóis variaram de 33,08 mg de ácido tânico/100g (AG/SE/50) a 52,92 (AG/CE/10), ocorrendo diminuição relacionada aos teores encontrados no dia da colheita (58,80 mg de ácido tânico/100g). Como a FAL estava ativa no momento da colheita, há indicação de que ocorreu síntese de polifenóis, porém a degradação foi mais intensa, pois não foram observados aumentos de polifenóis em relação aos frutos analisados no dia da colheita. Nos frutos embalados, esta degradação ocorreu com menor intensidade. No presente estudo observou-se menor atividade da FAL nos frutos com menores índices de escurecimento interno (embalados). Porém, com relação aos polifenóis ocorreu o inverso, ou seja, teores mais elevados nos frutos embalados, indicando que a embalagem preservou os polifenóis da oxidação, impedindo sua transformação em quinonas.

TABELA 17 Polifenóis (mg de ácido tânico/100g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	50,0 b	42,6 b	39,3 b	35,3 b	33,1 b	40,1 b
	Com	52,9 a	50,0 a	47,0 a	44,1 a	42,3 a	47,3 a
Cálcio	Sem	43,1 b	41,5 b	38,2 b	37,5 a	37,1 a	39,4 b
	Com	45,20a	44,1 a	40,4 a	39,0 a	36,8 a	41,1 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Na Figura 10 são mostradas as curvas representativas dos teores de polifenóis em função dos tempos de imersão, nos frutos tratados com água e cálcio (com e sem embalagem), estimados por equações de regressão lineares, todas com elevados coeficientes de determinação. De um modo geral, independente do tratamento, os polifenóis foram mais elevados a 10 minutos e menos elevados a 50 minutos. Assim, vale ressaltar que o aumento no tempo de imersão contribuiu efetivamente na redução dos polifenóis.

$$\hat{Y}_{AG/SE} = 52,403 - 0,412 X \quad r^2=0,956 \quad \hat{Y}_{AG/CE} = 55,42 - 0,272 X \quad r^2 = 0,994$$

$$\hat{Y}_{Ca/SE} = 44,083 - 0,1557X \quad r^2=0,904 \quad \hat{Y}_{Ca/CE} = 47,698 - 0,2204X \quad r^2=0,976$$

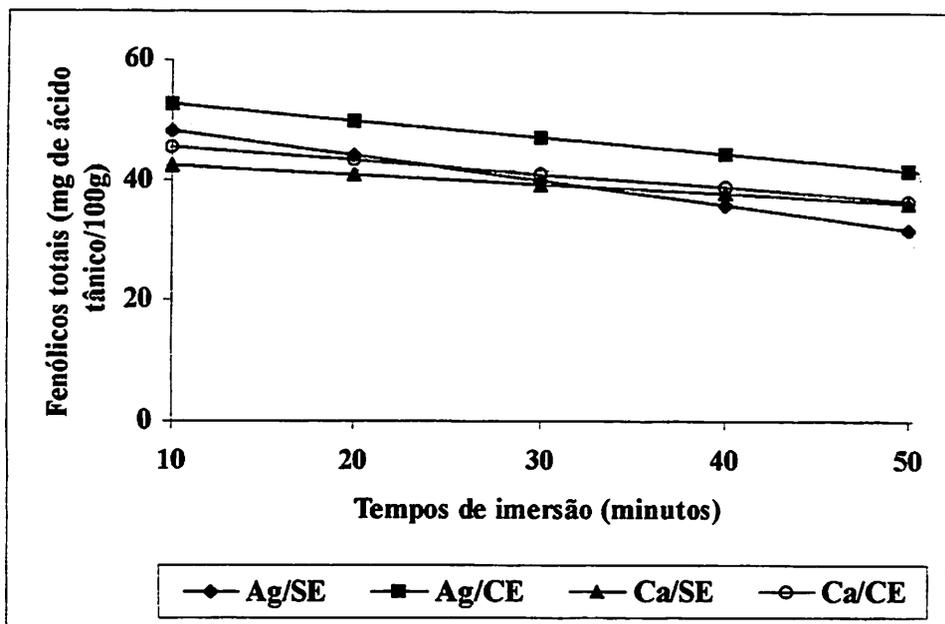


FIGURA 10 Equações de regressão e curvas representativas dos teores de polifenóis (mg de ácido tânico/100g), estimados pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca) sem (SE) e com (CE) embalagem, em função dos tempos de imersão.

4.4.3 Atividades das peroxidases (PER)

A análise de variância apresenta resultados semelhantes aos da FAL e polifenóis: todas as causas de variação determinaram variações significativas nas atividades das peroxidases (Tabela 15, coluna 5). Na Tabela 18 constata-se que a atividade da PER aumentou significativamente com o aumento do tempo de imersão. Os tratamentos com cálcio apresentaram atividade média 12,64% maiores, comparados aos tratamentos com água. Os frutos embalados apresentaram valores 15,16% inferiores aos respectivos tratamentos sem embalagem.

A atividade peroxidásica sofreu influência do tempo de imersão. Na Figura 11, observam-se as curvas e equações de regressões e os coeficientes de determinação múltipla da atividade da peroxidase nos diferentes tratamentos. As atividades das peroxidases foram mais elevadas nos frutos não submetidos a tratamento térmico (Tempo 0), diminuindo no tempo de imersão de 10 minutos, e em seguida aumentando constantemente e atingindo um valor máximo no tempo de 50 minutos. Estes resultados indicam que a temperatura interna dos frutos encontrou-se na faixa que induz aumento de atividade.

As atividades desta enzima também foram mais elevadas nos frutos tratados com cálcio, comparados aos respectivos tratamentos com água (Tabela 18). O aumento na atividade da peroxidase induzido pelo cálcio tem sido atribuído, principalmente, ao aumento na atividade das isoperoxidasas catiônicas iniciadas pela liberação de potássio (Gaspar et al., 1991). A liberação da atividade da peroxidase por este mecanismo pode ocorrer em poucos minutos após a ocorrência de dano físico ou estresse. Os íons cálcio influenciam tanto a atividade da peroxidase como a liberação das isoenzimas.

Através de análise de correlação, confirma-se a relação existente entre os polifenóis e as peroxidases, com coeficientes de correlação (r) altamente significativos. Esta relação foi mais intensa nos tratamentos com cálcio.

TABELA 18 Atividades das peroxidases (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	52,4 a	56,6 a	66,3 a	73,0 a	77,1 a	65,1 a
	Com	46,0 b	53,1 b	56,8 b	59,2 b	62,3 b	55,5 b
Cálcio	Sem	61,6 a	65,4 a	74,2 a	83,8 a	89,0 a	74,8 a
	Com	48,5 b	56,4 b	64,8 b	72,0 b	74,3 b	63,2 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

$$\hat{Y}_{Ag/SE} = 45,36 + 0,6576X \quad r^2 = 0,9812 \quad \hat{Y}_{Ag/CE} = 43,832 + 0,3882X \quad r^2 = 0,9495$$

$$\hat{Y}_{Ca/SE} = 52,796 + 0,7334X \quad r^2 = 0,9821 \quad \hat{Y}_{Ca/CE} = 43,057 + 0,6715X \quad r^2 = 0,9691$$

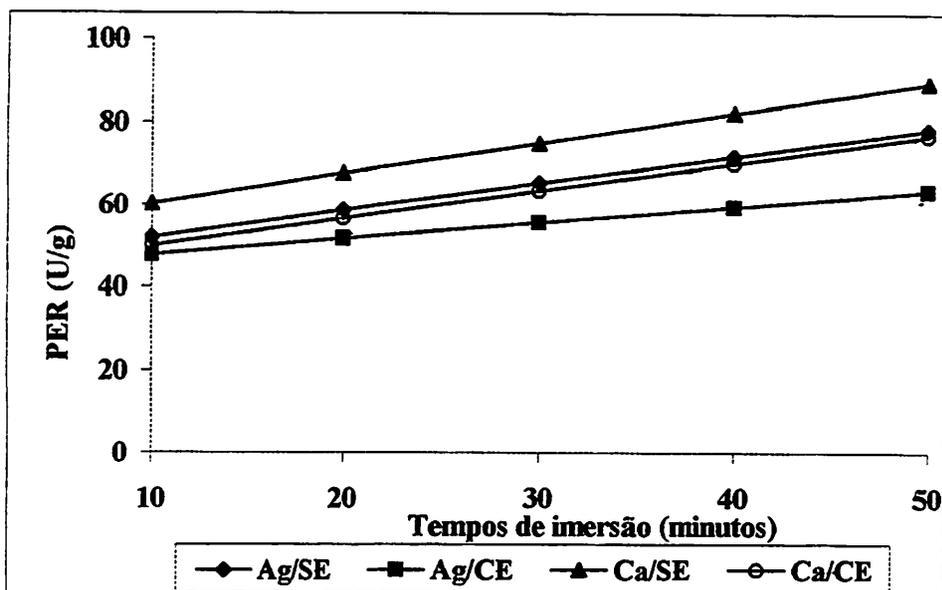


FIGURA 11 Equações de regressão e curvas representativas das atividades das peroxidases (U), estimadas pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca) sem (SE) e com (CE) embalagem, em função dos tempos de imersão.

4.4.4 Atividades das polifenoloxidasas (PFO)

A análise de variância (Tabela 15, coluna 6) revela que as atividades das polifenoloxidasas (PFO) foram significativamente influenciadas pelos tratamentos utilizados no presente estudo.

De um modo geral, os tratamentos hidrotérmicos, assim como o armazenamento refrigerado, provocaram aumentos nas atividades das polifenoloxidasas, uma vez que a atividade média nos frutos analisados no dia da colheita foi de 25,81U. Nos frutos embalados, a atividade média das polifenoloxidasas foi 39,72% inferior à dos frutos sem embalagem. Foram observadas poucas diferenças significativas, dentro do mesmo tempo de imersão, entre os tratamentos com água e cálcio (sem embalagem). Esta mesma tendência foi observada entre os tratamentos com embalagem (Tabela 19).

As atividades das polifenoloxidasas (PFO) variaram de 39,11 U/g (Ca/SE/10) a 64,88 U/g (Ca/SE/50) nos frutos sem embalagem, e de 23,09 U/g (AG/CE/10) a 40,05 U/g (AG/CE/50) nos frutos embalados, verificando-se que a embalagem contribuiu de forma efetiva na redução da PFO, independente do tempo de imersão. Analisando a Tabela 19, observa-se que o uso de embalagem reduziu de modo significativo as atividades das polifenoloxidasas, em todas as combinações de cálcio e tempo.

As polifenoloxidasas são enzimas que catalisam a oxidação de polifenóis, resultando na polimerização de pigmentos escuros. Sendo enzimas oxi-redutoras, sua ação depende da disponibilidade de oxigênio. Devido, portanto, à menor disponibilidade de oxigênio no interior das embalagens, era esperada uma menor atividade enzimática nos frutos embalados, visto que o aumento de suas atividades depende deste elemento.

TABELA 19 Atividades das polifenoloxidasas (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	44,5a	48,9a	51,6 a	55,0 a	56,8 a	51,4 a
	Com	23,1 b	31,5 b	33,4 b	34,3 b	40,1 b	32,5 b
Cálcio	Sem	39,1 a	45,2 a	51,1a	57,3 a	64,9 a	51,5 a
	Com	24,8 b	26,6 b	30,4 b	31,5 b	34,5 b	29,5 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (%).

Da mesma forma como foi observado para as atividades das peroxidases, verificou-se uma diminuição nas atividades das polifenoloxidasas nos frutos submetidos aos tratamentos hidrotérmicos com tempos de imersão de 10 minutos (temperatura interna média de 20,70°C) comparada à atividade nos frutos sem imersão, e aumento gradativo nas atividades à medida que aumentavam os tempos de imersão. Este aumento foi menor nos frutos embalados (Figura 12), fato que pode ser constatado pelas estimativas dos coeficientes das equações de regressão, com intercessões de 42,16 (AG/SE) e 21,44 (AG/CE) e coeficientes angulares de 0,3065 e 0,3672, para AG/SE e AG/CE, respectivamente, indicando inclinações similares. Constata-se, assim, que a embalagem realmente influenciou na redução do escurecimento interno dos frutos. No tratamento AG/SE, 98,1% da variação na atividade das polifenoloxidasas devida ao tempo de imersão são explicadas pela regressão linear, enquanto no tratamento AG/CE, a variação é de 89,6%. Para os tratamentos Ca/SE e Ca/CE, os valores são de 99,7% e 97,9% , respectivamente (Figura 12).

$$\hat{Y}_{Ag/SE} = 42,161 + 0,3065X \quad r^2 = 0,981 \quad \hat{Y}_{Ag/CE} = 21,442 + 0,3672X \quad r^2 = 0,896$$

$$\hat{Y}_{Ca/SE} = 32,406 + 0,6366X \quad r^2 = 0,997 \quad \hat{Y}_{Ca/CE} = 22,215 + 0,2443X \quad r^2 = 0,9798$$

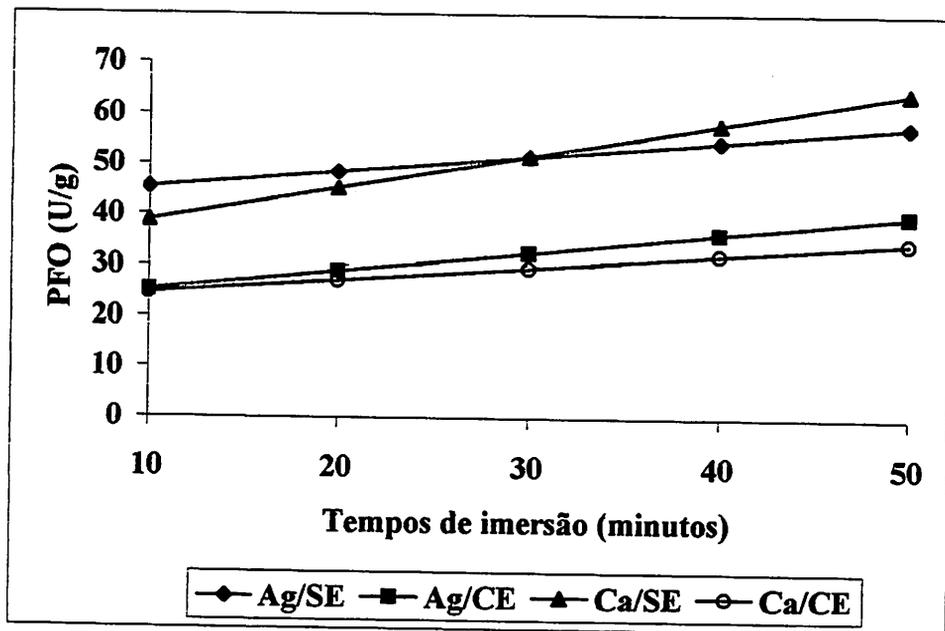


FIGURA 12 Equações de regressão e curvas representativas das atividades das polifenoloxidases (U/g), estimadas pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca) sem (SE) e com (CE) embalagem, em função dos tempos de imersão.

A temperatura das soluções utilizadas nos tratamentos hidrotérmicos (água e cloreto de cálcio) foi de 40°C, porém a temperatura no interior dos frutos atingiu um valor máximo de 30,9°C (tratamento com cloreto de cálcio/50 minutos). Pelos valores das atividades enzimáticas obtidos, observa-se que as temperaturas mais elevadas no interior dos frutos não foram suficientes para inibir a atividade enzimática, pelo contrário, estas temperaturas causaram aumentos nas atividades, devido, provavelmente, à aproximação da temperatura

ótima de atividade enzimática. Wills et al. (1989) observaram que a atividade de enzimas em frutos e hortaliças declina a temperaturas acima de 30°C, porém a maioria é inativada a 40°C.

Em pesquisas realizadas por Vukomanovic (1988) e Abreu (1991), ocorreram aumentos significativos nas atividades das polifenoloxidasas de frutos afetados pelo escurecimento interno, comparados aos frutos sadios. No presente estudo, a menor atividade das polifenoloxidasas provavelmente contribuiu para que os frutos embalados apresentassem índices de escurecimento interno significativamente inferiores aos dos frutos não embalados. Para enfatizar esta observação, deve-se ressaltar que a atividade enzimática média dos frutos do grupo que apresentou os menores índices de escurecimento interno (Cálcio/ com embalagem) foi inferior à dos demais tratamentos (Tabela 19). Gonçalves (1998) também observou uma menor atividade da polifenoloxidase em frutos submetidos a tratamento hidrotérmico associado ao cálcio.

Também foi observada correlação significativa entre os teores de polifenóis e as atividades das polifenoloxidasas. Observa-se que os teores de polifenóis são inversamente proporcionais às atividades das enzimas polifenoloxidasas, assim como o observado para as atividades das peroxidases, pois os mesmos são consumidos pelo processo de oxidação e transformados em quinonas. Como estas enzimas, que catalisam a oxidação dos polifenóis, estavam menos ativas nos frutos embalados, era esperado que estes frutos também apresentassem uma maior concentração de polifenóis, já que os mesmos foram menos utilizados como substratos para a atividade enzimática. As correlações existentes entre os teores de polifenóis e as atividades das peroxidases e polifenoloxidasas podem explicar o fato de que, apesar dos frutos embalados apresentarem conteúdo de polifenóis mais elevados, comparados aos frutos sem embalagem, o índice de escurecimento destes frutos foi menor, uma vez que estas enzimas apresentaram menor atividade nos frutos com embalagem.

4.4.5 Vitamina C total

Foi encontrado um teor de vitamina C de até 24,08 mg de ácido ascórbico/100g (Ca/CE/50), valor superior aos citados na literatura (média de 17 mg/100g). Comparando estes teores com os observados nos frutos analisados no dia da colheita (média de 19,19mg/100g), verifica-se que ocorreram aumentos de vitamina C durante o período de armazenamento.

Na Tabela 15 (coluna 7), pode-se observar a análise de variância dos teores de vitamina C total. Verificam-se efeitos não significativos para interações testemunhas x tratamentos fatoriais, embalagem x tempo e a interação tripla embalagem x tempo x cálcio, e efeito significativo para todas as demais causas de variação. Os resultados dos testes de Tukey estão nas Tabelas 20 e 21. Com relação à interação cálcio x tempo (Tabela 21), nos frutos tratados com cálcio verificou-se uma redução de 19,89% nos teores de vitamina C em relação aos frutos tratados apenas com água. Observa-se, ainda, que em todos os tempos de imersão, os frutos tratados com cálcio apresentaram teores de vitamina C significativamente inferiores àqueles tratados somente com água.

TABELA 20 Vitamina C total (mg/100g) em função do uso de cálcio e embalagem⁽¹⁾.

Embalagem	Cálcio		Média
	Sem	Com	
Sem	20,72 a	17,62 a	19,17 a
Com	21,01 a	15,80 b	18,41 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

TABELA 21 Vitamina C total (mg/100g) em função da aplicação de cálcio e do tempo de imersão ⁽¹⁾.

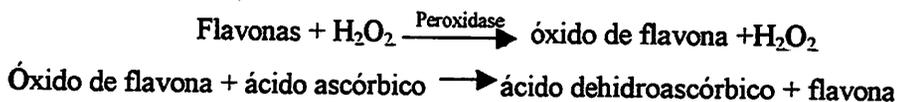
Cálcio	Tempo (min.)					Média
	10	20	30	40	50	
Água	23,49 a	21,98 a	20,60 a	19,69 a	18,56 a	20,86 a
Cálcio	19,78 b	18,22 b	16,56 b	15,02 b	13,98 b	16,71 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Ocorreram diferenças significativas nos teores de vitamina C causadas pelos tempos de imersão, com uma redução nas médias à medida que o tempo aumentava. Para cada 1 minuto acrescentado no tempo de imersão, espera-se uma diminuição média de 0,1348 mg/100g nos teores de vitamina C (Figura 13). Como esta vitamina é muito sensível ao calor, é normal que isto tenha ocorrido, uma vez que, quanto maior a duração do tratamento térmico, maior a temperatura interna do fruto (temperatura da polpa). Portanto, quanto maior o tempo de imersão, maior a possibilidade de perda. Deste modo, a ação conjunta da embalagem intensificando a oxidação anaeróbica do ácido ascórbico, do cálcio ativando as peroxidases e do aumento do tempo de imersão aumentando a degradação térmica, reduziu os níveis desta vitamina.

Nos frutos tratados com cálcio, a atividade da peroxidase foi mais elevada, comparada com a atividade nos respectivos tratamentos com água. As peroxidases são enzimas responsáveis pela oxidação de flavonóides (polifenóis), que, por sua vez, acarretam a auto-oxidação do ácido ascórbico, mesmo em condições anaeróbicas. Em condições anaeróbicas, a velocidade de oxidação do ácido ascórbico alcança um máximo em pH 4 (Fennema, 1993), valor correspondente à média de pH observada em todos os tratamentos do presente estudo. Já os frutos embalados apresentaram teores de polifenóis mais elevados (maior quantidade de substrato), o que pode ter acarretado uma maior oxidação

da vitamina C (degradação anaeróbica do ácido ascórbico). No esquema abaixo, observam-se as reações químicas que provavelmente ocorreram:



Portanto, desde que o substrato contenha substâncias flavonóides, a auto-oxidação do ácido ascórbico prossegue, embora vagarosamente, até que se esgote todo o suplemento de óxidos de flavona. O próximo passo consiste na decomposição irreversível do ácido dehidroascórbico, com perda total da atividade vitamínica (Nogueira, 1974).

$$\hat{Y} = 22,834 - 0,1348X \quad r^2 = 0,994$$

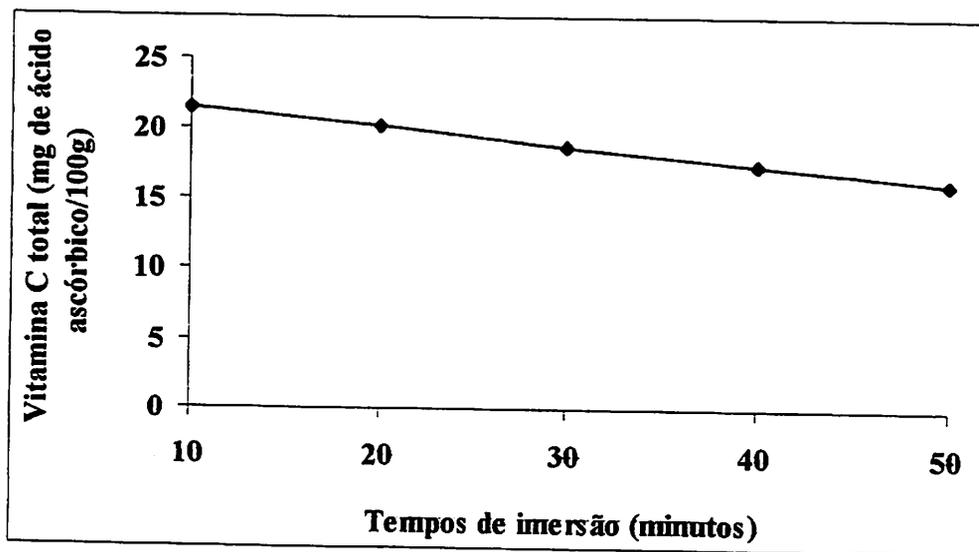


FIGURA 13 Equação de regressão e curva representativa dos teores de vitamina C total (mg de ácido ascórbico/100g), estimados pela equação de regressão linear, em função dos tempos de imersão.

Muitos fatores influenciam no teor de vitamina C das frutas e vegetais, tais como maturidade, tempo de armazenamento, parte do vegetal, exposição à luz solar, fatores sazonais e geográficos (Anderson et al., 1988). Neste trabalho, constatou-se que tratamentos pós-colheita tais como uso de embalagem, tipo e tempo de duração de tratamentos hidrotérmicos, também podem influenciar nos teores deste constituinte.

Os frutos dos tratamentos Ca/50 (com e sem embalagem) atingiram a maior temperatura interna (30,9°C), comparados a todos os demais tratamentos (Tabela 13). No tratamento Ca/CE/50, os frutos, além de sofrerem a influência da temperatura mais elevada, também sofreram a ação do cálcio e da embalagem, contribuindo para que apresentassem os menores teores de vitamina C (12,91mg/100g). Contudo, a redução nos teores de vitamina C não interferiu negativamente na incidência do escurecimento interno, uma vez que os frutos do referido tratamento (Ca/CE/50), com a menor quantidade de vitamina C, foram justamente os que apresentaram a menor área atingida pelo escurecimento interno (0,10%), o menor número de frutos atingidos pela injúria (4,17%) e o menor índice de escurecimento interno (1,63). Os baixos níveis de oxigênio no interior das embalagens e a baixa atividade das polifenoloxidasas podem ter sido fatores determinantes na redução do escurecimento.

4.5 Efeitos dos tratamentos sobre fatores relacionados à textura dos frutos

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

Dentre os fatores relacionados à textura dos frutos, foram avaliados, neste estudo, os teores de pectina total e solúvel, assim como a relação entre ambas (% de solubilidade). Também foram avaliadas as atividades das enzimas pécicas

poligalacturonase (PG) e pectinametilesterases (PME). Na Tabela 22 podem ser verificados os resultados das análises de variância destas variáveis.

4.5.1 Pectina total

A análise da variância para a pectina total é apresentada na Tabela 22 (coluna 3). Não ocorreram diferenças significativas entre os teores de pectina total dos frutos SI/SE (270,58 mg de ácido galacturônico/100g) e os teores dos frutos SI/CE (263,46 mg de ácido galacturônico /100g), ou seja, entre as testemunhas (Tempo 0). Todas as demais causas de variação apresentaram valores de F significativos. Os resultados do teste de Tukey para a interação tripla (C x E x T) podem se observados na Tabela 23.

Os teores de pectina total tenderam a diminuir com o aumento do tempo de imersão, porém de forma não uniforme. Nota-se poucas diferenças, relacionadas aos tempos de imersão, entre os tratamentos com e sem cloreto de cálcio, sendo que os frutos tratados com cálcio apresentaram médias 8,53% superiores as médias dos tratamentos com água. Detectou-se algumas diferenças significativas relacionadas ao uso ou não da embalagem, com os frutos embalados apresentando médias 10,51% mais elevadas, comparadas aos tratamentos sem embalagem. Os valores desta variável (Tabela 23) oscilaram de 289,6 mg de ácido galacturônico/100g (AG/CE/10) a 144,8 mg de ácido galacturônico/100g (AG/SE/10).

TABELA 22 Resumo da análise de variância dos fatores relacionados à textura dos frutos mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais ⁽¹⁾.

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

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

TABELA 23 Pectina total (mg de ácido galacturônico /100g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	144,8 b	168,5 b	161,4 b	170,9 a	170,9 a	163,30b
	Com	289,6 a	265,8 a	187,5 a	161,4 b	159,0 b	212,66a
Cálcio	Sem	223,1 a	218,4 a	216,0 a	194,6 a	189,9 b	208,40a
	Com	208,9 b	210,1 a	224,3 a	170,9 b	199,4 a	202,72b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

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

O comportamento desta variável está ilustrado na Figura 14. Os tratamentos hidrotérmicos, com e sem cloreto de cálcio, provocaram diminuição nos conteúdos de pectina total, se comparados aos tratamentos testemunhas (Tempo 0), com exceção dos tratamentos Ag/CE/10 e Ag/CE/20. Nos tratamentos AG/SE, AG/CE e Ca/SE, houve efeito significativo e decrescente dos teores de pectina total em função do tempo de imersão. Para o tratamento Ca/CE, as oscilações nestes valores, provocadas pelas variações nos tempos de imersão, não apresentaram tendência definida.

Gonçalves (1998) não observou diferenças significativas nos teores de pectina total de abacaxis tratados com cloreto de cálcio, comparados aos não tratados. Segundo Vukomanovic (1988) e Abreu (1995), os frutos com menor sensibilidade ao escurecimento interno apresentam maiores teores de pectina total. Os resultados obtidos no presente estudo não permitem relacionar os teores

de pectina total à ocorrência de escurecimento interno nos frutos, já que os diferentes tratamentos pouco influenciaram nos valores desta variável.

$$\hat{Y}_{AG/SE} = 146,92 + 0,546X \quad r^2 = 0,61 \quad \hat{Y}_{AG/CE} = 322,34 - 3,656X \quad r^2 = 0,898$$

$$\hat{Y}_{Ca/SE} = 235,46 - 0,902X \quad r^2 = 0,897 \quad \hat{Y}_{Ca/CE} = 202,72$$

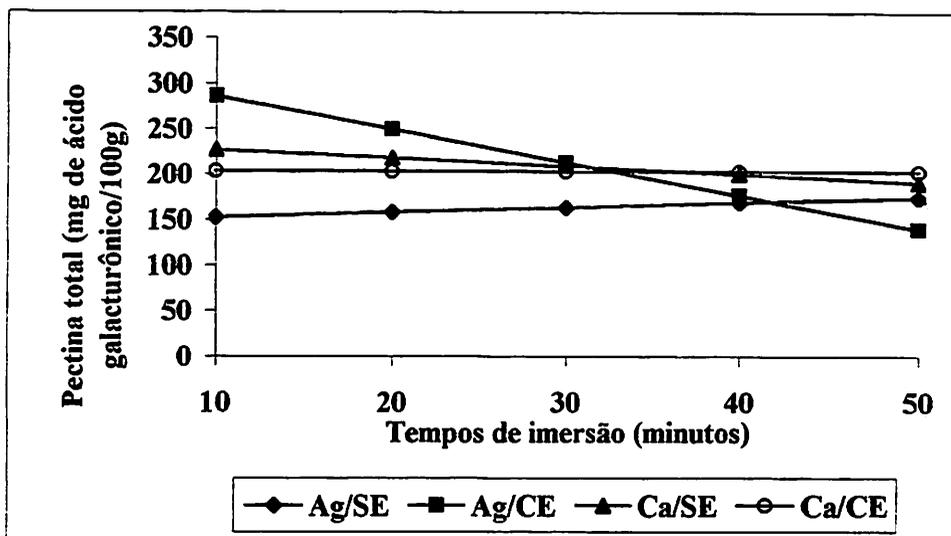


FIGURA 14 Equações de regressão e curvas representativas dos teores de pectina total (mg de ácido galacturônico/100g) estimadas pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca) sem (SE) e com (CE) embalagem, em função dos tempos de imersão.

4.5.2 Pectina solúvel

A análise de variância para a pectina solúvel encontra-se na Tabela 22 (coluna 4). Todas as causas de variação apresentaram-se significativas. Na Tabela 24 as diferenças entre as médias podem ser visualizadas. Da mesma forma como foi observado para os teores de pectina total, a pectina solúvel decresceu com o aumento no tempo de imersão. Os teores médios de pectina solúvel dos frutos tratados com água foram 14,53% inferiores aos respectivos tratamentos com cálcio. Nos frutos com embalagem, os valores observados foram 35,42% inferiores aos não embalados. Os frutos não embalados, tratados com cálcio, apresentaram teores de pectina solúvel variando de 60,52 a 55,06 mg de ácido galacturônico/100g, valores superiores aos dos frutos não embalados, tratados com água (51,27 a 44,14 mg de ácido galacturônico/100g). O teor médio de pectina solúvel dos tratamentos cálcio/sem embalagem (57,25 mg de ácido galacturônico/100g) foi superior aos dos demais grupos.

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

TABELA 24 Pectina solúvel (mg de ácido galacturônico /100g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	45,10 a	48,90 a	51,27 a	44,14 a	46,99 a	47,28 a
	Com	37,26 b	35,61 b	31,57 b	29,90 b	25,63 b	31,99 b
Cálcio	Sem	56,25 a	60,52 a	58,86 a	55,06 a	55,54 a	57,25 a
	Com	32,52 b	36,79 b	38,33 b	33,58 b	36,32 b	35,51 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Em trabalhos realizados por Vukomanovic (1988) e Abreu (1995), os abacaxis mais sensíveis ao escurecimento interno apresentaram maior conteúdo de pectina solúvel. Abreu (1995), neste mesmo trabalho, também verificou maiores atividades da PG e PME nos frutos com maiores índices de escurecimento interno. No presente estudo, os frutos embalados, que apresentaram os menores índices de escurecimento interno, também apresentaram teores de pectina solúvel inferiores aos frutos não embalados. As variações referentes aos conteúdos desta variável estão representados graficamente na Figura 15. Apenas para o tratamento água/com embalagem ocorreu efeito significativo em função do tempo de imersão ($\hat{Y}_{Ag/CE} = 40,685 - 0,2897X$; $r^2 = 0,977$), esperando-se um decréscimo de 0,2897 para cada minuto de aumento no tempo de imersão.

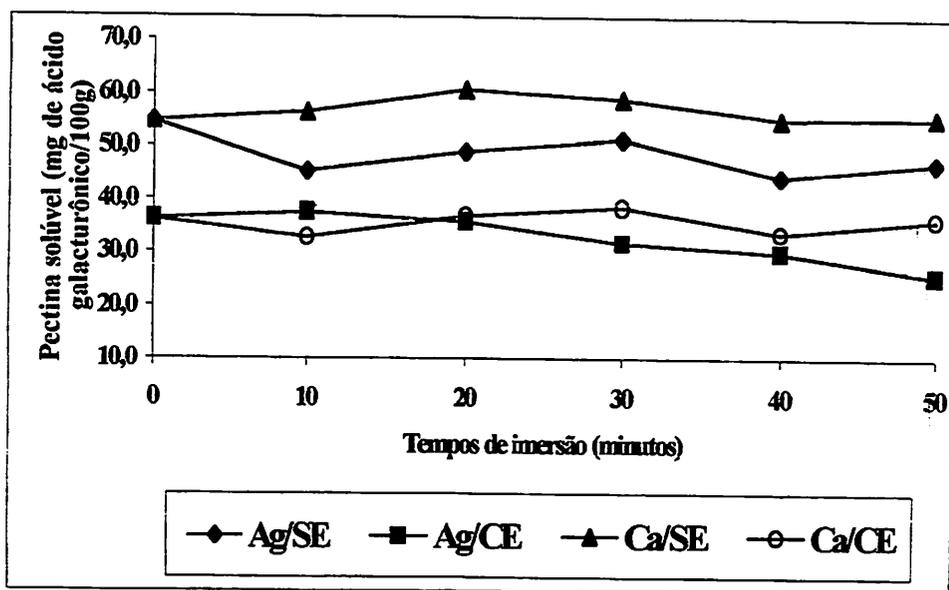


FIGURA 15 Teores de pectina solúvel (mg de ácido galacturônico/100g) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

4.5.3 Porcentagens de solubilidade das pectinas

Na análise de variância (Tabela 22, coluna 5) observa-se que ocorreram diferenças significativas entre todas as possíveis fontes de variação, exceto para a variável cálcio (C). A Tabela 25 contém os resultados do teste de Tukey para a interação tripla C x E x T.

A porcentagem de solubilidade sofreu pouca influência dos tempos de imersão e as diferenças observadas não foram constantes. Nota-se que o tipo de tratamento hidrotérmico (com e sem cálcio) influenciou muito pouco nesta característica (Tabela 25), com médias um pouco mais elevadas nos tratamentos com cálcio. As principais diferenças observadas estão relacionadas à embalagem, com médias 41,38% inferiores nos frutos embalados, comparados aos sem embalagem. As porcentagens de solubilidade variaram de 31,77% (AG/SE/30) a 12,88% (AG/CE/10). As menores porcentagens foram observadas nos frutos tratados com água e embalados. Os frutos tratados com cálcio/sem embalagem (27,55%) apresentaram uma porcentagem de solubilidade 5,29% inferior à dos frutos tratados com água/sem embalagem (29,09%), enquanto os frutos tratados com cálcio/com embalagem (17,61%) apresentaram uma solubilidade 11,53% superior à dos frutos tratados com água/com embalagem (15,58%). As variações ocorridas nas porcentagens de solubilização das pectinas, relacionadas aos diferentes tratamentos, são mostradas na Figura 16.

A redução da firmeza, causada pela solubilização progressiva das pectinas totais, transformando-as em pectinas solúveis, é uma das principais mudanças ocorridas durante a maturação de frutas tropicais (Proctor e Caygill, 1985). Assim, pode-se afirmar que a embalagem retardou o processo de amadurecimento dos frutos que apresentaram menor porcentagem de pectina solúvel e de solubilização das pectinas. Os frutos embalados também estavam visualmente mais firmes, comparados aos não embalados. Estes resultados

concordam com os de Abreu (1995), que observou redução na solubilização das pectinas em frutos armazenados sob atmosfera modificada.

Os dados indicam que os tratamentos hidrotérmicos aumentaram a solubilização das pectinas, não contribuindo para a manutenção da firmeza da polpa. Os frutos tratados com cálcio/com embalagem, que apresentaram os menores índices de escurecimento, apresentaram porcentagens de solubilização superiores às dos frutos tratados com água/com embalagem, com índices de escurecimento mais elevados. Estes resultados divergem de Gonçalves (1998), Abreu (1995) e Vukomanovic (1988), que relacionaram maiores índices de escurecimento a uma maior solubilização das pectinas no abacaxi.

TABELA 25 Solubilidade das pectinas (%) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	31,3 a	29,0 a	31,8 a	25,9 a	27,5 a	29,1 a
	Com	12,9 b	13,4 b	16,9 b	18,5 b	16,2 b	15,6 b
Cálcio	Sem	25,2 a	27,7 a	27,26 a	28,3 a	29,3 a	27,6 a
	Com	15,6 b	17,5 b	17,1 b	19,7 b	18,2 b	17,6 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

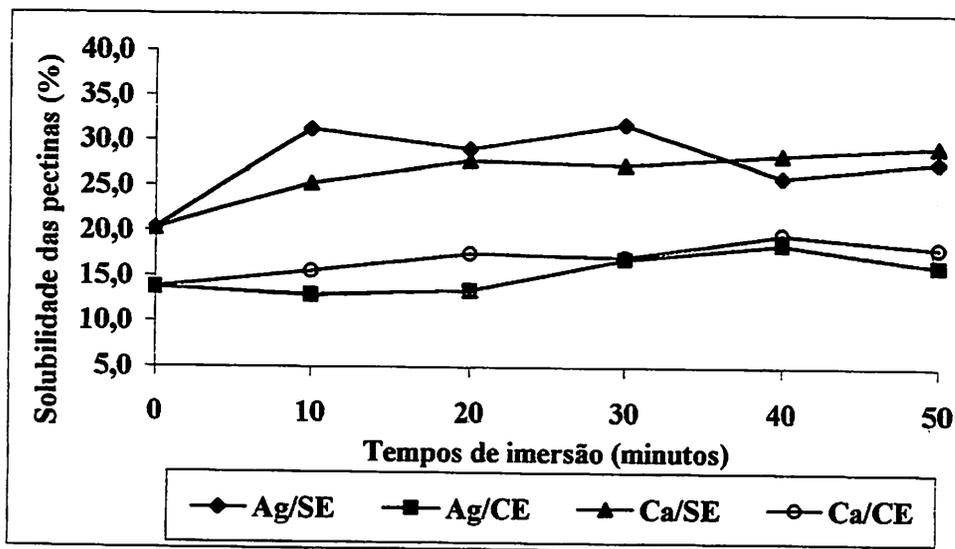


FIGURA 16 Representação gráfica das porcentagens de solubilidade das pectinas nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

4.5.4 Atividades das poligalacturonases (PG)

Na análise de variância (Tabela 22, coluna 6), da mesma forma como foi observado para as porcentagens de solubilidade das pectinas, verifica-se variação em todos os tratamentos, exceto para a variável cálcio (C). Na Tabela 26 estão os resultados do teste de Tukey para a interação cálcio x embalagem x tempo.

A atividade da PG apresentou uma tendência de aumentar concomitantemente com o aumento do tempo de imersão. O tipo de tratamento hidrotérmico (água ou cálcio) pouco interferiu na atividade desta enzima. Gonçalves (1998), estudando abacaxis submetidos a tratamentos hidrotérmicos com e sem cloreto de cálcio, observou maior atividade da PG nos frutos não tratados. Estes resultados estão de acordo com Hepler e Wayne (1985), que

constatarem que o cálcio, além de conferir insolubilidade ao material péctico, inibiu a atividade da PG. O pectato formado pela presença do cálcio é resistente à degradação pela PG, que atua preferencialmente na ligação glicosídica adjacente ao grupo carboxílico não esterificado. Ocorreram diferenças variadas entre os tratamentos, devendo-se ressaltar que a atividade média da PG foi inferior nos frutos tratados com cálcio e embalados, ou seja, nos frutos mais resistentes ao escurecimento interno (Tabela 26).

Os frutos embalados apresentaram uma atividade enzimática média 6,46% inferior aos não embalados. Abreu (1995), em seu trabalho com abacaxis cv. *Smooth Cayenne* armazenados em embalagens de polietileno, verificou que os frutos acondicionados em embalagens sem perfuração (frutos menos sensíveis ao escurecimento) apresentaram menor atividade da poligalacturonase, comportamento semelhante ao obtido no presente estudo. As atividades da PG em função do tempo de imersão são ilustradas na Figura 17. Estas atividades variaram de 929,38U (Ca/SE/50) a 526,85U (SI/CE). No tratamento Ca/SE houve efeito significativo relacionado ao tempo de imersão ($\hat{Y}_{Ca/SE} = 476,52 + 9,66t$; $r^2 = 0,8746$).

TABELA 26 Atividades das poligalacturonases (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	675 a	540 b	652 b	725 a	751 a	669 a
	Com	573 b	776 a	766 a	773 a	752 a	728 a
Cálcio	Sem	532 a	743 a	714 a	914 a	929 a	767 a
	Com	542 a	715 a	590 b	691 b	534 b	614 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

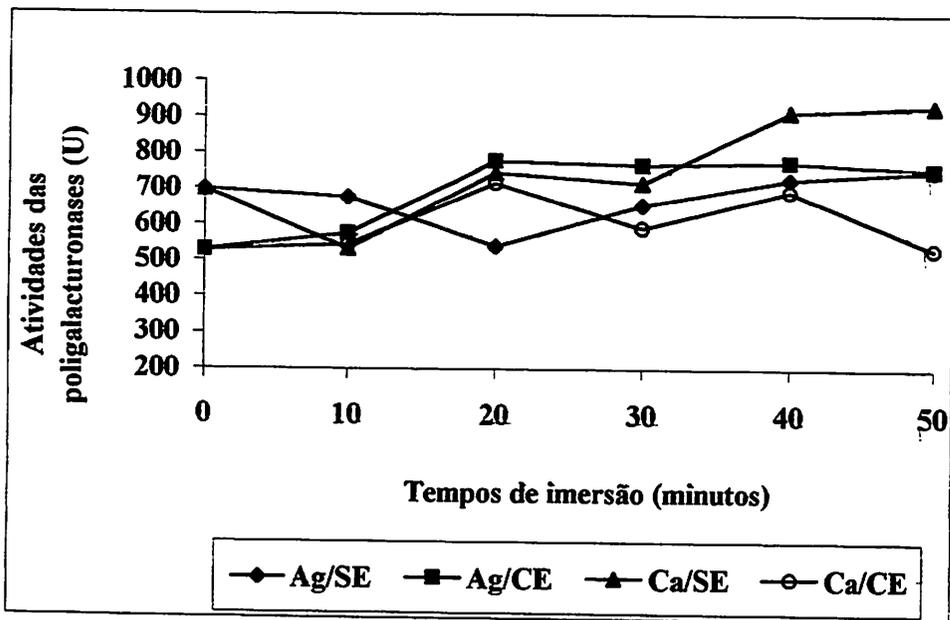


FIGURA 17 Reresentação gráfica das atividades das poligalacturonases (U) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

A degradação dos polissacarídeos da parede celular geralmente é acompanhada de um aumento na atividade das hidrolases (PG e PME), que são enzimas responsáveis pela solubilização das pectinas. A menor porcentagem de solubilização das pectinas nos frutos embalados, comparados aos não embalados, deve estar relacionada à menor atividade da PG, que é a principal enzima responsável pela degradação das pectinas. Ao relacionar os teores de pectina solúvel com as atividades das poligalacturonases, constata-se que o tratamento cálcio/sem embalagem, que apresentou as maiores atividades desta enzima, também apresentou os maiores teores de pectina solúvel.

4.5.5 Atividades da pectinametilsterase (PME)

A análise de variância (Tabela 22, coluna 7) indica que as atividades da pectinametilsterase (PME) foram influenciadas por todos os tratamentos e suas interações. Na Tabela 27 encontra-se o resultado do teste de Tukey para a interação de terceira ordem.

A atividade da PME nos frutos analisados no dia da colheita (116,25 U/g) foi inferior à observada após o armazenamento, que variou de 174,0 U/g a 750,00 U/g. As atividades da PME sofreram pouca influência dos tempos de imersão. Em geral, nos frutos tratados com cálcio as atividades da PME foram menores do que nos frutos tratados com água, embora este fato não tenha refletido numa menor solubilização das pectinas, já que os frutos tratados com água/com embalagem apresentaram porcentagens de solubilização inferiores às dos tratamentos cálcio/com embalagem. As menores atividades ocorreram nos frutos tratados com cálcio e embalados (Tabela 27). Comprova-se, conseqüentemente, a ação da embalagem na manutenção da textura dos frutos. Na Figura 18 as atividades da PME estão graficamente discriminadas em função do tempo de imersão.

TABELA 27 Atividades das pectinametilsterases (U/g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

CÁLCIO	EMBALAGEM	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	331 a	781 a	750 a	744 a	750 a	671 a
	Com	250 b	481 b	438 b	394 b	425 b	398 b
Cálcio	Sem	688 a	694 a	636 a	638 a	694 a	670 a
	Com	388 b	456 b	306 b	306 b	313 b	354 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

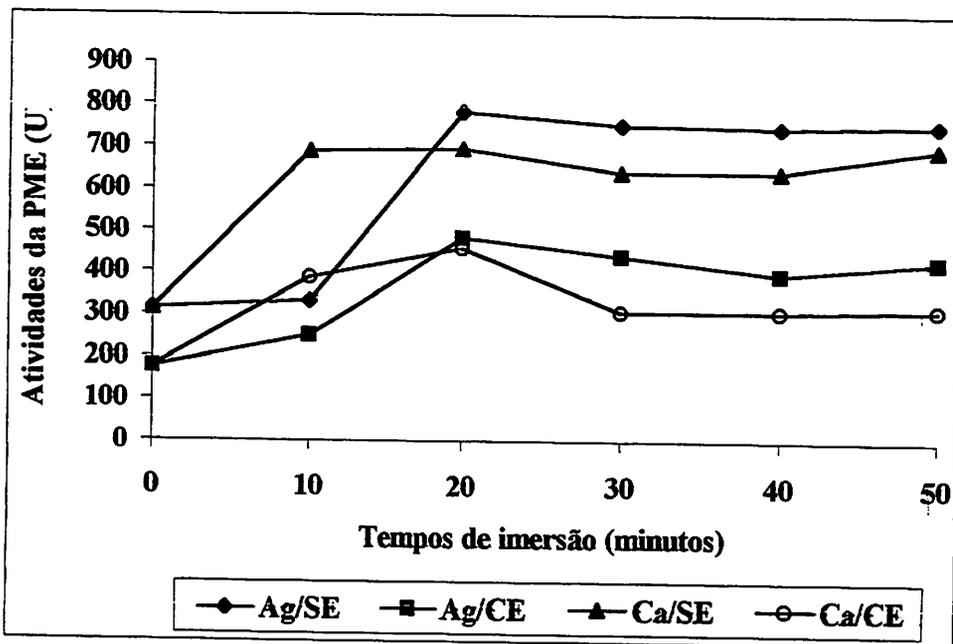


FIGURA 18 Representação gráfica das atividades das pectinametilesterases (U/g) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

No presente trabalho a maior atividade média da PME foi detectada nos tratamentos água /sem embalagem, porém com uma diferença de apenas 0,19% em relação ao tratamento cálcio/sem embalagem, que também apresentou a maior atividade média da PG. Contudo, esta relação não ocorreu em todos os tratamentos.

A atividade da PME foi reprimida nos frutos armazenados nas embalagens, que apresentaram valores 43,98% inferiores aos dos tratamentos sem embalagem. Os frutos embalados também apresentaram menor porcentagem de solubilidade das pectinas e menor atividade da PG. No trabalho de Abreu (1995), frutos acondicionados em embalagens de polietileno sem perfuração apresentaram uma menor atividade da PME.

Teisson, Martin-Prevel e Marchal (1979), Wheatley (1982), Abreu (1995) e Gonçalves (1998) observaram maiores índices de escurecimento interno associados a atividades enzimáticas mais elevadas. No presente estudo, os frutos embalados apresentaram índices de escurecimento interno e atividades enzimáticas (FAL, PER, PFO, PG e PME) inferiores aos não embalados.

4.6 Efeitos dos tratamentos sobre fatores relacionados às qualidades sensoriais dos frutos

O sabor e aroma característicos do abacaxi são atribuídos à presença e aos teores de diversos constituintes, ressaltando-se, entre eles, os açúcares e ácidos responsáveis pelo sabor e compostos voláteis associados ao aroma (Carvalho e Botrel, 1996). As diferenças de sabor e aroma entre as espécies, e mesmo entre cultivares, estão relacionadas a algumas substâncias específicas predominantes, como também à sua proporção no produto (Chitarra e Chitarra, 1990). Dos diversos fatores existentes relacionados às qualidades sensoriais dos frutos, avaliaram-se os teores de sólidos solúveis totais (S.S.T.), acidez titulável total (A.T.T.), a relação S.S.T./A.T.T., pH, açúcares totais, não redutores e redutores. Os resultados das análises de variância destas características estão na Tabela 28.

4.6.1 Sólidos solúveis totais (S.S.T.)

A análise da variância dos teores de S.S.T. (Tabela 28, coluna 3) indica que apenas o cálcio (C), embalagem (E) e a interação C x E produziram efeitos significativos. Como estas causas de variação apresentam apenas 1 grau de liberdade, não é necessária a realização de testes complementares.

Os teores de S.S.T. variaram de 10,73% (Ca/CE/40) a 12,43% (Ca/SE/50). Os dados sugerem que os S.S.T. foram pouco influenciados pelos diferentes tratamentos, constatando-se poucas diferenças significativas entre os mesmos. O comportamento desta variável, em função do tempo de imersão, é

mostrado na Figura 19. Nos frutos embalados, o conteúdo de S.S.T. foi menor em relação aos não embalados, enquanto os maiores teores foram observados nos tratamentos cálcio/sem embalagem (Figura 19).

Gonçalves (1998) associou maiores índices de escurecimento interno em abacaxis aos maiores teores de S.S.T. O mesmo foi observado no presente estudo, uma vez que os frutos embalados, com menores teores de S.S.T. em relação aos não embalados, apresentaram menor manifestação deste distúrbio.

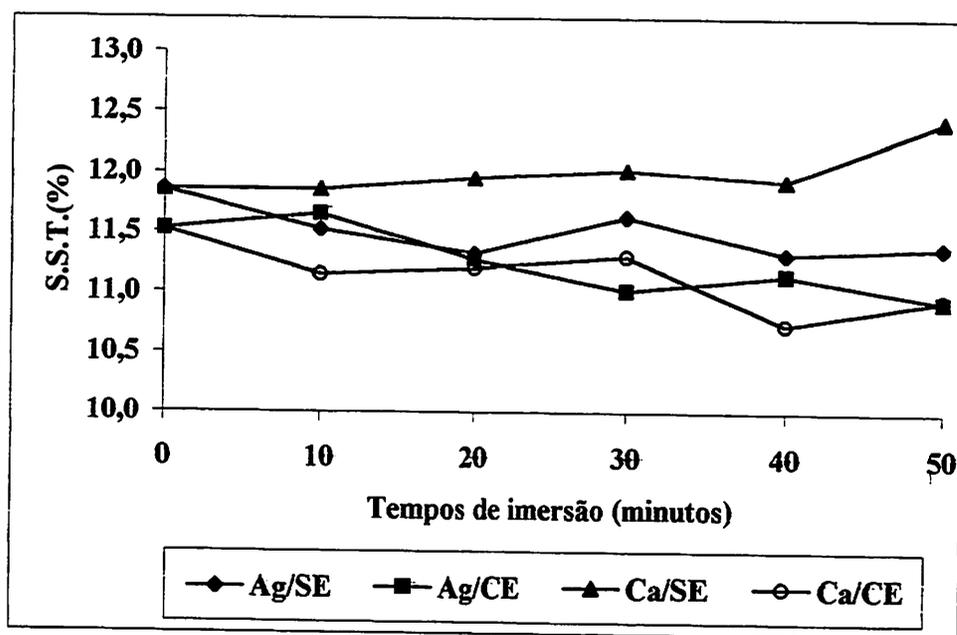


FIGURA 19 Representação gráfica das porcentagens de sólidos solúveis totais (S.S.T.) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

TABELA 28 Resumo da análise de variância dos fatores relacionados às qualidades sensoriais dos frutos mostrando as causas de variação, graus de liberdade, quadrados médios com indicativo do nível de significância, coeficientes de variação (CV) e médias gerais ⁽¹⁾.

CAUSA DE VARIÇÃO	GL	VARIÁVEIS						
		S.S.T. (%)	A.T.T. (%)	S.S.T./A.T.T.	pH	Açúcares totais (g/100g)	Açúcares não redutores (g/100g)	Açúcares redutores (g/100g)
Tratamentos	21	0,71***	0,013***	0,70**	0,015***	3,26***	4,48***	9,15***
Testemunhas Fatorial	1	0,46 n.s.	0,00 n.s.	0,39 n.s.	0,017***	7,43***	5,63***	1,85***
Entre testemunhas	1	0,21 n.s.	0,003***	0,025 n.s.	0,002 n.s.	0,09 n.s.	1,65***	7,80***
Cálcio (C)	1	1,06*	0,018***	5,92***	0,045***	14,56***	6,12***	1,40***
Embalagem (E)	1	7,20**	0,147***	2,38**	0,20***	11,67***	73,27***	155,15***
C x E	1	2,74**	0,031***	0,17 n.s.	0,001 n.s.	0,007 n.s.	0,20*	0,13 n.s.
Tempo (T)	4	0,16 n.s.	0,003***	0,091 n.s.	0,014***	1,62***	0,59***	1,70***
Cx T	4	0,23 n.s.	0,003***	0,162 n.s.	0,023***	5,27***	0,45***	2,70***
E X T	4	0,28 n.s.	0,009***	0,663*	0,014***	0,68***	0,54***	0,19**
Cx E x T	4	0,14 n.s.	0,004***	0,51 n.s.	0,005**	1,10***	0,224**	1,83***
Erro	66	0,224	0,00039	0,255	0,001	0,043	0,038	0,049
C.V. (%)	—	4,13	1,91	4,61	0,78	2,31	5,75	4,10
Média geral	—	11,458	1,048	10,95	3,992	8,947	3,388	5,384

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

4.6.2 Acidez titulável total (A.T.T.)

Todas as causas de variação (Tabela 28, coluna 4), com exceção da interação testemunhas x tratamentos fatoriais, determinaram efeitos significativos, sugerindo que a A.T.T. é muito suscetível à influência de fatores externos.

Os resultados sugerem que a embalagem retardou o amadurecimento dos frutos, ajudando a preservá-los por um maior período de tempo, além de conferir-lhes maior resistência à injúria pelo frio, pois segundo Carvalho e Botrel (1996), é na fase final do amadurecimento que ocorrem as mudanças metabólicas mais importantes, que irão refletir na qualidade final dos frutos. Entre estas mudanças estão acréscimos nos teores de sólidos solúveis (°Brix), como consequência de aumentos nos teores de açúcares redutores e sacarose, conferindo ao fruto sabor mais doce, além de aumentos nos compostos voláteis relacionados ao aroma dos frutos.

A acidez titulável total (A.T.T.) dos frutos variou de 0,89 (Ca/CE/40) a 1,14% de ácido cítrico (Ca/SE/50). Esta variável foi pouco influenciada pelos tempos de imersão e que os frutos tratados com cálcio apresentaram A.T.T. inferior aos tratados com água (Tabela 29). Apenas no tratamento Ca/SE houve efeito significativo desta variável em função do tempo de imersão, esperando-se uma redução média de 0,0013 % na acidez para cada minuto de imersão ($\hat{Y}_{Ca/SE} = 1,057 - 0,0013t$; $r^2 = 0,8802$). Gonçalves (1998) não detectou diferenças significativas na A.T.T. de abacaxis tratados com cálcio em relação aos frutos não tratados.

Em todos os tempos, a A.T.T. dos tratamentos com embalagem foi inferior aos respectivos tratamentos sem embalagem, apesar das poucas diferenças significativas observadas, ocorrendo decréscimos ainda maiores nos frutos tratados com cálcio e embalados. Esta diminuição pode ter sido causada pela utilização dos ácidos orgânicos como substratos para a respiração

anaeróbica, induzida pela baixa concentração de oxigênio no interior da embalagem. Apesar dos decréscimos causados pelo uso da embalagem, a A.T.T. permaneceu dentro da faixa aceitável, que varia de 0,6 a 1,62% de ácido cítrico. O teor de S.S.T. representa o conteúdo de açúcares, ácidos orgânicos e outros constituintes menores. Desta forma, decréscimos nos conteúdos desta variável correspondem a menores teores de um ou mais destes constituintes.

Abreu (1995) constatou decréscimos na acidez de abacaxis refrigerados e embalados em polietileno, apesar dos mesmos terem apresentado menores índices de escurecimento, comparados aos frutos não embalados e aos acondicionados em embalagens com perfuração.

A Figura 20 ilustra o comportamento da A.T.T. nos diferentes tratamentos.

TABELA 29 Acidez titulável total (%) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	1,13 a	1,06 a	1,07 a	1,10 a	1,09 a	1,09 a
	Com	1,04 b	1,06 a	1,07 a	1,03 b	1,01 b	1,04 b
Cálcio	Sem	1,07 a	1,09 a	1,09 a	1,10 a	1,13 a	1,10 a
	Com	1,01 b	0,98 b	1,02 b	0,89 b	0,95 b	0,97 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

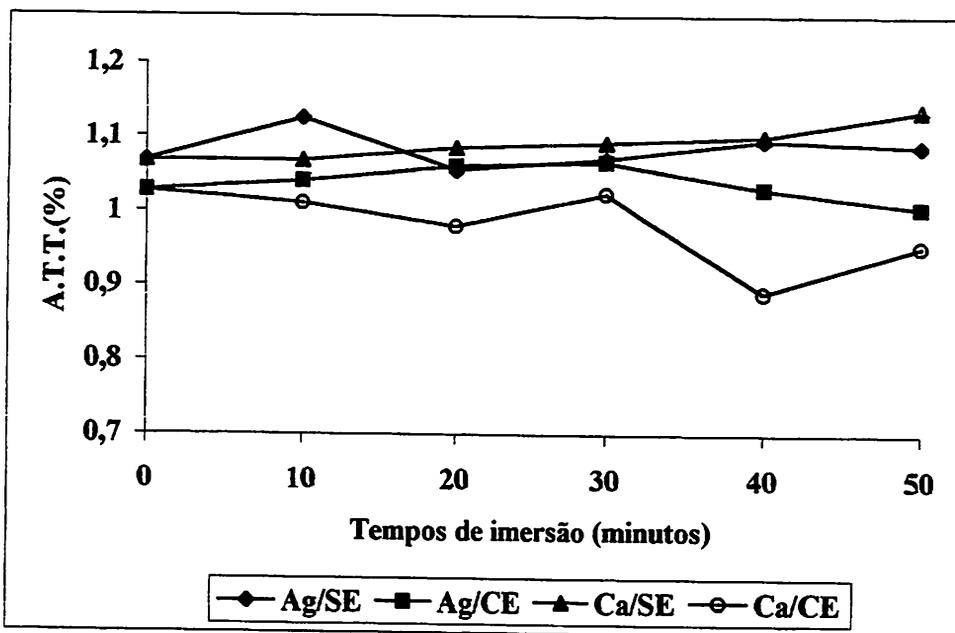


FIGURA 20 Representação gráfica da acidez titulável total (% de ácido cítrico) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

Silva (1980), Abreu (1991) e Botrel (1991), estudando abacaxis cv. *Smooth Cayenne*, verificaram que nas condições naturais, a A.T.T. aumenta com a maturação. Van Lelyveld e De Bruyn (1976) constataram diminuição nos teores de ácido cítrico e málico em abacaxis com sintomas de injúria pelo frio e evidenciaram que a acidez titulável total não é importante no desenvolvimento do escurecimento interno deste fruto. Os resultados encontrados no presente estudo estão de acordo com esta observação, uma vez que a acidez titulável total não influenciou na ocorrência do escurecimento interno, pois os menores valores de acidez ocorreram nos tratamentos que apresentaram menor índice de injúria (grupo cálcio/com embalagem).

4.6.3 Relação S.S.T. / A.T.T.

A relação S.S.T. / A.T.T. é uma das melhores formas de avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois reflete o balanço entre açúcares e ácidos (Chitarra e Chitarra, 1990).

Os valores médios da referida relação, nos diferentes tratamentos, foram: sem imersão/sem embalagem 11,11; sem imersão/com embalagem 11,22; água/sem embalagem 10,53; água/com embalagem 10,78; cálcio/sem embalagem 10,98 e cálcio/com embalagem 11,42.

Na Tabela 28 (coluna 5) nota-se que dentre os tratamentos estudados, o cálcio (C), a embalagem (E) e a interação embalagem x tempo de imersão determinaram variações significativas na relação S.S.T./A.T.T.

Na Tabela 30, que contém o resultado da interação embalagem x tempo, verificam-se diferenças significativas entre os tratamentos com e sem embalagem apenas no tempo de 40 minutos. Na média geral, os frutos embalados diferiram dos sem embalagem, sendo que a média dos frutos sem embalagem foi 3,06% inferior à dos frutos com embalagem. O comportamento desta variável está ilustrado na Figura 21, na qual se comprova a tendência que frutos embalados têm de apresentar valores mais elevados que os frutos dos tratamentos sem embalagem. Estes aumentos foram mais significativos nos frutos tratados com cálcio. Este fato pode, provavelmente, ser atribuído à menor acidez titulável total dos frutos submetidos a este tratamento.

Os resultados encontrados estão de acordo com Abreu (1995), que também constatou que abacaxis armazenados sob atmosfera modificada apresentaram uma maior relação S.S.T./A.T.T. Já Gonçalves (1998) não verificou diferenças significativas nos valores da relação SST/ATT de frutos submetidos a tratamento hidrotérmico com cloreto de cálcio, em relação aos frutos que não foram submetidos a estes tratamentos.

TABELA 30 Relação S.S.T./A.T.T. em função da embalagem e do tempo de imersão ⁽¹⁾.

Embalagem	Tempo (min.)					Média
	10	20	30	40	50	
Sem	10,67 a	10,88 a	10,94 a	10,59 b	10,70 a	10,76 b
Com	11,12 a	11,04 a	10,70 a	11,45 a	11,19 a	11,10 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

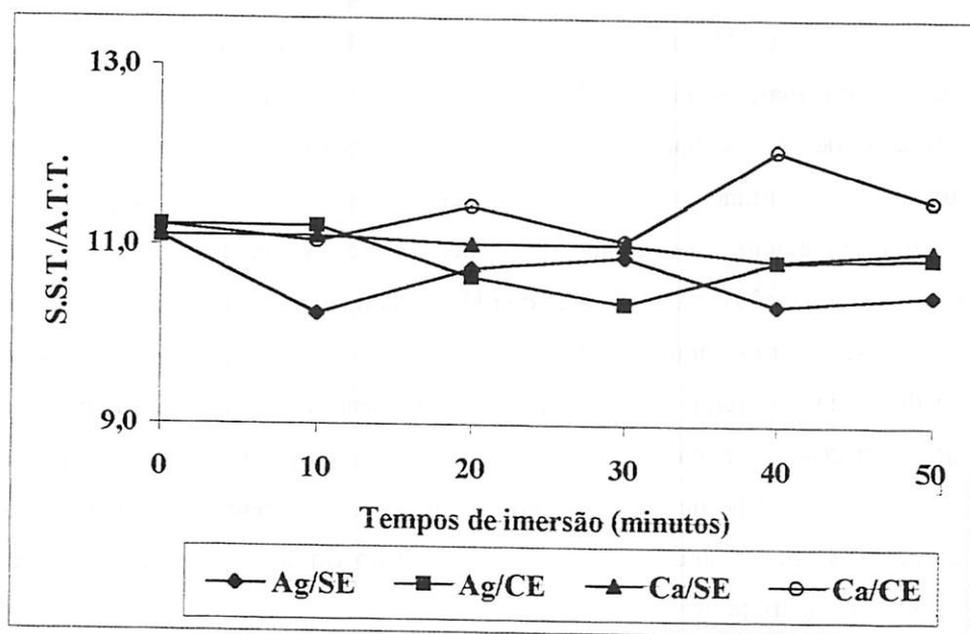


FIGURA 21 Representação gráfica da relação S.S.T./A.T.T. nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

4.6.4 pH

A capacidade tampão de alguns sucos permite que ocorram grandes variações na acidez titulável, sem variações apreciáveis no pH. Uma pequena oscilação nos valores de pH é bem detectável em testes sensoriais (Chitarra e Chitarra, 1990).

O pH da polpa de abacaxi, que geralmente se enquadra na faixa de 3,7 a 3,9, apresentou, no presente estudo, valores que variaram de 3,84 (Ca/SE/50) a 4,10 (AG/CE/50). Na Tabela 28 (coluna 6) verifica-se que todos os tratamentos e interações determinaram variações significativas nos valores de pH, exceção feita às testemunhas e à interação cálcio x embalagem.

Teisson, Martin-Prevel e Marchal (1979) e Vukomanovic (1988) detectaram maiores índices de escurecimento nos frutos com valores mais elevados de pH. Segundo Braverman (1967), o pH dos tecidos vegetais exerce um papel importante nos fenômenos de escurecimento, e os decréscimos no pH natural diminuem a velocidade de escurecimento. No presente estudo não foi constatada relação entre os valores de pH e os índices de escurecimento.

Ocorreram poucas diferenças relacionadas aos tempos de imersão (Tabela 31). Os frutos tratados com cálcio apresentaram valores de pH inferiores aos respectivos tratamentos com água, em quase todos os tempos de imersão. Nota-se uma tendência dos frutos embalados apresentarem valores mais elevados de pH. Contudo, dentro de um mesmo tratamento ocorreram poucas diferenças significativas.

Gonçalves (1998) constatou que frutos imersos em solução de cloreto de cálcio a 2% apresentaram uma tendência de diminuição do pH da polpa. No presente estudo, esta mesma tendência pôde ser observada na maioria dos tratamentos utilizados, não de forma linear, mas mais complexa. As variações ocorridas nos valores de pH estão ilustradas na Figura 22.

TABELA 31 Valores de pH em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	4,01 b	4,02 a	3,98 a	4,00 a	4,00 b	4,00 a
	Com	4,06 a	4,01 a	3,93 b	4,02 a	4,10 a	4,02 a
Cálcio	Sem	3,97 a	4,09 a	3,96 a	3,88 b	3,84 b	3,95 b
	Com	3,94 a	4,04 b	3,97a	3,99 a	3,98a	3,98 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

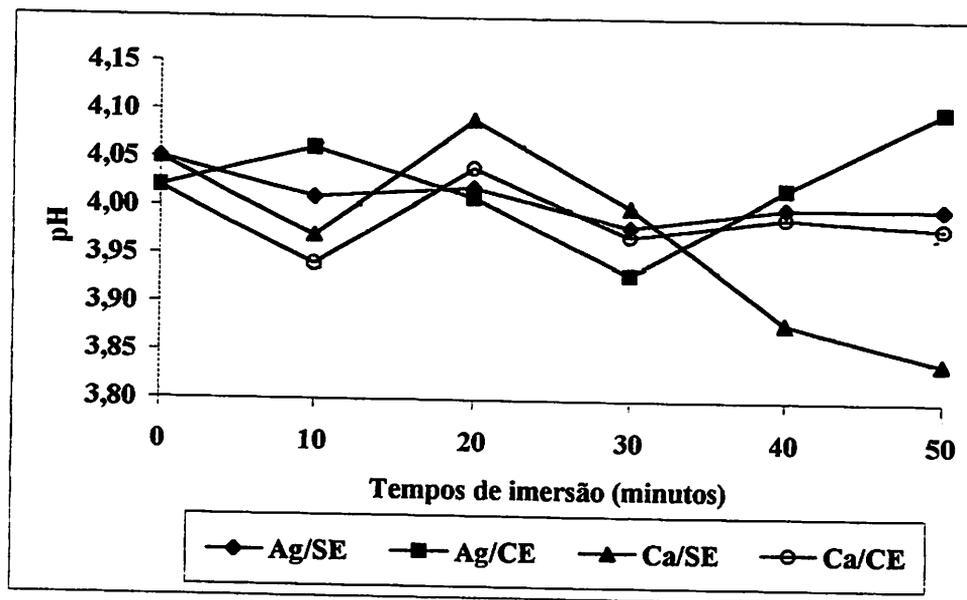


FIGURA 22 Representação gráfica dos valores de pH nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

4.6.5 Açúcares totais

Os teores de açúcares totais variaram de 6,95 g de glicose (AG/CE/40) a 10,37 g de glicose/100g (Ca/SE/40). Observando a análise de variância (Tabela 28, coluna 7), na qual a maioria dos tratamentos e interações denotam variações significativas, nota-se que o teor de açúcares totais é muito influenciado por fatores externos.

Com o aumento no tempo de imersão, os açúcares totais tenderam a diminuir. Os tratamentos com cálcio apresentaram médias 9,16% superiores à média dos tratamentos com água (Tabela 32). Gonçalves (1998) não observou diferenças significativas nos teores de açúcares totais dos frutos tratados com cloreto de cálcio e os não tratados, porém os primeiros apresentaram teores mais elevados, se comparados aos demais. Em todos os tempos de imersão, os açúcares totais dos frutos sem embalagem foram superiores aos dos frutos com embalagem, com exceção do tratamento com cálcio, no tempo de 20 minutos. A diferença entre os dois tratamentos foi de 8,23%. Os frutos do tratamento água/ com embalagem apresentaram teores médios inferiores aos demais tratamentos (Tabela 32). Silva (1997) não constatou diferenças nos açúcares totais de abacaxis armazenados sob atmosfera modificada.

Na Figura 23 observam-se as equações de regressão e curvas estimadas representativas dos teores de açúcares totais dos frutos nos diferentes tratamentos, em função dos tempos de imersão. À medida que aumentou o tempo de imersão, houve redução nos teores de açúcares totais. Para o tratamento AG/SE espera-se uma redução de 0,0585% de glicose para cada minuto acrescentado na imersão. Já para o tratamento AG/CE, este decréscimo é menor (0,0423% de glicose). Nos frutos tratados com cálcio, não houve efeito significativo do tempo de imersão nos tratamentos com embalagem, enquanto nos frutos sem embalagem houve uma tendência de aumento dos açúcares totais de 0,0366% de glicose para cada minuto de aumento do tempo de imersão.

TABELA 32 Açúcares totais (g/100 g) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	9,82 a	9,67 a	8,86 a	8,04 a	7,71a	8,82 a
	Com	8,52 b	8,76 b	8,64 a	6,95 b	7,31 b	8,04 b
Cálcio	Sem	8,95 a	9,19 b	9,58 a	10,37 a	10,19 a	9,66 a
	Com	8,80 a	9,49 a	8,46 b	8,58 b	9,2 b	8,91 b

(1) Médias seguidas pela mesma letra nas colunas e em cada nível de cálcio, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

$$\hat{Y}_{AG/SE} = 10,575 - 0,0585X \quad r^2 = 0,960 \quad \hat{Y}_{AG/CE} = 9,305 - 0,0423X \quad r^2 = 0,632$$

$$\hat{Y}_{Ca/SE} = 8,558 + 0,0366X \quad r^2 = 0,883 \quad \hat{Y}_{Ca/CE} = 8,91$$

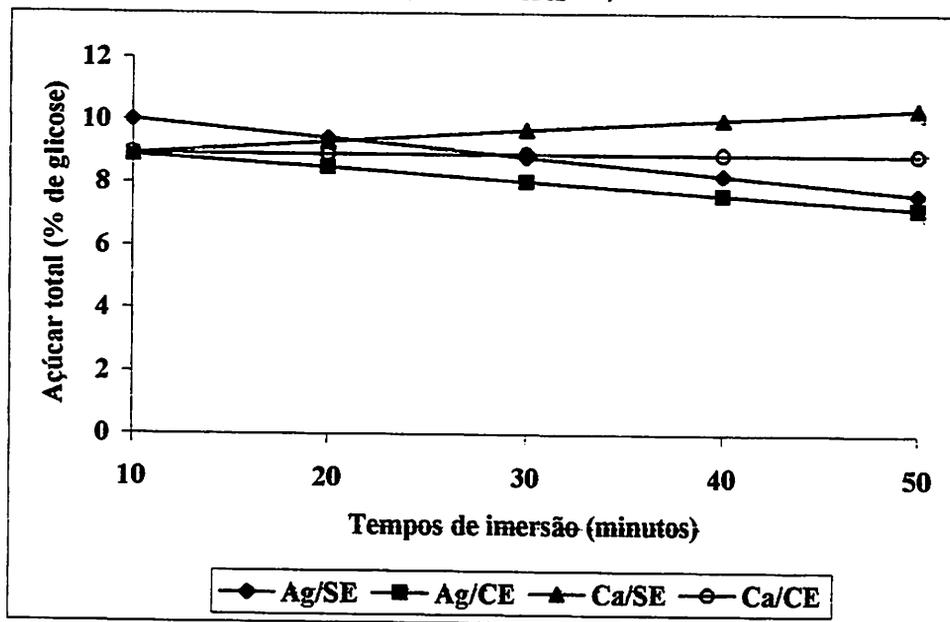


FIGURA 23 Equações de regressão e curvas representativas das porcentagens de açúcares totais (% de glicose), estimadas pelas respectivas equações de regressão, dos frutos tratados com água (Ag) e cálcio (Ca) sem (SE) e com (CE) embalagem, em função dos tempos de imersão.

4.6.6 Açúcares não redutores

O conteúdo de açúcares não redutores variou de 1,84% de sacarose (Ag/SE/30) a 4,86% (Ca/CE/40). Todos os tratamentos determinaram alterações significativas nas porcentagens de açúcares não redutores, destacando-se as diferenças entre os tratamentos com e sem embalagem (Tabela 28, coluna 8). Através do teste de Tukey, observa-se que os açúcares não redutores foram pouco influenciados pelos tempos de imersão, ocorrendo algumas diferenças não uniformes (Tabela 33).

As diferenças relacionadas ao uso de cálcio foram variadas, com médias 15,19% mais elevadas nos tratamentos com cálcio, comparadas aos tratamentos com água. Nos frutos embalados, ocorreu aumento de 44,42% nestes açúcares, comparando-os aos não embalados. Dentro do mesmo tratamento (com ou sem embalagem) não foram detectadas diferenças significativas relacionadas aos tempos de imersão. Os frutos do tratamento água/ sem embalagem apresentaram os menores teores de açúcares não redutores. Entre testemunhas, os teores de açúcares não redutores foram 36,05% inferiores nos frutos sem embalagem, comparando-os aos embalados. Este resultado é denotado, na análise de variância (Tabela 28, coluna 8), pelo alto nível de significância entre as testemunhas ($P < 0,001$). Na Figura 24 mostra-se a variação nos teores destes açúcares em função dos tempos de imersão.

Os resultados experimentais em discussão permitem inferir que os tratamentos hidrotérmicos, de um modo geral, reduziram o conteúdo de açúcares não redutores, indicando a ocorrência de hidrólise, que foi controlada pelo uso da embalagem de polietileno. A hidrólise da sacarose pode ocorrer pela ação da invertase ou por hidrólise ácida. É favorecida pelo pH ácido do alimento e ocorre espontaneamente em sucos de frutas durante o armazenamento.

TABELA 33 Açúcares não redutores (% de sacarose) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	2,33 b	2,22 b	1,84 b	2,56 b	1,87 b	2,16 b
	Com	3,88 a	4,74 a	4,14 a	3,59 a	3,54 a	3,98 a
Cálcio	Sem	2,38 b	2,64 b	2,47 b	2,97 b	2,62 b	2,62 b
	Com	4,20 a	4,83 a	4,61 a	4,86 a	4,66 a	4,63 a

(1) Médias seguidas pela mesma letra na coluna e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

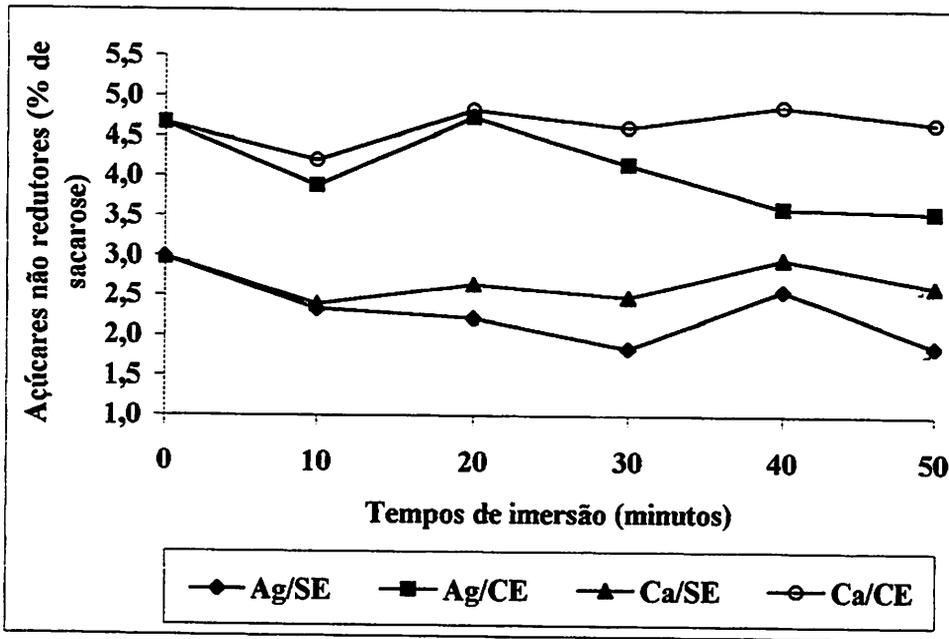


FIGURA 24 Representação gráfica dos teores de açúcares não redutores (% de sacarose) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

4.6.7 Açúcares redutores

Em todos os tratamentos estudados, os teores de açúcares redutores apresentaram-se mais elevados do que os não redutores. Os teores de açúcares redutores (% de glicose) variaram de 3,17 (AG/CE/40) a 7,44 (Ca/SE/50). Pode-se observar, na Tabela 28 (coluna 9), a ocorrência de diferenças significativas entre todas as causas de variação estudadas, assim como para suas interações, com exceção da interação cálcio x embalagem.

Nos frutos analisados no dia da colheita, os açúcares não redutores (5,34% de sacarose) se encontravam mais elevados do que os redutores (3,23% de glicose), mas após o período de armazenamento, observou-se decréscimo dos açúcares não redutores, com conseqüente aumento dos redutores.

Os frutos tratados com cálcio apresentaram médias 4,75% superiores aos tratamentos com água. Os frutos embalados apresentaram teores de açúcares redutores 41,31% inferiores aos teores dos frutos sem embalagem, com pequenas variações relacionadas aos tempos de imersão. Os frutos dos tratamentos água/com embalagem apresentaram os menores teores destes açúcares (Tabela 34). Na Figura 25 verifica-se a influência dos tratamentos nos teores desta variável, em função do tempo de imersão. Ocorreram efeitos significativos relacionados aos tempos de imersão nos tratamentos Ca/SE ($\hat{Y}_{Ca/SE} = 6,052 + .0,0284X$; $r^2 = 0,9248$) e Ag/SE ($\hat{Y}_{Ag/SE} = 8,162 - 0,0534X$; $r^2 = 0,7789$).

Como a hidrólise dos açúcares não redutores nos frutos com embalagem ocorreu com menor intensidade, não houve aumento de açúcares redutores. Uma outra hipótese que não pode ser descartada é a de que, devido à redução do oxigênio no interior da embalagem, os açúcares redutores podem ter sido utilizados como substratos para fermentação. A diminuição dos açúcares não redutores nos frutos não embalados, com conseqüente aumento dos açúcares redutores, indica que o produto da hidrólise (açúcar invertido) não foi utilizado

como fonte de energia para as atividades metabólicas do fruto.

Segundo Cheffel e Cheffel (1992), a inversão da sacarose causa um aumento de 5,26% do peso em matéria seca da solução, um ligeiro aumento do sabor doce e uma elevação da solubilidade do açúcar. O aumento de solubilidade causado pela inversão se deve à elevada solubilidade da frutose e à dificuldade de cristalização da glicose. O teor de açúcares individuais (glicose, frutose e sacarose) é importante quando se deseja quantificar o grau de doçura do produto, uma vez que o poder adoçante desses açúcares é variável (Chitarra e Chitarra, 1990). Considerando o poder adoçante da sacarose igual a 100, o da frutose corresponde a 173, enquanto o da glicose é de apenas 74. De todos os açúcares, a frutose é considerada o mais doce (Anderson et al., 1988).

Desta forma, os frutos não embalados provavelmente apresentaram um maior grau de doçura em relação aos embalados, característica importante para o mercado consumidor. Seria interessante a realização de estudos complementares com a caracterização e doseamento de todos os açúcares, associados à análise sensorial, para melhor entendimento da fisiologia e bioquímica pós-colheita do fruto, e para uma melhor avaliação da sua qualidade sensorial.

TABELA 34 Açúcares redutores (% de glicose) em função da aplicação de cálcio, embalagem e tempo de imersão ⁽¹⁾.

Cálcio	Embalagem	Tempo (min.)					Média
		10	20	30	40	50	
Água	Sem	7,38 a	7,41 a	6,92 a	5,35 a	5,74 a	6,56 a
	Com	4,44 b	3,78 b	4,29 b	3,17 b	3,59 b	3,85 b
Cálcio	Sem	6,44 a	6,41 a	6,98 a	7,25 a	7,44 a	6,90 a
	Com	4,38 b	4,41 b	3,62 b	3,47 b	4,32 b	4,04 b

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra nas colunas e em cada nível de cálcio não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

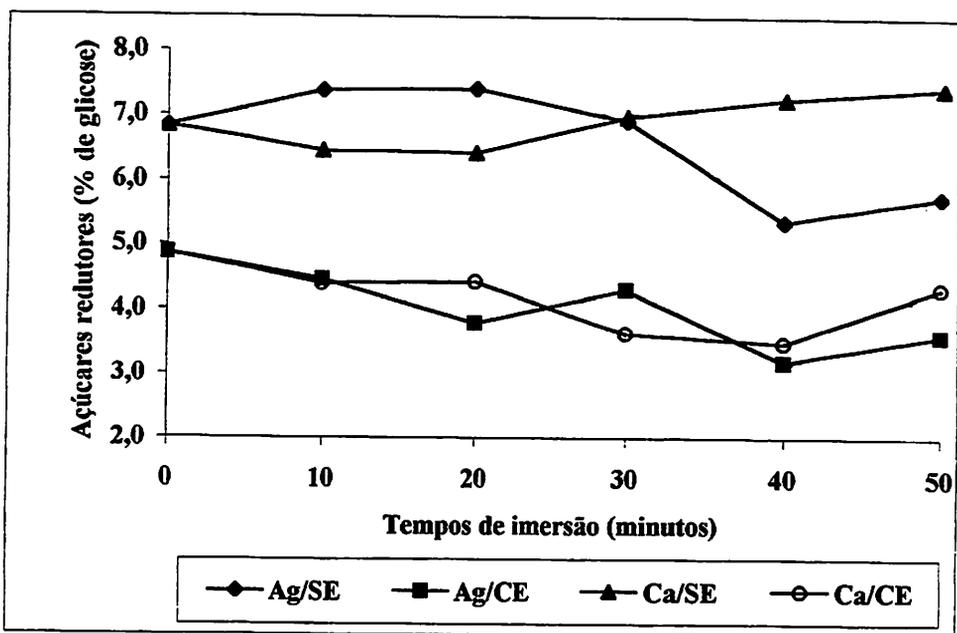


FIGURA 25 Representação gráfica dos teores de açúcares redutores (% de glicose) nas diferentes combinações dos tratamentos embalagem e cálcio, em função do tempo de imersão.

4.7 Considerações gerais

Os tratamentos pós-colheita utilizados no presente estudo, ou seja, armazenamento sob atmosfera modificada e tratamentos hidrotérmicos à temperatura de 40°C, com e sem cloreto de cálcio a 2%, foram, em parte, efetivos no controle do escurecimento interno dos abacaxis e na manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos.

O efeito mais marcante foi obtido pelo uso das embalagens de polietileno, uma vez que os tratamentos de imersão com cloreto de cálcio não foram eficientes, talvez devido à baixa absorção do composto. É necessário que se estudem outras formas de aplicação pós-colheita de cálcio, para conseguir uma melhor penetração deste elemento, principalmente na parede celular. O

cálcio, contudo, exerceu um efeito benéfico no controle do escurecimento interno ao ser associado à embalagem, a ponto de evitar quase que totalmente o aparecimento da injúria, apesar de ter induzido aumento nas atividades das peroxidases e aumentos nos níveis de pectina solúvel.

A embalagem de polietileno reduziu as atividades de todas as enzimas analisadas no presente estudo, o que provavelmente contribuiu para os baixos níveis de escurecimento observados nos frutos embalados.

Os tempos de imersão de 20, 30, 40 e 50 minutos provocaram aumentos nas atividades das peroxidases e polifenoloxidasas. Os tempos de 10 minutos foram efetivos na redução destas atividades. Desta forma, o efeito que se obteve prolongando os tempos de imersão foi o oposto do que se pretendia (teoricamente hipotetizado), devido, provavelmente, à aproximação da temperatura ótima de atividade destas enzimas.

Os tratamentos hidrotérmicos reduziram a atividade da FAŁ, independente do tempo de imersão, enquanto as atividades da PME aumentaram a partir do tempo de 20 minutos. As atividades das poligalacturonases não foram afetadas pelos referidos tratamentos.

Os tratamentos hidrotérmicos também diminuíram os teores de vitamina C dos frutos, além de prejudicarem a aparência da casca e coroa. Os tempos de imersão de 10 minutos não provocaram decréscimos nos teores desta vitamina.

5 CONCLUSÕES

Os tratamentos hidrotérmicos foram pouco efetivos no controle do escurecimento interno, observando-se os seguintes efeitos:

- O aumento no tempo de imersão ocasionou aumento nas atividades das polifenoloxidasas e peroxidases e diminuição nos teores de vitamina C;
- O cálcio ativou as peroxidases e aumentou a porcentagem de pectina solúvel e de solubilidade das pectinas;
- Os tratamentos hidrotérmicos foram eficientes no controle da atividade da FAL;
- O cloreto de cálcio, quando associado à embalagem, diminuiu a incidência do escurecimento interno.

Os melhores efeitos observados foram relacionados à embalagem:

- A embalagem reduziu em 72,96% o número de frutos com sintomas de escurecimento interno, em 87,52% a área afetada pela injúria e em 92,07% o índice de escurecimento;
- A embalagem controlou o processo de hidrólise dos açúcares não redutores, porém ocasionou uma diminuição nos teores de açúcares redutores;
- Os frutos embalados apresentaram uma aparência mais firme e menos ressecada que os não embalados, apresentando porcentagem de perda de peso 65,98% inferior à dos frutos não embalados;
- A embalagem reduziu a atividade de todas as enzimas analisadas nos frutos (FAL, PG, PME, PER e PFO).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. M. P. Alterações no escurecimento interno e na composição química do abacaxi cv. *Smooth Cayenne* durante seu amadurecimento com e sem refrigeração. Lavras: ESAL, 1991. 72p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- ABREU, C. M. P. 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. 94p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- ABREU, C. M. P. de; CARVALHO, V. D.; GONÇALVES, N. B. Cuidados pós-colheita e qualidade do abacaxi para exportação. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.19, n.195, p.70-72, set. 1998.
- ANDERSON, L.; DIBBLE, M. V.; TURKKI, P. R.; MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J. *Nutrição*. 17.ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. 737p.
- ARAÚJO, J. M. A. *Química de alimentos - teoria e prática*. Viçosa, MG: UFV, 1995. 335p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS-AOAC. *Official methods of analysis of the Association of Agricultural Chemists*. 12.ed. Washington, DC.: A. O. A. C., 1992.
- AWAD, M. *Fisiologia pós-colheita de frutos*. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.
- BANGERTH, F. Calcium- related physiological disorders of plants. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.17, p.97-122, 1979.
- BARTOLOMÉ, A P.; FÚSTER, C. Pineapples fruit: morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. *Food Chemistry*, London, v.53, p.75-79, 1995.
- BITTER, V.; MUIR, H. M. A Modified uronic acid carbazole reaction. *Analytical Biochemistry*, New York, v.34, p.330-334, 1962.

- BLEINROTH, E. W. Colheita e beneficiamento. In: GORGATTI NETTO, A. et al. **Abacaxi para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p.16-27. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 23).
- BLEINROTH, E. W. Matéria prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Abacaxi: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2.ed. rev. ampl. Campinas: ITAL, 1987. p.133-164. (ITAL. 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 Fitotecnia).
- BOTREL, N.; VILAS BOAS, E. V. B.; CARVALHO, V.D. de; TEIXEIRA, G. H. A. Influência do cálcio e tratamento hidrotérmico sobre o escurecimento interno do abacaxi. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 14., 1996, Curitiba. Resumos... Londrina: IAPAR, 1996. p.21.
- BRAMLAGE, W. Y.; DRAKE, M.; LORD, W.J. The influence of mineral nutrition on quality and storage performance of pome fruits grown in North America. *Acta Horticultural*, n.92, p.29-39. 1980.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Produção e Comercialização. Departamento de Comercialização. **Balança Comercial do Agronegócio**. [on line]. Brasília, ago. 2000. 25p. Disponível: <http://www.agricultura.gov.br/spc/balanca.htm> [capturado em 06 de set. 2000].
- BRAVERMAN, J. B. S. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 1967. 355p. Cap. 14: Vitaminas. p. 260-239.
- BURNS, J. K.; PRESSEY, R. Ca²⁺ in cell walls of ripening tomato and peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Athens, v.112, n.5, p.783-787, Sept. 1987.
- CARVALHO, J.G. de; OLIVEIRA JR., J. P. de; PAULA, M. B. de; BOTREL, N. Influência dos nutrientes na qualidade de frutos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.180, p.52-55, 1994.

- CARVALHO, V. D.; BOTREL, N. Características da fruta para exportação. In: GORGATTI NETTO, A. et al. **Abacaxi para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 41p. (FRUPEX. Publicações Técnicas, 23).
- CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. A importância do cálcio na agricultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.15, n.170, p.17-28, 1991.
- CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1992. v.1, 333p.
- CHALFOUN, S. M. A abacaxicultura brasileira e o mercado globalizado. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.195, p.5- 6, set. 1998.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.
- CUNHA, G. A. P. da; MATOS, A. P. de; SILVA SOUZA, L. F. da; SANCHES, N. F.; REINHARDT, D. H. R. C.; CABRAL, J. R. S. **A cultura de abacaxi**. Brasília: EMBRAPA- SPI, 1994. 79p. (Coleção Plantar, 12).
- DILLEY, D. R. Enzymes. In: HULME, 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**. London: Academic Press, 1971. v.2, cap. 9A, p.303-324.
- ESKIN, N. A. M. Biochemistry of foods. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Academic Press, 1991. 314p.
- FAN, A. M.; BOOK, S. A. Sulfite hypersensitivity: a review of current issues. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Academic Press, 1991. 314p.
- FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1993. 1095p.
- FISCHER, R. L.; BENNETT, A. B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.675-703, 1991.

- FONSECA, H. Amadurecimento de frutas. In: FONSECA, H. et al. **Bioquímica de alimentos**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1974. 249p.
- FRIEDMAN, M.; MOLNAR-PERL, I. Inhibition of browning by sulfur amino acids. 1. Heated amino acid-glucose systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.38, n.8, p.1642-1647, Aug. 1990.
- GARCIA, E. E. C.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F.; BOLDIN, M.R. Embalagem. In: BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Abacaxi para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 1996. p.32-41. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 23).
- GASPAR, TH.; PENEL, C.; CASTILLO, F. J.; GREPPIN, H. A two-step control of basic and acidic peroxidases and its significance for growth and development. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Academic Press, 1991. 314p.
- GIACOMELLI, E. J. **Expansão da abacaxicultura no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 79p.
- GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v.2, p.371-383, Oct. 1963.
- GONÇALVES, N. B. **Efeito da aplicação de cloreto de cálcio associado ao tratamento hidrotérmico sobre a composição química e suscetibilidade ao escurecimento interno do abacaxi cv. Smooth Cayenne**. Lavras: UFLA, 1998. 128p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- GOODWING, T. W.; MERCER, E. I. **Introduction to plant biochemistry**. 2.ed. London: Pergamon Press, 1985. 677p.
- GRAHAM, D.; PATTERSON, 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, 1982.
- HEPLER, P. K.; WAYNE, R. O. Calcium and plant development. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.36, p.397-439, 1985.

- HOLLAND, N. **Conservação pós-colheita de pêssegos (cv. Biuti): interação entre cálcio e temperatura.** Lavras: ESAL, 1993. 116p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- JEN, J. J.; ROBINSON, M.L.P. Pectolytic in sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v.9, n.4, p.1045-1087, 1984.
- JONES, D. H. Phenylalanine ammonia lyase: Regulation of its induction, and its role in plant development. **Phytochemistry**, Oxford, v.23, n.7, p.1349-1359, July 1984.
- LACOEUILHE, J. J. Cuidados com o fruto após a colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1, 1982, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1982. p. 217-234.
- LOEILLET, D. O mercado internacional do abacaxi fresco e transformado. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.195, p.86, set. 1998.
- LURIE, S.; KLEIN, J. D. Calcium and heat treatments to improve storability of 'Anna' apples. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.1, p.36-39, Jan. 1992.
- LYONS, J. M. Chilling injury in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.445-466, 1973.
- MATHEIS, G.; WHITAKER, J.R. Modification of proteins by polyphenol oxidase and peroxidase and their products. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods.** New York: Academic Press, 1991. 314p.
- MATOO, A. K.; MURATA, T.; PANTASTICO, E. B.; CHACHIN, K.; OGATA, K.; PHAN, C. T. Chemical changes during ripening and senescence. In: PANTASTICO, E. B. **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 isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and cell Physiology**, Tóquio, v.13, p.1091-1101, 1972.
- MAYER, A. M.; HAREL, E. Review: polyphenol oxidases in plants. **Phytochemistry**, Oxford, v.18, n.2, p.193-215, Jan. 1979.

- McCOLLUM, T. G.; DOOSTDAR, H.; MAYER, R.T.; Mc DONALD, R. E.** Immersion of cucumber fruit in heated water alters chilling-induced physiological changes. **Postharvest Biological and Tecnology**, Amsterdam, v.6, p.55-64, 1995.
- McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A.** Extraction and determination of total pectin materials in fruits. **Analytical Chemistry**, Washington, v.24, n.12, p.1586-1588, Dec. 1952.
- MEDINA, J. C.** Cultura. In: **INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Abacaxi: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos.** 2.ed. rev. ampl. Campinas: ITAL, 1987. p.1-110. (ITAL. Série frutas tropicais, 2)
- 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.573-574, 1964.
- MITCHAM, E. J.; McDONALD, R.E.** Cell wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, n.6, p.919-924, Nov. 1992.
- MOLNAR-PERL, I.; FRIEDMAN, M.** Inhibition of browning by sulfur amino acids. 2. Fruit juices and protein- containing foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.38, n.8, p.1648-1651, Aug. 1990.
- MORALES DE LÉON, J. C.** Frutas tropicales características y propiedades físico-químicas. **Tecnología de Alimentos**, México, v.11, n.5, p.205-223, 1976.
- MORRIS, L. L.** Chilling injury of horticultural crops: an overview. **HortScience**, Alexandria, v.17, n.2, p.161-165, Apr. 1982.
- NELSON, J. M.; DAWSON, C.R.** Tyrosinase. In: **ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. Oxidative enzymes in foods.** New York: Academic Press, 1991. 314p.

- NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, p.136-175, 1944.
- NOGUEIRA, J. N. Escurecimento enzimico. In: FONSECA, H. **Bioquímica de alimentos**. Piracicaba: 1974. 249p.
- NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2.ed. São Paulo: ITAL, 1990. v.1, 371p.
- NUNES, R. P. **Métodos para a pesquisa agrônômica**. Fortaleza: UFC. Centro de Ciências Agrárias, 1998. 564 p.
- OORAIKUL, B.; STILES, M.E. Introduction: review of the development of modified atmosphere packaging. In: OORAIKUL, B.; STILES, M.E. (ed.) **Modified atmosphere packaging of food**. England: Ellis Horwood Limited, 1991.
- PANTASTICO, E. B. **Postharvest physiology handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975. 560p. Cap 17: Chilling injury, p. 339- 362.
- 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.
- POOVAIAH, B. W. Role of calcium prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.5, p.86-89, May 1986.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Separation and characterization of the endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, Washington, v.52, n.3, p.252-256, Sept. 1973.
- PROCTOR, F. J.; CAYGILL, J. C. Ethilene in commercial postharvest handling of tropical fruit. In: **Ethylene and Plant Development**. London: Butterworth Scientific Limited, 1985. p.317-322.

- PY, C., LACOEUILHE, J. J. ; TEISSON, C. **L'ananas: la culture ses produits.** Paris: G. P. Maisonneuve et Larose, 1984. 562p.
- RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELISE, S. P. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Baltimore, v.44, n.12, p.1717-1723, Dec. 1969.
- RHODES, M. J. C. Enzyme activities and post harvest change. In: LIEBERMAN, M.(ed.) **Postharvest physiology and crop preservation.** New York: Plenum Press, 1983. p.111-121.
- 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 parsnip root tissue. **Phytochemistry**, Oxford, v.10, n.9, p.1989-1997, Sept. 1971.
- 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.
- ROBB, D. A. Tyrosinase: Copper proteins and copper enzymes. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods.** New York: Academic Press, 1991. 314p.
- ROBINSON, D. S. Peroxidases and catalases in foods. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods.** New York: Academic Press, 1991. 314p.
- ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods.** New York: Academic Press, 1991. 314p.
- ROCHA, J. L. Colheita e fisiologia pós-colheita de abacaxi. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1., 1982, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1982. p.279-300.
- RODOV, V.; BEN-YEHOSHUA, R.; ALBAGLI, R.; FANG, D. Q. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. **Postharvest Biology and Tecnology**, Amsterdam, v.5, p.119- 127, 1995.
- RUBIN, B. A.; ARTSKHOSKAYA, E. V. Biokhimiya i Fiziologiya Immuniteta Rastenni (Biochem. Physiol. Plant Immunity). In: ROBINSON, D. S.;

- ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods**. New York: Academic Press, 1991. 314p.
- SALUNKHE, D. K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton: CRC Press, 1984. v.2, 194p.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H. P. **Análise química de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. A. **Pineapple**. In: **Handbook of environmental physiology of fruit crops: subtropical and tropical crops**. USA: CRC Press, 1994. v.2, p.243-293.
- SCOTT, K. J.; WILLS, R. B. H. **Postharvest application of calcium as a control for storage breakdown of apples**. *HortScience*, Mount Vernon, v.10, n.1, p.75-76, Feb. 1975.
- SILVA, J.M. da. **Uso de atmosfera modificada no armazenamento do abacaxi (*Ananas comosus* L. Merr) cv. Smooth Cayenne**. Lavras: UFLA, 1997. 85p. (Dissertação – Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- SMITH, L. G. **Cause and development of blackheart in pineapples**. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.60, n.1, p.31-35, Jan. 1983.
- STILES, M.E. **Scientific principles of controlled / modified atmosphere packaging**. In: OORAIKUL, B.; STILES, M.E.(ed.). **Modified atmosphere packaging of food**. England: Ellis Horwood Limited, 1991.
- STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Analises de vitaminas: métodos comprovados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.
- TEISSON, C. **Le brunissement interne de l'ananas. I-Historique. II-Material et méthodes**. *Fruits*, Paris, v.34, n.4, p.245-281, avr. 1979.
- TEISSON, C.; 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 biochimique du phenomene. *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, p.159-165, Feb. 1984.
- VAMOS-VIGYÁZÓ, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. *Oxidative enzymes in foods*. New York: Academic Press, 1991. 314p.
- VAN LELYVELD, L. J.; DE BRUYN, J.A. Sugars and organic acids associated with blackheart in cayenne pineapple fruits. *Agrochemophisica*, South África, v.4, n.8, p.65-68, Dec. 1976.
- VAN LELYVELD, L. J.; DE BRUYN, J.A. Polyphenoles, ascorbic acid and related enzyme activities associated with blackheart in cayenne pineapple fruit. *Agrochemophisica*, South África, v.9, n.1, p.1-6, Mar. 1977.
- VUKOMANOVIC, C. R. Efeito da maturação e da baixa temperatura na composição química e no escurecimento interno do abacaxi. Lavras: ESAL, 1988. 80p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- WHEATLEY, C. C. *Studies of cassava (Maninhot esculenta GRANTZ) root postharvest physiological deterioration*. London: Wye College University of London, 1982. 246p. (Tese- Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- WILLS, R. B. H.; HASSAN, A.; SCOTT, K. J. Effect of time at low temperature on the development of black heart in pineapple. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.62, n.3, p.199-200, July 1985.
- WILLS, R. B. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, D.; Mc GLASSON, W. B.; HALL, E. G. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. Australia: New South Wales University Press Limited, 1989. 166p. Cap. 4: Effects of temperature, p. 39-52.
- ZAMBRANO, J.; MANZANO, J. Influence du calcium sur la maturation et la conservation des mangues après leur récolte. *Fruits*, Paris, v.50, n.2, p.145-152, mars/ avr. 1995.

- ZAWISTOWSKI, J.; BILIADERIS, C. G.; ESKIN, N.A.M. Polyphenol oxidase.
In: ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. **Oxidative enzymes in foods.**
New York: Academic Press, 1991. 314p.
- ZEMEL, G. P.; SIMS, C.A.; MARSHALL, M. R.; BALABAN, M. Low pH
inactivation of polyphenoloxidase in apple juice. **Journal of Food Science,**
Chicago, v.55, n.2, p.562-563, Mar/ Apr. 1990.
- ZUCKER, M. Induction of phenylalanine deaminase by light and its relation to
chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue. **Plant Physiology,**
Baltimore, v.40, n.5, p.779-84, Sept. 1965.

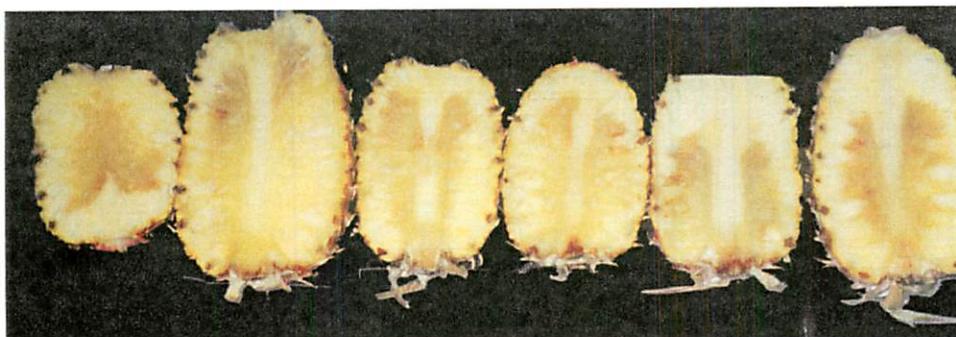
ANEXOS

ANEXOS

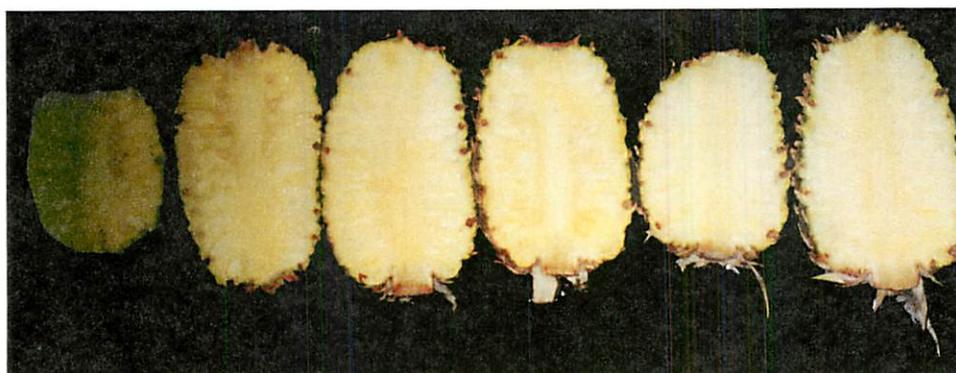
ANEXO A

Página

- FIGURA 1A:** Cortes transversais, correspondentes a uma parcela experimental, de abacaxis não submetidos a tratamentos de imersão, armazenados com e sem embalagens de polietileno..... 124
- FIGURA 2A:** Cortes transversais, correspondentes a uma parcela experimental, de abacaxis tratados com água à temperatura de 40°C, durante 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, armazenados sem embalagem..... 125
- FIGURA 3A:** Cortes transversais, correspondentes a uma parcela experimental, de abacaxis tratados com cloreto de cálcio à temperatura de 40°C, durante 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, armazenados sem embalagem..... 126
- FIGURA 4A:** Cortes transversais, correspondentes a uma parcela experimental, de abacaxis tratados com água à temperatura de 40°C, durante 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, armazenados com embalagens de polietileno..... 127
- FIGURA 5A:** Cortes transversais, correspondentes a uma parcela experimental, de abacaxis tratados com cloreto de cálcio à temperatura de 40°C, durante 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, armazenados com embalagens de polietileno..... 128

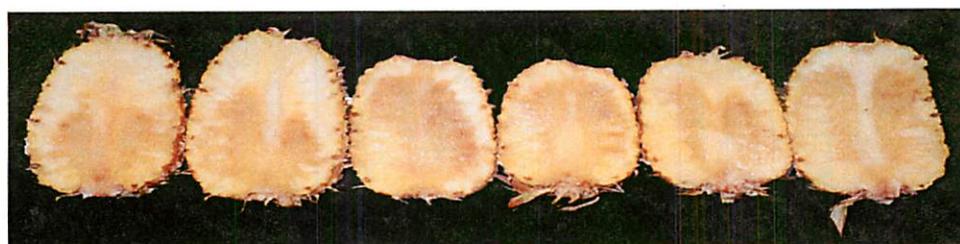


SEM IMERSÃO/SEM EMBALAGEM (SI/SE)



SEM IMERSÃO/COM EMBALAGEM (SI/CE)

FIGURA 1A: Cortes transversais, correspondentes a uma parcela experimental, de abacaxis não submetidos a tratamentos de imersão, armazenados com e sem embalagens de polietileno.



TEMPO DE IMERSÃO: 10 minutos



TEMPO DE IMERSÃO: 20 minutos



TEMPO DE IMERSÃO: 30 minutos

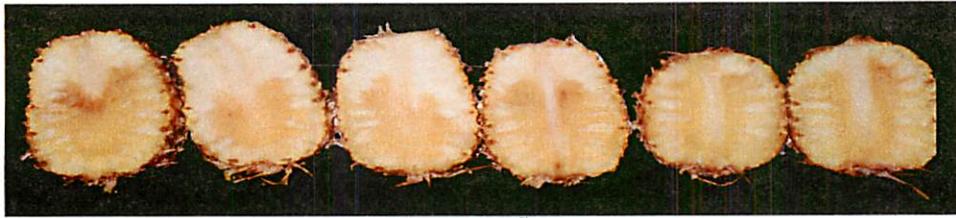


TEMPO DE IMERSÃO: 40 minutos

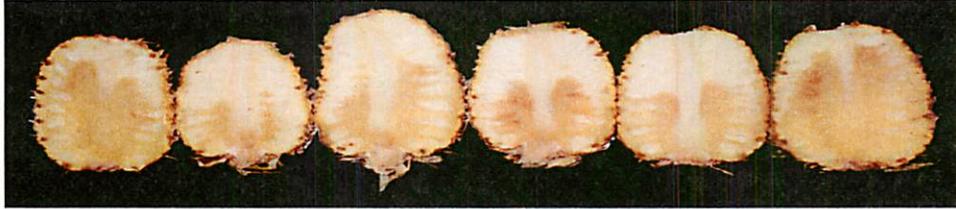


TEMPO DE IMERSÃO: 50 minutos

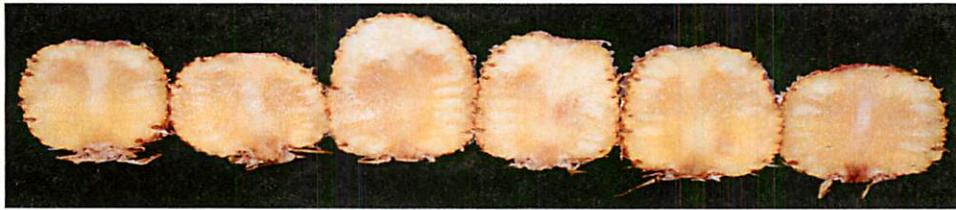
FIGURA 2A: Cortes transversais, correspondentes a uma parcela experimental, de abacaxis tratados com água à temperatura de 40°C, durante 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, armazenados sem embalagem.



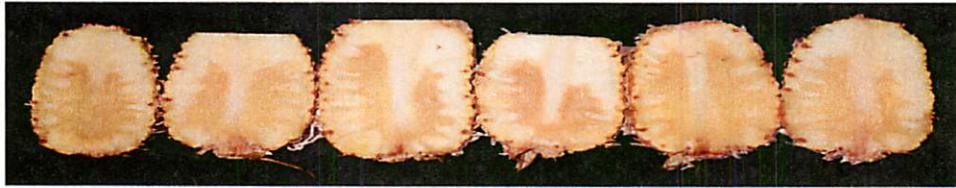
TEMPO DE IMERSÃO: 10 minutos



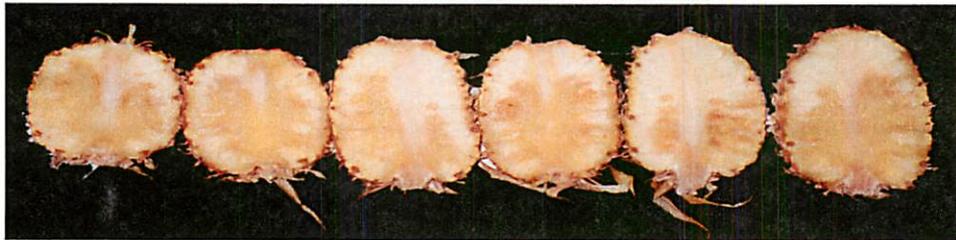
TEMPO DE IMERSÃO: 20 minutos



TEMPO DE IMERSÃO: 30 minutos

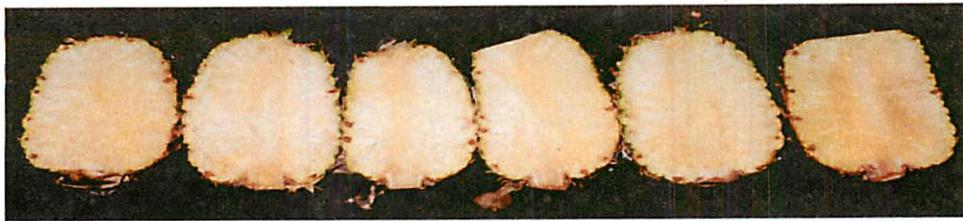


TEMPO DE IMERSÃO: 40 minutos

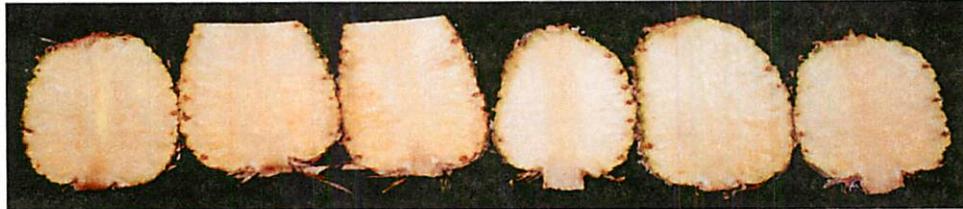


TEMPO DE IMERSÃO: 50 minutos

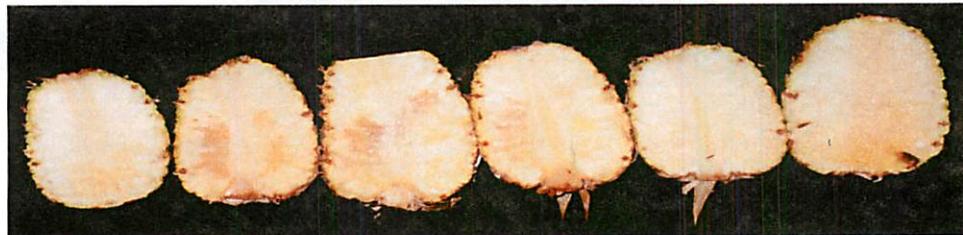
FIGURA 3A: Cortes transversais, correspondentes a uma parcela experimental, de abacaxis tratados com cloreto de cálcio à temperatura de 40°C, durante 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, armazenados sem embalagem.



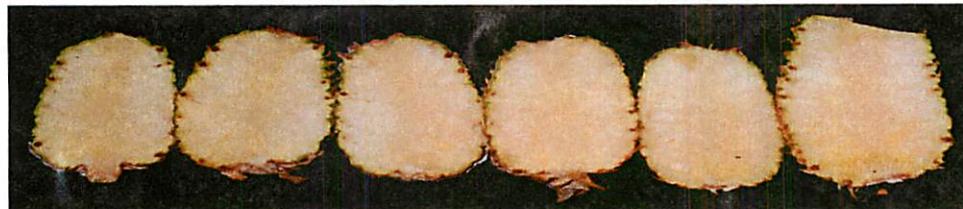
TEMPO DE IMERSÃO: 10 minutos



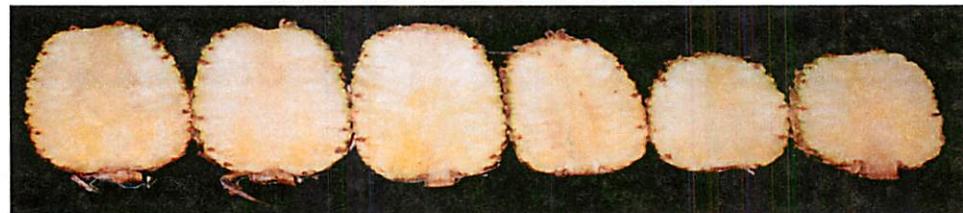
TEMPO DE IMERSÃO: 20 minutos



TEMPO DE IMERSÃO: 30 minutos

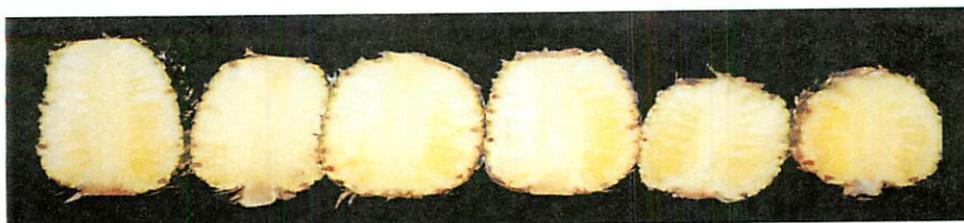


TEMPO DE IMERSÃO: 40 minutos



TEMPO DE IMERSÃO: 50 minutos

FIGURA 4A: Cortes transversais, correspondentes a uma parcela experimental, de abacaxis tratados com água à temperatura de 40°C, durante 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, armazenados com embalagens de polietileno.



TEMPO DE IMERSÃO: 10 minutos



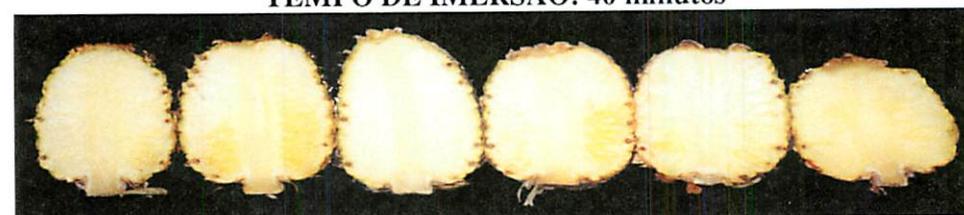
TEMPO DE IMERSÃO: 20 minutos



TEMPO DE IMERSÃO: 30 minutos



TEMPO DE IMERSÃO: 40 minutos



TEMPO DE IMERSÃO: 50 minutos

FIGURA 5A: Cortes transversais, correspondentes a uma parcela experimental, de abacaxis tratados com cloreto de cálcio à temperatura de 40°C, durante 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, armazenados com embalagens de polietileno.

